

MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO DURANTE LANÇAMENTO DA NOVA ENSECADEIRA DE JUSANTE DA UHE SÃO MANOEL






JULHO – 2016

MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO DURANTE LANÇAMENTO DA NOVA ENSECADEIRA DE JUSANTE DA UHE SÃO MANOEL

RELATÓRIO TÉCNICO

Relatório Técnico, referente ao Monitoramento Limnológico durante Lançamento da Nova Ensecadeira de Jusante. Período: de 26/04/2016 a 30/06/2016. Licença de Instalação - LI nº. 1017/2014 – IBAMA Processo n. 02001.004420/2007-65

JULHO – 2016

EQUIPE TÉCNICA RESPONSÁVEL PELO DESENVOLVIMENTO, ACOMPANHAMENTO E GESTÃO DO PROGRAMA			
Nome	Cargo	CTF	Assinatura
Rodrigo Martins Alvarenga	Diretor	724023	
Ronald Rezende de Carvalho Jr.	Gerente Departamento Técnico	588417	
Henrique Belfort Gomes	Gerente de Projeto	324714	
Julia Resende Thompson Henriques	Analista de Projeto	4492365	
Nelson Azevedo Santos T. Mello	Analista Técnico	2117910	

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	9
1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	11
2.1 OBJETIVO GERAL	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3 METODOLOGIA	12
3.1 ÁREA DE ESTUDO	12
3.2 DESENHO AMOSTRAL	13
3.2.1 Estação amostral P1	14
3.2.2 Estação amostral P2	14
3.2.3 Estação amostral P3	15
3.2.4 Estação amostral P4	15
3.2.5 Estação amostral P5	16
3.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	16
3.4 ANÁLISE DOS DADOS	18
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
4.1 TENDÊNCIAS ESPACIAIS E TEMPORAIS DOS PARÂMETROS LIMNOLÓGICOS MENSURADOS	18
4.2 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS COM OS VALORES MÁXIMOS PERMITIDOS PARA ÁGUA DOCE CLASSE 2, SEGUNDO A RESOLUÇÃO CONAMA 357/05	39
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Vista de montante do ponto P1, amostrado durante a execução do Monitoramento Limnológico.....	14
Figura 2: Vista de jusante do ponto P1, amostrado durante a execução do Monitoramento Limnológico.....	14
Figura 3: Vista de montante do ponto P2, amostrado durante a execução do Monitoramento Limnológico.....	15
Figura 4: Vista de jusante do ponto P2, amostrado durante a execução do Monitoramento Limnológico.....	15
Figura 5: Vista de montante do ponto P3, amostrado durante a execução do Monitoramento Limnológico.....	15
Figura 6: Vista de jusante do ponto P3, amostrado durante a execução do Monitoramento Limnológico.....	15
Figura 7: Vista de montante do ponto P4, amostrado durante a execução do Monitoramento Limnológico.....	16
Figura 8: Vista de jusante do ponto P4, amostrado durante a execução do Monitoramento Limnológico.....	16
Figura 9: Vista de montante do ponto P5, amostrado durante a execução do Monitoramento Limnológico.....	16
Figura 10: Vista de jusante do ponto P5, amostrado durante a execução do Monitoramento Limnológico.....	16
Figura 11: Sonda multiparamétrica modelo HANNA HI-9829 utilizada no monitoramento limnológico durante o lançamento das ensecadeiras na UHE São Manoel.....	17
Figura 12: Procedimento da realização dos perfis da coluna de água durante o monitoramento limnológico durante o lançamento das ensecadeiras na UHE São Manoel.....	17
Figura 13: Procedimento de calibração dos sensores da sonda multiparamétrica modelo HANNA HI-9829 utilizada no monitoramento limnológico durante o lançamento das ensecadeiras na UHE São Manoel.....	17
Figura 14: Procedimento de calibração dos sensores da sonda multiparamétrica modelo HANNA HI-9829 utilizada no monitoramento limnológico durante o lançamento das ensecadeiras na UHE São Manoel.....	17
Figura 15: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de temperatura (C°) realizados no ponto P1 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.	19
Figura 16: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de temperatura (C°) realizados no ponto P2 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.	20
Figura 17: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de temperatura (C°) realizados no ponto P3 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.	20
Figura 18: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de temperatura (C°) realizados no ponto P4 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.	21
Figura 19: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de temperatura (C°) realizados no ponto P5 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.	21

Figura 20: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de OD (mg.l^{-1}) realizados no ponto P1 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.	22
Figura 21: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de OD (mg.l^{-1}) realizados no ponto P2 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.	23
Figura 22: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de OD (mg.l^{-1}) realizados no ponto P3 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.	23
Figura 23: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de OD (mg.l^{-1}) realizados no ponto P4 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.	24
Figura 24: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de OD (mg.l^{-1}) realizados no ponto P5 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.	24
Figura 25: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de pH realizados no ponto P1 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.	26
Figura 26: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de potencial redox (mV) realizados no ponto P1 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.	26
Figura 27: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de pH realizados no ponto P2 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.	27
Figura 28: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de potencial redox (mV) realizados no ponto P2 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.	27
Figura 29: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de pH realizados no ponto P3 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.	28
Figura 30: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de potencial redox (mV) realizados no ponto P4 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.	28
Figura 31: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de pH realizados no ponto P4 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.	29
Figura 32: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de potencial redox (mV) realizados no ponto P4 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.	29
Figura 33: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de pH realizados no ponto P5 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.	30
Figura 34: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de potencial redox (mV) realizados no ponto P5 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.	30
Figura 35: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}$) realizados no ponto P1 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.	31
Figura 36: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de TDS (mg.l^{-1}) realizados no ponto P1 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.	32
Figura 37: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}$) realizados no ponto P2 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.	32
Figura 38: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de TDS (mg.l^{-1}) realizados no ponto P2 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.	33
Figura 39: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}$) realizados no ponto P3 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.	33
Figura 40: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de TDS (mg.l^{-1}) realizados no ponto P3 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.	34

Figura 41: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) realizados no ponto P4 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.	34
Figura 42: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de TDS ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) realizados no ponto P4 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.	35
Figura 43: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) realizados no ponto P5 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.	35
Figura 44: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de TDS ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) realizados no ponto P5 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.	36
Figura 45: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de turbidez (NTU) realizados no ponto P1 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016. Isolinhas em vermelho representam valores igual ou superiores à 10 NTU.	37
Figura 46: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de turbidez (NTU) realizados no ponto P2 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016. Isolinhas em vermelho representam valores igual ou superiores à 10 NTU.	37
Figura 47: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de turbidez (NTU) realizados no ponto P3 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016. Isolinhas em vermelho representam valores igual ou superiores à 10 NTU.	38
Figura 48: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de turbidez (NTU) realizados no ponto P4 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016. Isolinhas em vermelho representam valores igual ou superiores à 10 NTU.	38
Figura 49: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de turbidez (NTU) realizados no ponto P5 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016. Isolinhas em vermelho representam valores igual ou superiores à 10 NTU.	39

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Coordenadas geográficas e descrição dos pontos de amostragem executados no Monitoramento Limnológico da UHE São Manoel.	14
Quadro 2: Comparação entre a média dos valores (mínimo e máximo entre parênteses) dos parâmetros mensurados na superfície, meio e fundo da coluna de água no ponto 1 com os valores máximos permitidos (VMP) estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces de Classe 2. O mês 1 equivale ao período de 26/abril a 28/maio e o mês 2 ao período de 29/maio a 30/junho de 2016. DP = Desvio-padrão; n= número de amostras. Os valores em inconformidade com a resolução 357/05 em NEGRITO.	40
Quadro 3: Comparação entre a média dos valores (mínimo e máximo entre parênteses) dos parâmetros mensurados na superfície, meio e fundo da coluna de água no ponto 2 com os valores máximos permitidos (VMP) estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces de Classe 2. O mês 1 equivale ao período de 26/abril a 28/maio e o mês 2 ao período de 29/maio a 30/junho de 2016. DP = Desvio-padrão; n= número de amostras. Os valores em inconformidade com a resolução 357/05 em NEGRITO.	40
Quadro 4: Comparação entre a média dos valores (mínimo e máximo entre parênteses) dos parâmetros mensurados na superfície, meio e fundo da coluna de água no ponto 3 com os valores máximos permitidos (VMP) estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces de Classe 2. O mês 1 equivale ao período de 26/abril a 28/maio e o mês 2 ao período de 29/maio a 30/junho de 2016. DP = Desvio-padrão; n= número de amostras. Os valores em inconformidade com a resolução 357/05 em NEGRITO.	41

Quadro 5: Comparação entre a média dos valores (mínimo e máximo entre parênteses) dos parâmetros mensurados na superfície, meio e fundo da coluna de água no ponto 4 com os valores máximos permitidos (VMP) estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces de Classe 2. O mês 1 equivale ao período de 26/abril a 28/maio e o mês 2 ao período de 29/maio a 30/junho de 2016. DP = Desvio-padrão; n= número de amostras. Os valores em inconformidade com a resolução 357/05 em NEGRITO.42

Quadro 6: Comparação entre a média dos valores (mínimo e máximo entre parênteses) dos parâmetros mensurados na superfície, meio e fundo da coluna de água no ponto 5 com os valores máximos permitidos (VMP) estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces de Classe 2. O mês 1 equivale ao período de 26/abril a 28/maio e o mês 2 ao período de 29/maio a 30/junho de 2016. DP = Desvio-padrão; n= número de amostras. Os valores em inconformidade com a resolução 357/05 em NEGRITO.43

APRESENTAÇÃO

A Empresa de Energia São Manoel S.A. é responsável pela implantação da Usina Hidrelétrica São Manoel, denominada neste documento como UHE São Manoel. O empreendimento, processo IBAMA no. 02001.004420/2007-65, obteve licença de implantação (LI) no. 1017/2014, válida por um período de quatro anos, estando sua validade dependente do cumprimento das condicionantes constantes no referido documento.

A execução do Monitoramento Limnológico durante Lançamento da Nova Ensecadeira de Jusante visa o completo cumprimento ao licenciamento ambiental do empreendimento, conforme a LI supracitada, visando atender à condicionante específica 2.17.

Executadas as atividades entre 26 de abril e 30 de junho de 2016, o presente documento **BPI_SAM_LIM_RT_01_rev01** apresenta os procedimentos empregados e os resultados obtidos durante monitoramento realizado.

1 INTRODUÇÃO

Os ambientes lóticos são ecossistemas que possuem características peculiares, como uma marcante zonação longitudinal de fatores físico-químicos e biológicos. Esses ambientes são fortemente influenciados pela sua área de entorno bem como toda sua bacia de drenagem e sua forma de ocupação e utilização do solo, fatores que possibilitam uma permanente contribuição de material alóctone aos corpos d'água (Cole, 1994).

A obstrução de ambientes lóticos para formação de reservatórios é uma das mais antigas e importantes intervenções do homem em sistemas naturais (Tundisi, 1999). Reservatórios são sistemas híbridos entre rios e lagos, apresentando a típica organização vertical de um lago e horizontal/longitudinal de um rio (Margalef, 1983; Thornthorn et al., 1990). Segundo Tundisi (1999), reservatórios constituem uma rede interativa e complexa entre o meio biótico e abiótico. As relações entre as comunidades biológicas e seu ambiente físico-químico estão em permanente processo de resposta às funções de força climatológicas (ventos, chuvas e frentes frias) e efeitos produzidos pelo manejo operacional da barragem.

Os barramentos de rios interferem de forma efetiva, alterando drasticamente: (i) a qualidade e quantidade das águas; (ii) os sistemas hidrológicos e biológicos do corpo de água; (iii) os pulsos de inundação nos sistemas terrestres e aquáticos a jusante. Tais intervenções causam mudanças marcantes do ponto de vista paisagístico, sócio-econômico e ambiental, nas bacias onde estão situados (Tundisi, 1999; Straškraba & Tundisi, 1999; Straškraba & Tundisi, 2000; Agostinho et al., 2007). Dentre as modificações das características originais do curso d'água afetado, o aumento do tempo de residência da água a montante e a descarga a jusante das barragens provocam mudanças marcantes nas características limnológicas (Tundisi & Matsumura-Tundisi, 2008), afetando diretamente a estrutura, composição e distribuição da biota aquática local, podendo desencadear o processo de eutrofização e conseqüente deterioração da qualidade das águas (Kimmel et al, 1990), comprometendo os usos múltiplos deste importante recurso natural.

A necessidade de estudos limnológicos em reservatórios tropicais se deve, primeiramente, ao maior número destes ambientes, se comparado com lagos naturais presentes nesta faixa latitudinal. Outro fator é a importância sócio-econômica dos reservatórios em regiões de climas tropicais, e o crescente nível de impacto em tais ambientes, principalmente pelo lançamento de esgotos e remoção da cobertura vegetal em suas bacias hidrográficas. A compreensão dos mecanismos de funcionamento de reservatórios tropicais é importante para o estabelecimento de fundamentos de utilização racional deste recurso hídrico. (Nilssen, 1984; Marouelli et al., 1988; Pinto-Coelho, 1998).

Diante disso, o monitoramento limnológico ao longo do processo de implantação de um empreendimento hidrelétrico, bem como após o enchimento do reservatório, é essencial para que se possa conhecer a dinâmica limnológica do corpo hídrico e, conseqüentemente, para que possam ser tomadas medidas preventivas e mitigatórias destes impactos potenciais (Tundisi & Matsumura-Tundisi, 2008).

Nesse contexto, a avaliação da dinâmica espaço-temporal de parâmetros limnológicos é fundamental, pois permite avaliar a integridade ecológica do ecossistema em questão, integrando os efeitos de eventuais agentes impactantes na região (Goulart & Callisto, 2003). Desta forma, o monitoramento limnológico na UHE São Manoel durante o lançamento das ensecadeiras torna-se uma eficaz ferramenta para subsidiar medidas de planejamento e gestão dessa atividade. A partir do presente estudo, é possível conhecer as características do ambiente e elaborar medidas mitigadoras ao longo do período de atividade do empreendimento, sempre que necessário, de modo que se mantenha a qualidade da água do local em níveis adequados e contribua para a manutenção da biota, garantindo os usos múltiplos e gestão adequada dos recursos hídricos e desta forma, conciliar o desenvolvimento socioeconômico com sustentabilidade ambiental.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O presente Monitoramento Limnológico teve como objetivo atender à condicionante específica 2.17 da LI 1017/2014, durante as obras de intervenção no rio Teles Pires. Para isto foi proposto mensurar as modificações na dinâmica limnológica provenientes das transformações do ambiente, decorrentes da implantação da nova ensecadeira de jusante, além de subsidiar a adoção de medidas de controle, caso sejam identificados problemas de qualidade de água.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

São objetivos específicos do presente projeto:

- Fornecer informações precisas para subsidiar a gestão da qualidade da água e adoção de medidas mitigadoras quando necessário;
- Prognosticar as possíveis alterações da qualidade da água, decorrentes das transformações ambientais, durante as obras de lançamento de ensecadeira;
- Promover interface com o Programa de Resgate de Ictiofauna.
- Realizar coleta de dados diários, para as variáveis físicas e químicas;
- Realizar análises numéricas e qualitativas dos resultados limnológicos obtidos para a caracterização das variações temporais e especiais;

- Mensurar a temperatura da água, pH, oxigênio dissolvido, condutividade, potencial redox e turbidez da coluna d'água, em três profundidades nos pontos de amostragens;
- Comparar os resultados limnológicos obtidos, aos padrões de qualidade de água estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para águas de classe 2;
- Criar e alimentar um banco de dados para sistematizar as informações limnológicas.

3 METODOLOGIA

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A Usina Hidrelétrica São Manoel está localizada entre os paralelos de latitude 9° 09' e 9°20'S e entre os meridianos de longitude 56° 46' e 57° 03'W. O eixo da barragem está situado nas coordenadas geográficas de latitude 9°11'25" sul e longitude 57°03'08" oeste, aproximadamente 1.200 m a montante da foz do rio Apiacás. Neste trecho, o rio Teles Pires apresenta-se encaixado no relevo, com predominância de rápidos sobre afloramentos rochosos.

Em termos morfológicos, a região do aproveitamento está caracterizada por um vale aberto e assimétrico. A declividade é acentuada na extensão de 40 km do futuro reservatório da UHE São Manoel, onde o rio Teles Pires é caracterizado por diversas corredeiras, controles hidráulicos, fundo majoritariamente pedregoso e afloramentos rochosos.

As características do aproveitamento são as seguintes: nível d'água máximo normal de montante na elevação 161m, operação a fio d'água, potência instalada igual a 700 MW e 4 unidades geradoras. Implantação das estruturas principais ao longo de um único eixo, com extensão de aproximadamente 904 m. Da margem esquerda para a direita estão alinhadas as estruturas de barramento, vertimento/desvio, circuito de geração e barramento na ombreira direita. O vertedouro é do tipo controlado, dotado de três unidades de comportas radiais, a dissipação será feita por bacia de dissipação.

A locação do canteiro de obras da UHE São Manoel procurou contemplar em seu planejamento, localização e ordenamento espacial as melhores práticas dos pontos de vista da engenharia e de meio ambiente. Assim, considerando questões de topografia, ocorrência de materiais de empréstimo para as obras civis e da existência de uma grande área já desmatada nas proximidades do eixo, estabeleceu-se que toda a infraestrutura do empreendimento tais como: alojamento, canteiros de obra, instalações acessórias, áreas de empréstimo, bota fora, atividades construtivas e acessos ficaram totalmente concentrados na margem direita do rio Teles Pires, na Fazenda da Fortuna. Este planejamento além de evitar o desmatamento desnecessário de áreas ainda preservadas na região,

estabelece o compromisso de recuperação ambiental dessa área antropizada após conclusão das obras conforme previsto no PRAD.

A Usina Hidrelétrica de São Manoel está localizada sob o domínio do bioma Amazônico, contemplando fitofisionomias típicas a este bioma como as Florestas Ombrófilas Densas Aluviais e Submontanas. A Floresta Ombrófila Densa Submontana será o ambiente mais afetado pela implantação do reservatório e estruturas de apoio. O futuro reservatório da UHE São Manoel apresentará as seguintes características morfológicas: comprimento longitudinal 40 km; profundidade média (Z_{med}) 8,7 m; profundidade máxima (Z_{max}) 20 m.

3.2 DESENHO AMOSTRAL

As coletas foram realizadas em quatro horários (duas vezes pela manhã e duas vezes a tarde), diariamente, no período de 26 de abril à 30 de junho de 2016. Foram amostrados no total 5 (cinco) pontos, sendo 4 no trecho do rio Teles Pires a jusante do futuro barramento da UHE São Manoel e 1 a montante (Figura 1, quadro 01).



Figura 1: Desenho amostral utilizado no Monitoramento Limnológico da UHE São Manoel. Linha vermelha delimita a área do canteiro de obras e a linha azul corresponde à futura área do reservatório (Fonte: Google Earth).

Quadro 1: Coordenadas geográficas e descrição dos pontos de amostragem executados no Monitoramento Limnológico da UHE São Manoel.

Ponto	Coordenadas Geográficas (SAD-69)		Localização
P1	9.19702° S	57.04605° W	A montante do eixo do barramento
P2	9.18549° S	57.06064° W	A jusante do eixo do barramento e das estruturas de desvio (ensecadeiras)
P3	9.18000° S	57.06022° W	A jusante da foz do rio Apicás
P4	9.13672° S	57.05597° W	Porto Fortuna a montante da foz do rio São Benedito
P5	9.07853° S	57.06266° W	A jusante da foz do rio São Benedito

São apresentados, a seguir, algumas características e registros fotográficos dos pontos amostrais utilizados no presente Monitoramento Limnológico da UHE São Manoel.

3.2.1 ESTAÇÃO AMOSTRAL P1

Rio Teles Pires, imediatamente a montante do eixo do futuro barramento da UHE São Manoel (Figura 1 e Figura 2). Trecho com predominância de rápidos e afloramentos rochosos. Estão presentes neste trecho ilhas fluviais.



Figura 1: Vista de montante do ponto P1, amostrado durante a execução do Monitoramento Limnológico.



Figura 2: Vista de jusante do ponto P1, amostrado durante a execução do Monitoramento Limnológico.

3.2.2 ESTAÇÃO AMOSTRAL P2

Rio Teles Pires a jusante do eixo do barramento e das estruturas de desvio (ensecadeiras) (Figura 3 e Figura 4). Trecho com presença de afloramentos rochosos, próximo a confluência com o rio Apicás.



Figura 3: Vista de montante do ponto P2, amostrado durante a execução do Monitoramento Limnológico



Figura 4: Vista de jusante do ponto P2, amostrado durante a execução do Monitoramento Limnológico

3.2.3 ESTAÇÃO AMOSTRAL P3

Rio Teles Pires a jusante na confluência com o rio Apicás (Figura 5 e Figura 6). Trecho com presença de afloramentos rochosos, ausência de rápidos, sob influência do rio Apicás.



Figura 5: Vista de montante do ponto P3, amostrado durante a execução do Monitoramento Limnológico



Figura 6: Vista de jusante do ponto P3, amostrado durante a execução do Monitoramento Limnológico

3.2.4 ESTAÇÃO AMOSTRAL P4

Porto Fortuna no Rio Teles Pires a montante da confluência do rio São Benedito (Figura 7 e Figura 8). Trecho com presença de bancos de deposição de sedimentos e ausência de rápidos. Este ponto foi inserido de acordo com solicitação do parecer do IBAMA nº 02001-001447/2016-97.



Figura 7: Vista de montante do ponto P4, amostrado durante a execução do Monitoramento Limnológico



Figura 8: Vista de jusante do ponto P4, amostrado durante a execução do Monitoramento Limnológico

3.2.5 ESTAÇÃO AMOSTRAL P5

Rio Teles Pires a jusante da confluência do rio São Benedito (Figura 9 e Figura 10). Trecho com presença de bancos de deposição de sedimentos, ausência de rápidos e influência do rio São Benedito.



Figura 9: Vista de montante do ponto P5, amostrado durante a execução do Monitoramento Limnológico



Figura 10: Vista de jusante do ponto P5, amostrado durante a execução do Monitoramento Limnológico

3.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para a execução das atividades previstas no Monitoramento Limnológico Durante o Lançamento das Ensecadeiras, foram realizados perfis, contemplando toda a coluna de água (a cada 0,5m de profundidade) nas estações amostrais pré-determinadas, com auxílio de sonda multiparâmetros (Hanna HI-9829) (Figura 11 e Figura 12), tendo os sensores calibrados a cada 5 dias de amostragem (Figura 13 e Figura 14).



Figura 11: Sonda multiparamétrica modelo HANNA HI-9829 utilizada no monitoramento limnológico durante o lançamento das ensecadeiras na UHE São Manoel.



Figura 12: Procedimento da realização dos perfis da coluna de água durante o monitoramento limnológico durante o lançamento das ensecadeiras na UHE São Manoel.

Foram mensurados *in situ* os seguintes parâmetros limnológicos:

- Temperatura [°C];
- Oxigênio Dissolvido (OD) [mg/L];
- Condutividade elétrica [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$];
- Turbidez [NTU];
- pH;
- Sólidos Totais Dissolvidos (TDS) [mg/L];
- Potencial REDOX (Eh) [mV];



Figura 13: Procedimento de calibração dos sensores da sonda multiparamétrica modelo HANNA HI-9829 utilizada no monitoramento limnológico durante o lançamento das ensecadeiras na UHE São Manoel.



Figura 14: Procedimento de calibração dos sensores da sonda multiparamétrica modelo HANNA HI-9829 utilizada no monitoramento limnológico durante o lançamento das ensecadeiras na UHE São Manoel.

No momento das amostragens foi realizada a avaliação das condições ambientais dos trechos amostrados no rio Teles Pires e seu entorno. Para isso, aplicou-se o Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats em trechos de bacias hidrográficas, modificado do protocolo da Agência de Proteção Ambiental de Ohio, EUA (EPA, 1987) e o Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats em trechos de bacias hidrográficas, modificado do protocolo de Hannaford et al. (1997). Essas informações foram anotadas em fichas de campo específicas e utilizadas para auxiliar na interpretação dos resultados das análises.

3.4 ANÁLISE DOS DADOS

Foram calculadas médias e desvios-padrão mensais para os valores dos parâmetros mensurados na superfície, meio e fundo da coluna de água nos pontos amostrais. Os resultados foram comparados aos valores de referência estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces de Classe 2.

Para verificar as tendências espaciais e temporais dos parâmetros mensurados, foram desenvolvidos diagramas de profundidade-tempo gerando, através de interpolação dos dados, isolinhas das variáveis físico-químicas mensuradas. Diagramas foram desenvolvidos com auxílio do software SigmaPlot versão 12.0 (Systat Software Inc.).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 TENDÊNCIAS ESPACIAIS E TEMPORAIS DOS PARÂMETROS LIMNOLÓGICOS MENSURADOS

Foram realizados um total de 154 perfis de 7 parâmetros limnológicos (temperatura, OD, pH, Eh, condutividade elétrica, TDS e turbidez) em cada um dos 5 pontos amostrais. De modo geral, não foi verificada estratificação térmica ou química da coluna de água em todos os pontos amostrais, durante o período estudado. Tal fato já era esperado, uma vez que ambientes lóticos, devido sua complexa hidrodinâmica, raramente estratificam a coluna de água. A distribuição vertical dos parâmetros limnológicos, geralmente é homogênea, sendo tal característica inerente a ambientes com fluxo do tipo turbulento (Wetzel, 2003). Outro tipo de fluxo em ambientes lóticos é o fluxo do tipo laminar, no qual o movimento da água é regular, não havendo uma efetiva mistura das camadas verticais, que ocorre somente em nível molecular. Porém, este tipo de fluxo é extremamente raro (Tundisi e Matsumura-Tundisi, 2008) e improvável no presente estudo, devido as características do rio Teles Pires. Do ponto de vista temporal é possível verificar visualmente uma tendência de variação dos parâmetros mensurados ao longo do período amostral, principalmente na segunda quinzena de maio/16, em todos os pontos amostrais.

4.1.1 ESTRATIFICAÇÃO TÉRMICA E DINÂMICA TEMPORAL DA TEMPERATURA

A temperatura é um fator chave e um dos principais mecanismos controladores de dinâmicas biogeoquímicas, biológicas, químicas e físicas em ambientes aquáticos (Wetzel, 2003). Dentre os fatores que exercem influência sobre a densidade da água, a temperatura é um dos mais importantes (Esteves, 1998). Desta forma, este parâmetro é fundamental, principalmente em ambientes lânticos, na regulação dos padrões de mistura da coluna de água. No caso de sistemas abertos (ambientes lóticos ou semi-lânticos) é possível observar correntes de densidade atuando na estratificação da coluna de água, porém em caso de rios com fluxos do tipo turbulento, a estratificação térmica é inexistente (Wetzel, 2003).

Os resultados do presente estudo demonstraram que não houve estratificação térmica da coluna de água em nenhum dos 5 pontos amostrais durante o período estudado (Figura 15 a Figura 19).

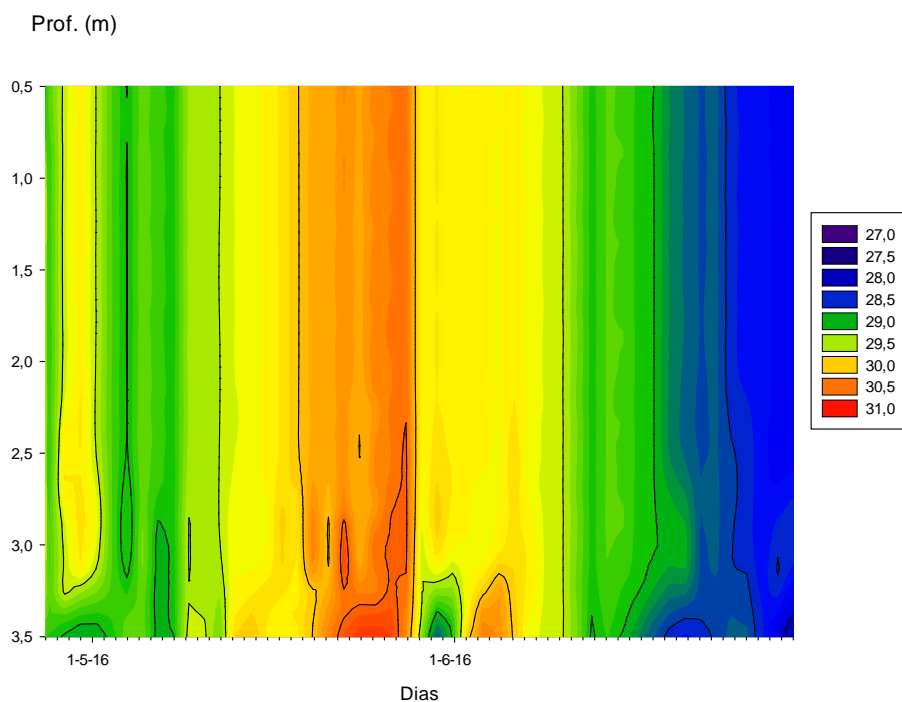


Figura 15: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de temperatura (C°) realizados no ponto P1 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.

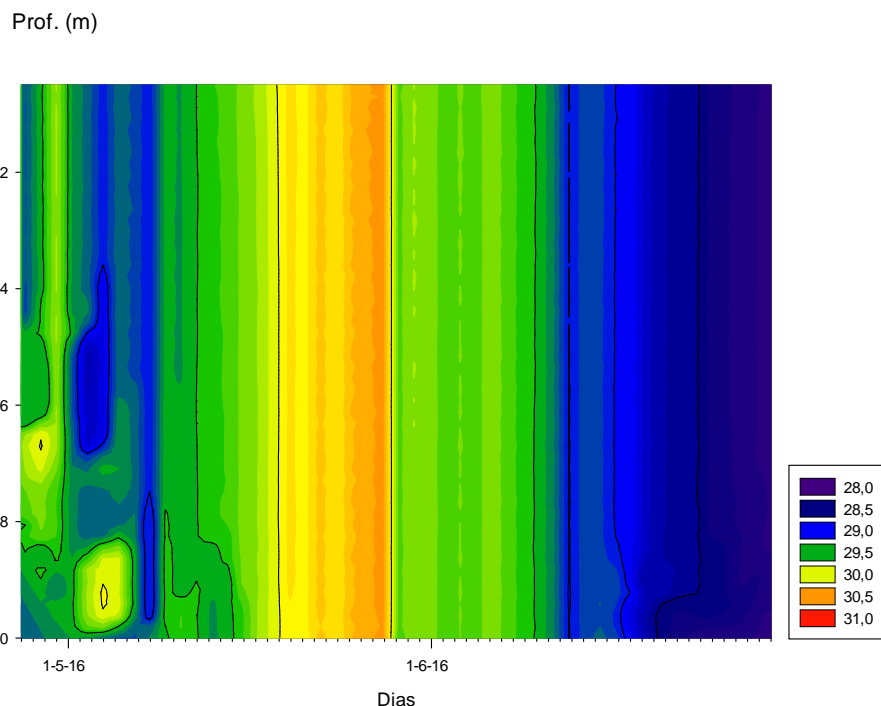


Figura 16: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de temperatura (C°) realizados no ponto P2 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.

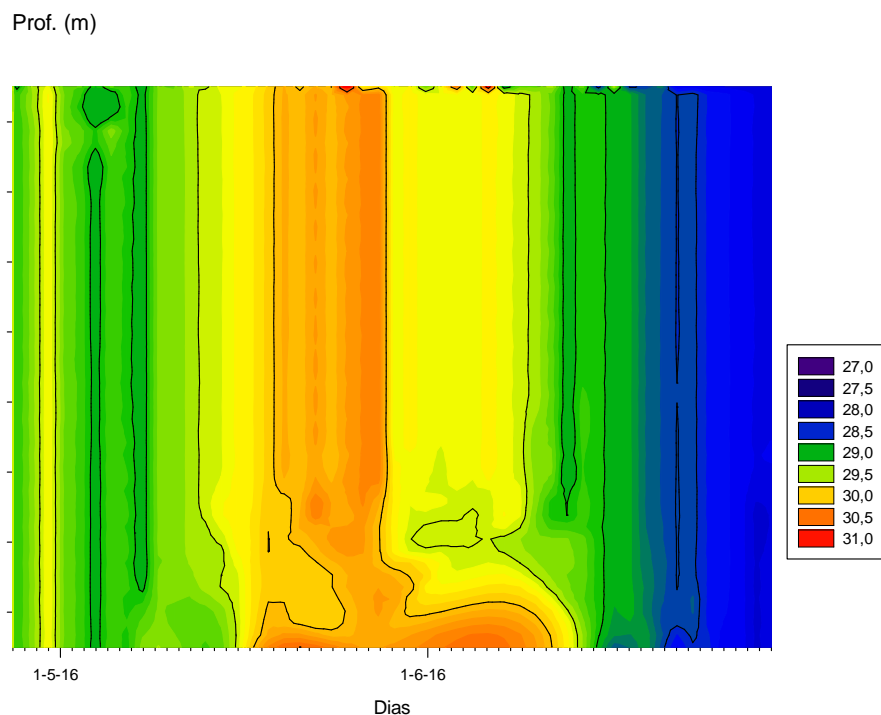


Figura 17: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de temperatura (C°) realizados no ponto P3 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.

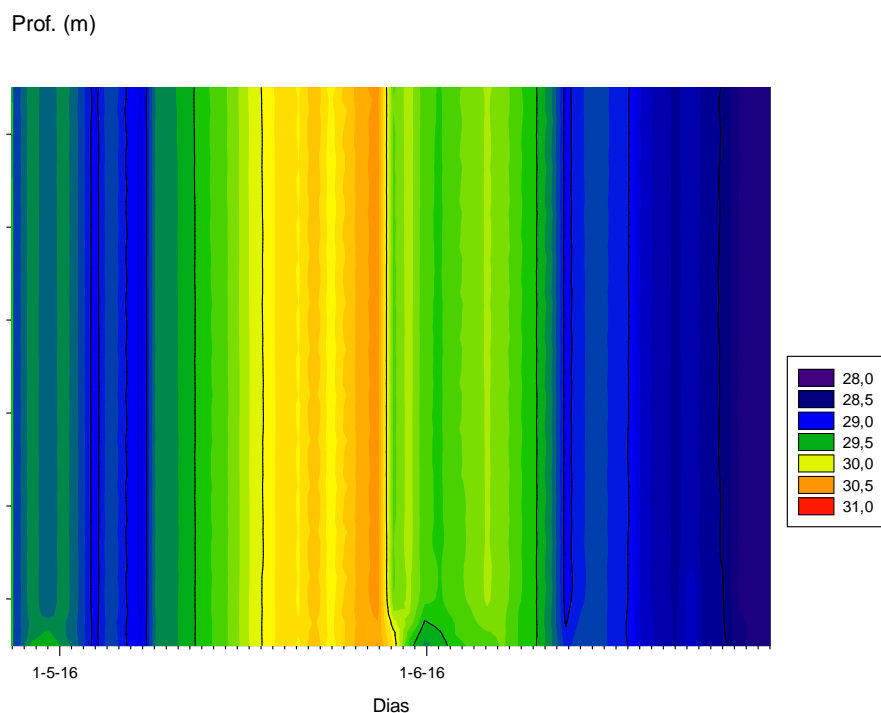


Figura 18: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de temperatura (C°) realizados no ponto P4 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.

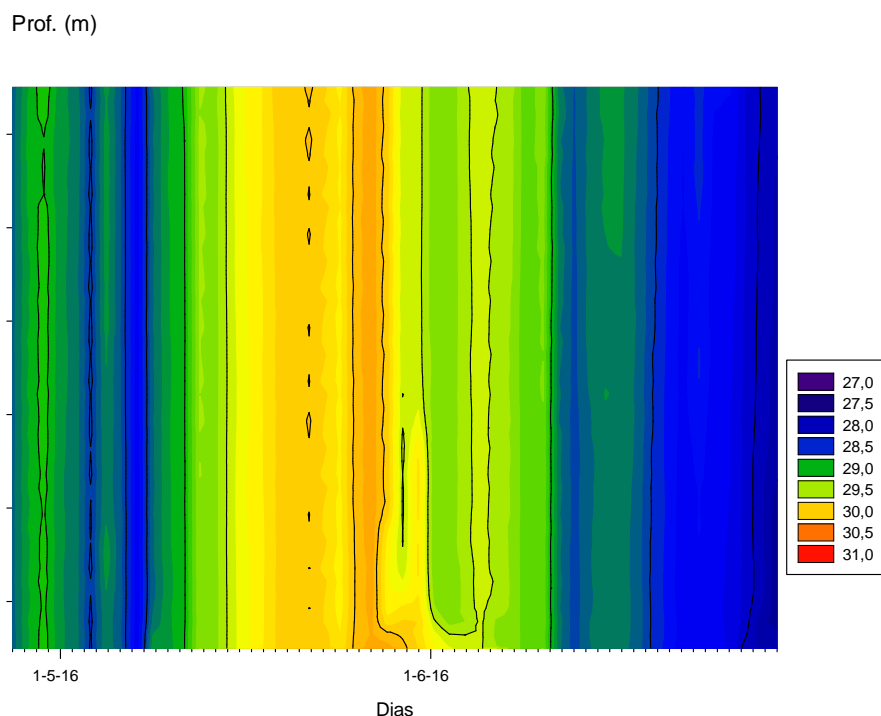


Figura 19: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de temperatura (C°) realizados no ponto P5 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.

Com relação à variação temporal da temperatura, é possível notar que houve um aumento nos valores deste parâmetro na segunda quinzena de maio/16, em todos os pontos amostrais.

4.1.2 DINÂMICA TEMPORAL DAS CONCENTRAÇÕES DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD)

Dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio (O_2) é um dos mais importantes na dinâmica e na caracterização de ecossistemas aquáticos. Considerando o balanço de OD em ecossistemas aquáticos, as principais fontes de oxigênio para a água são a atmosfera e a fotossíntese. Por outro lado, as perdas são o consumo pela decomposição de matéria orgânica (oxidação), perdas para a atmosfera, respiração de organismos aquáticos e oxidação de íons metálicos como, por exemplo, o ferro e o manganês (Esteves, 1998). Assim como na temperatura, é possível notar uma variação temporal nas concentrações de OD, em todos os pontos, durante o período estudado. Os maiores valores de concentração de OD foram registrados no final de abril e início de maio/16, em todos os pontos amostrais (Figura 20 a Figura 24).

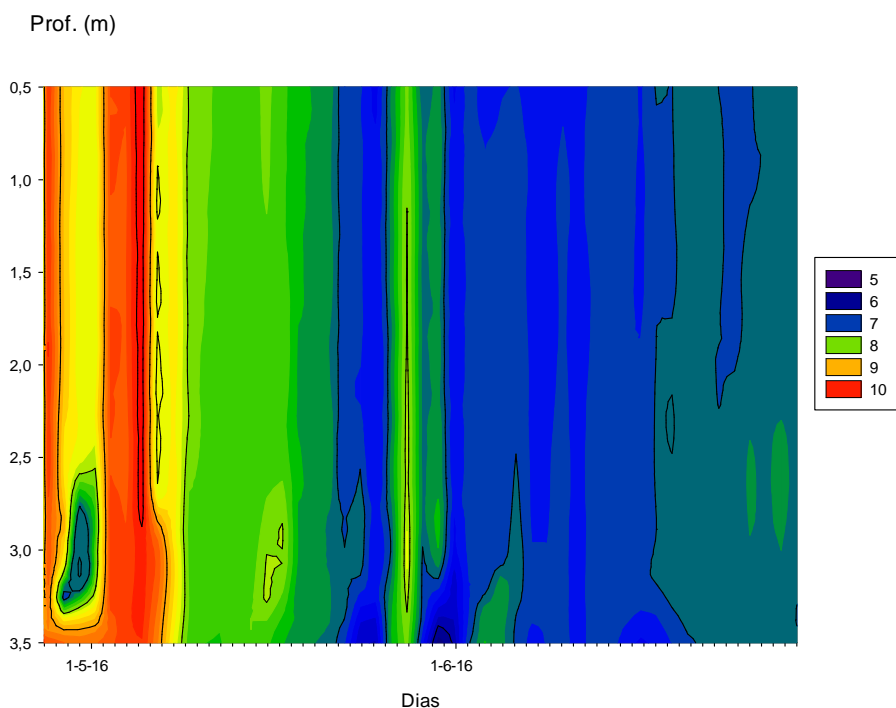


Figura 20: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de OD ($mg.l^{-1}$) realizados no ponto P1 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.

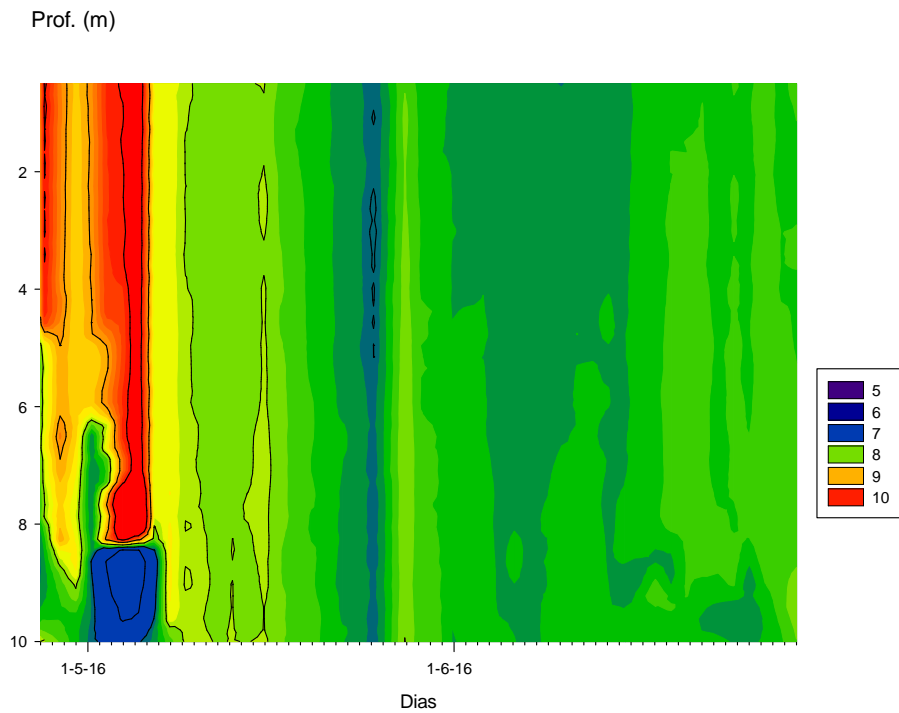


Figura 21: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de OD (mg.l^{-1}) realizados no ponto P2 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.

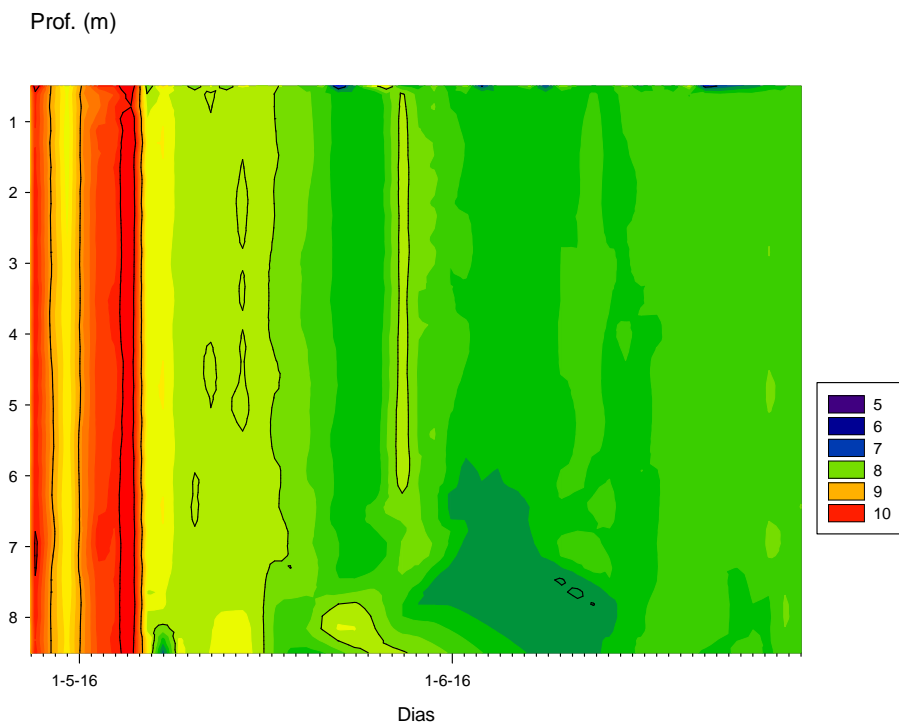


Figura 22: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de OD (mg.l^{-1}) realizados no ponto P3 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.

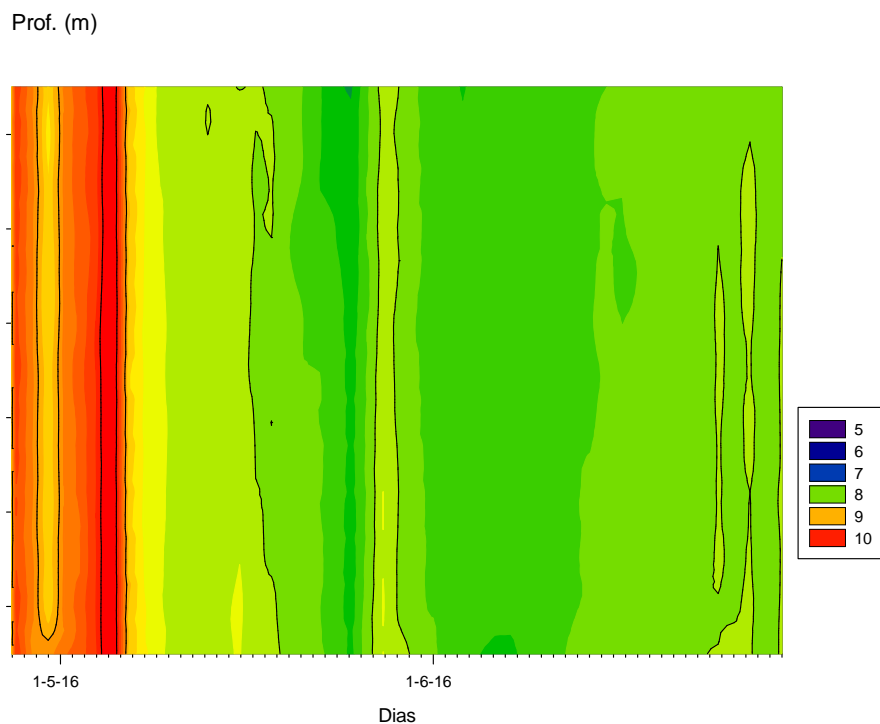


Figura 23: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de OD (mg.l^{-1}) realizados no ponto P4 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.

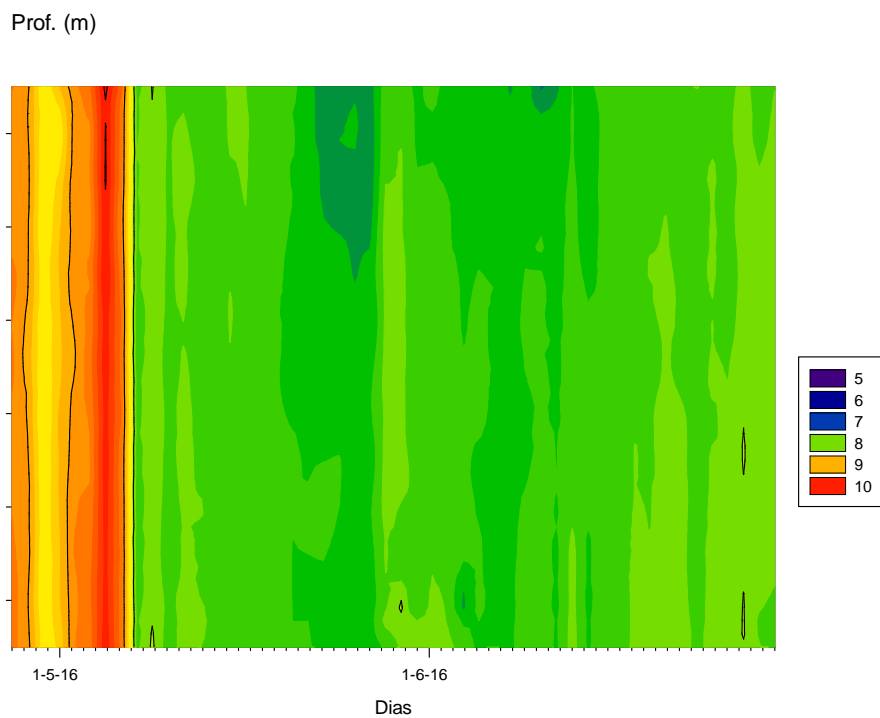


Figura 24: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de OD (mg.l^{-1}) realizados no ponto P5 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.

4.1.3 DINÂMICA TEMPORAL DOS VALORES DO POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH) E REDOX (Eh)

O pH pode ser considerado como uma das variáveis ambientais mais importantes, ao mesmo tempo que uma das mais difíceis de se interpretar. Esta complexidade na interpretação dos valores de pH se deve ao grande número de fatores que podem influenciá-lo. A grande maioria dos ecossistemas continentais tem pH variando entre 6 e 8 (Wetzel, 2003).

Muitas reações de importância na natureza envolvem tanto elétrons como prótons, o que faz com que sejam governadas tanto pelo pH como pelo potencial redox (Baas-Becking et al., 1960). O potencial redox se refere à transferência de elétrons entre um conjunto de espécies químicas, sendo um oxidante e um redutor. Embora as medidas de potencial redox possam ser usadas para fazer previsões e diagnósticos quanto à oferta ou deficiência de elétrons e estabelecer espécies químicas predominantes em ecossistemas aquáticos, os dados de potencial redox precisam ser analisados com cautela, uma vez que nem sempre a cinética permite que as condições de equilíbrio termodinâmico sejam estabelecidas em ambientes complexos e dinâmicos (Lindberg e Runnells, 1984), tal como o rio Teles Pires.

No presente estudo, as duas variáveis apresentaram dinâmica espaço-temporal similares (Figura 25 a Figura 34), sendo verificados os menores valores de potencial redox em águas maiores valores de pH. Tal fato é explicado, pois a escala do potencial redox (Eh), expressa em milivolts [mV], e a escala do pH diferem por um fator multiplicativo. Esta dependência entre as variáveis, envolvem um conjunto de fatores, não sendo rigorosamente aplicada à todas as soluções aquosas (Baummeister, 1990).

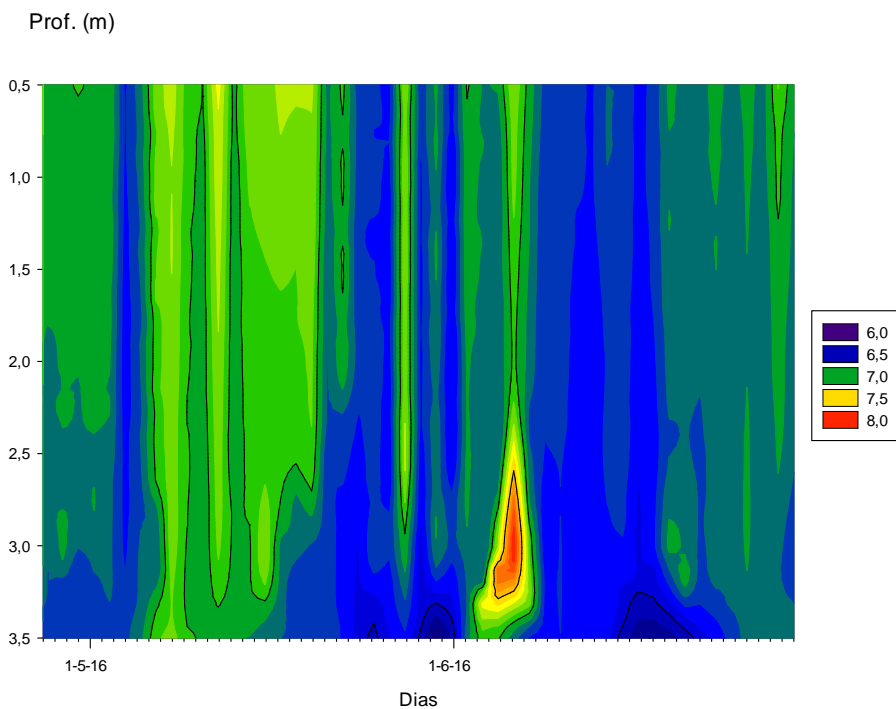


Figura 25: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de pH realizados no ponto P1 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.

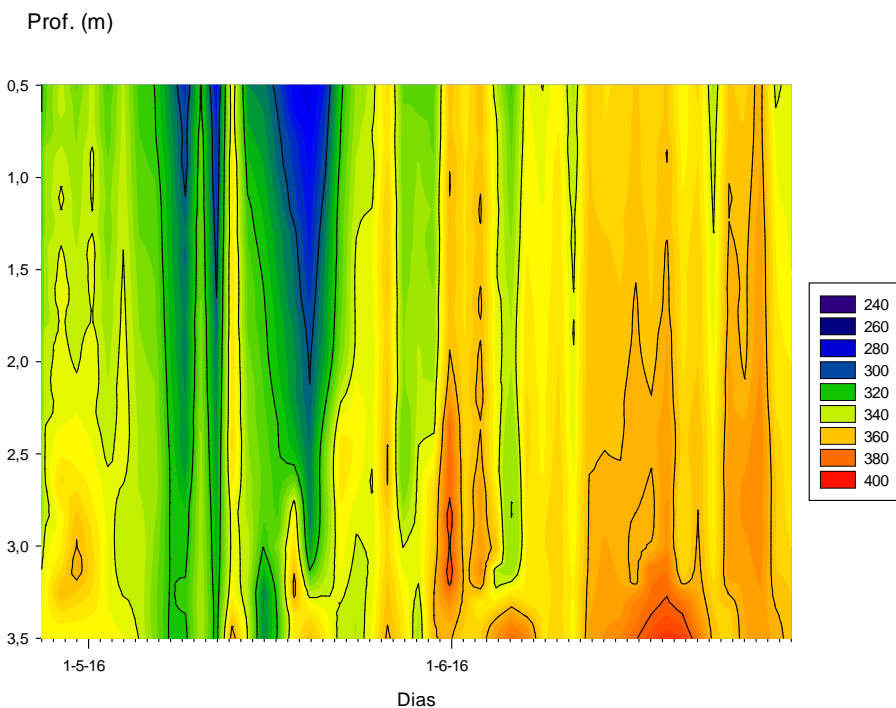


Figura 26: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de potencial redox (mV) realizados no ponto P1 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.

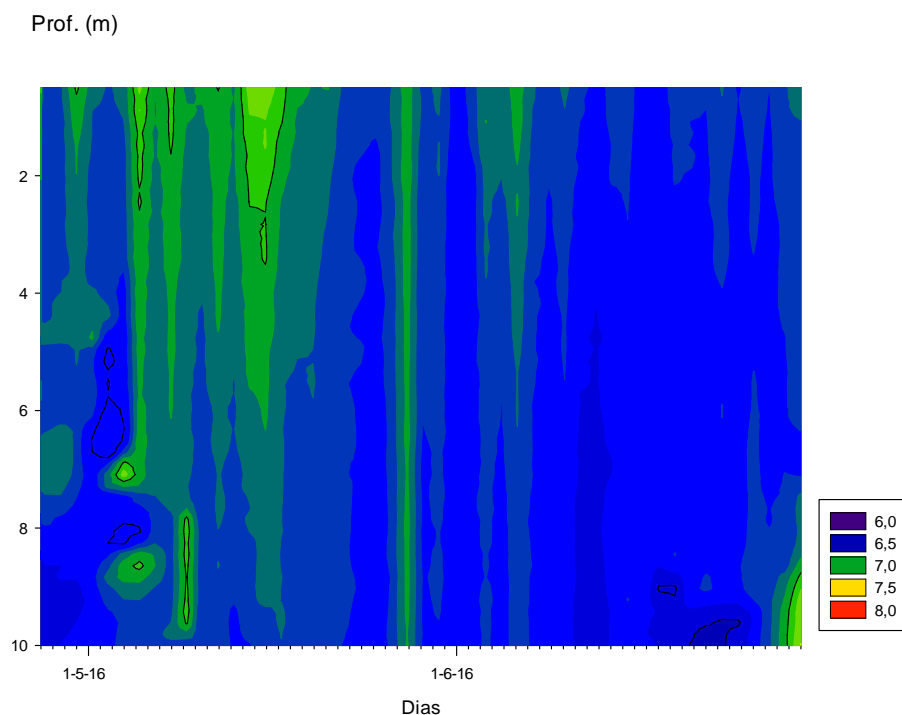


Figura 27: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de pH realizados no ponto P2 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.

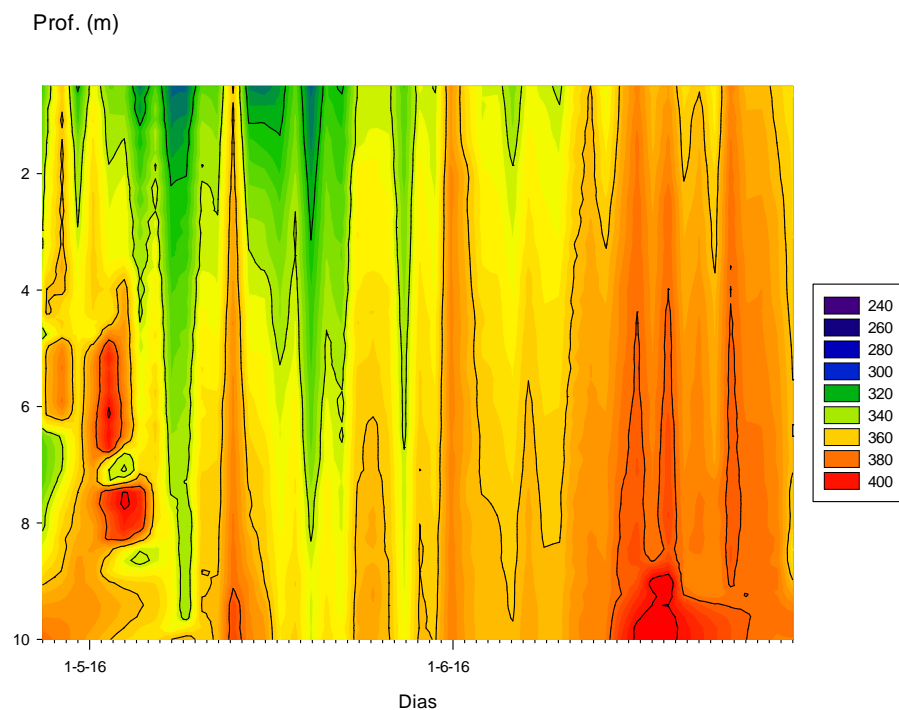


Figura 28: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de potencial redox (mV) realizados no ponto P2 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.

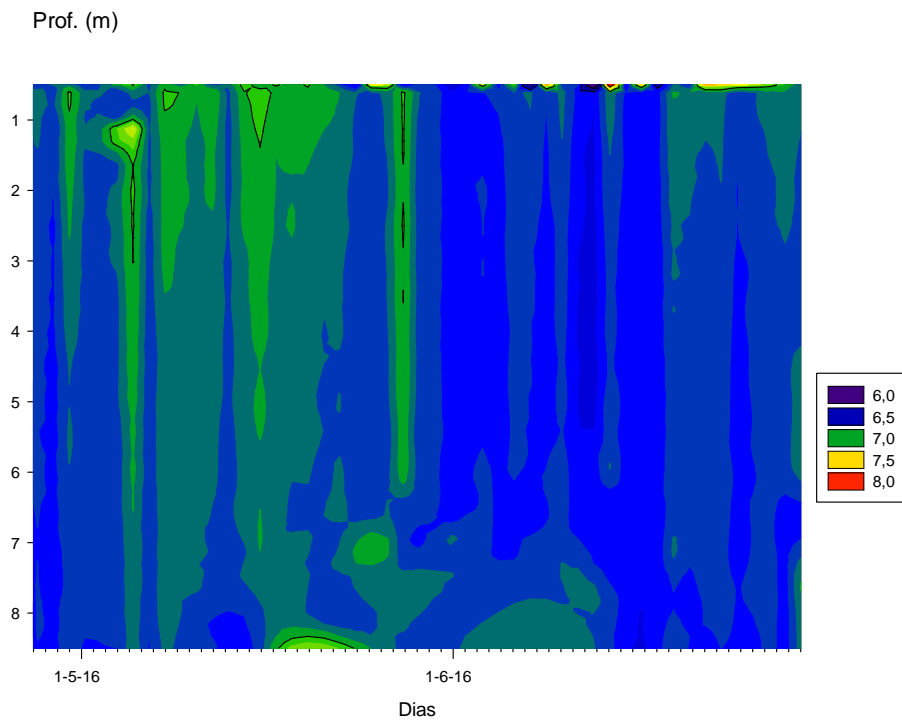


Figura 29: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de pH realizados no ponto P3 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.

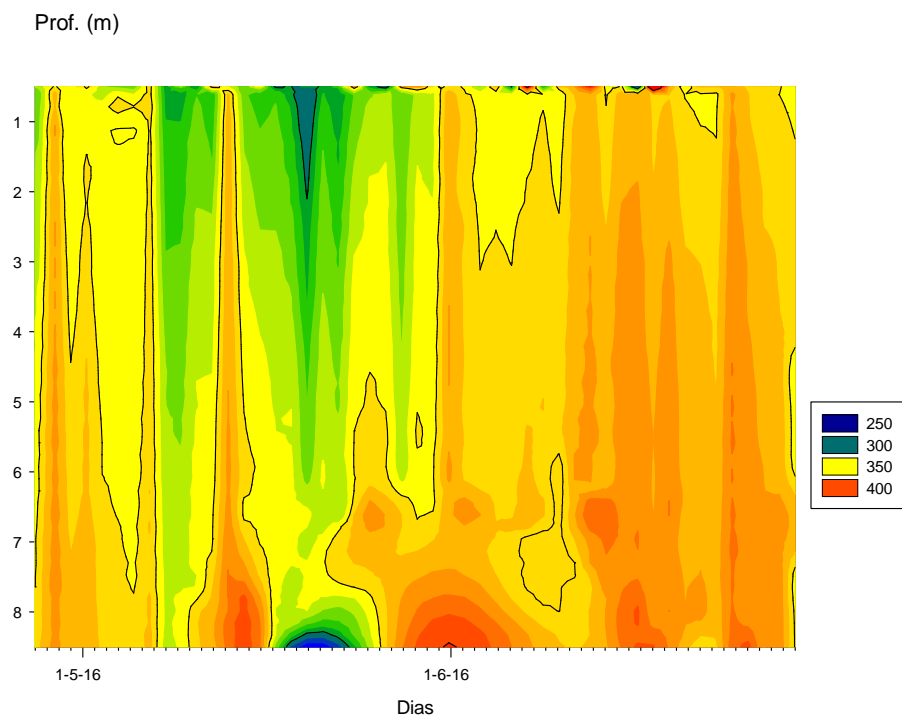


Figura 30: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de potencial redox (mV) realizados no ponto P4 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.

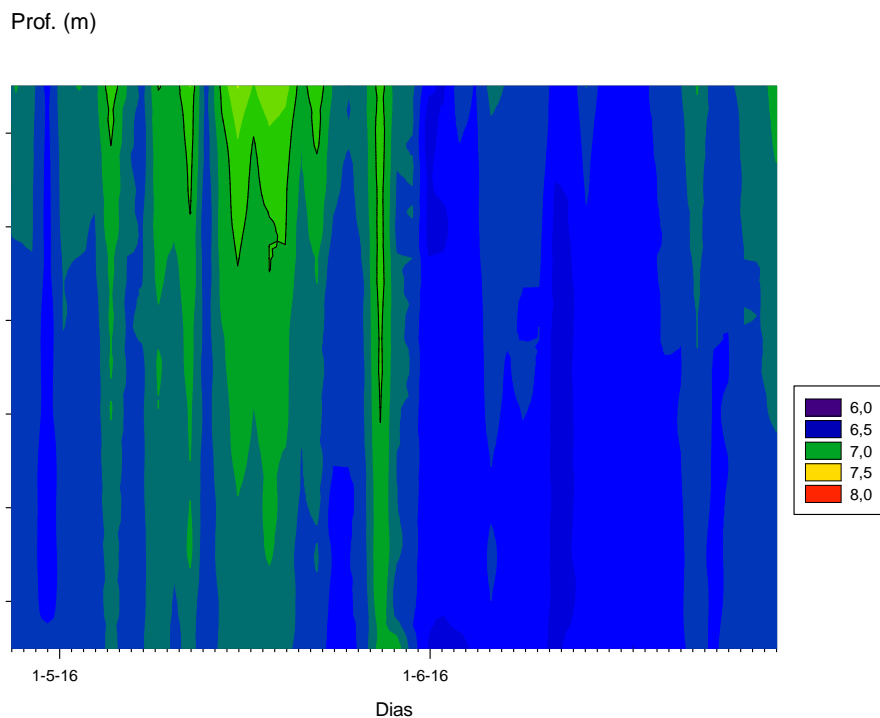


Figura 31: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de pH realizados no ponto P4 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.

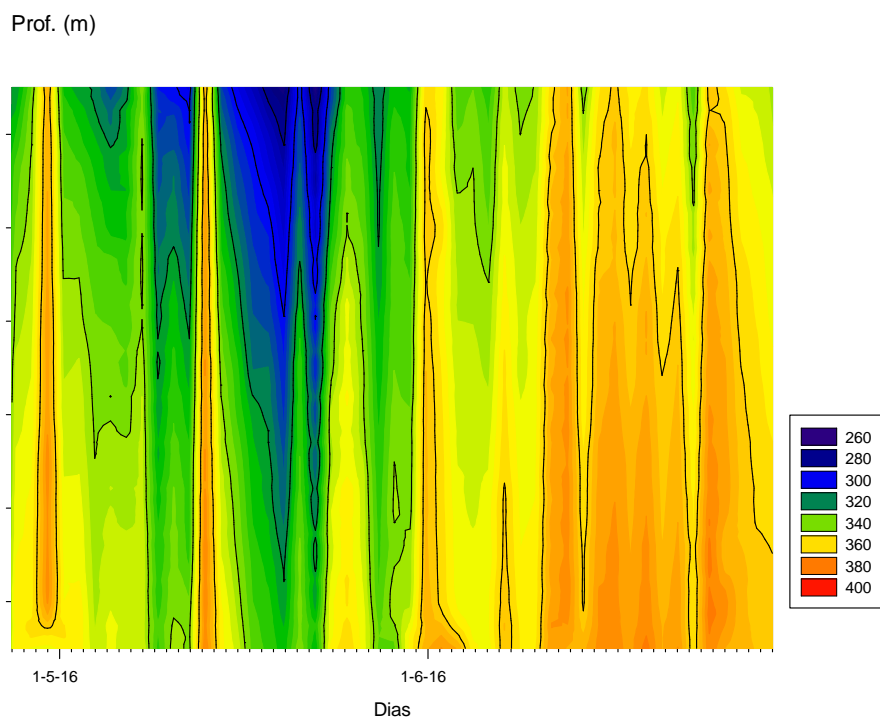


Figura 32: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de potencial redox (mV) realizados no ponto P4 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.

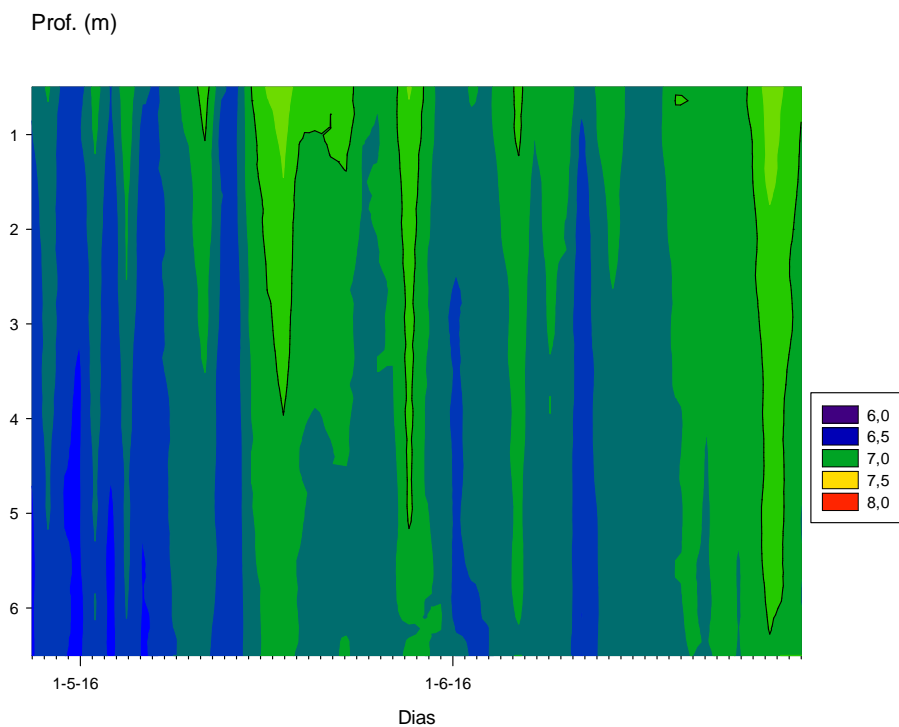


Figura 33: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de pH realizados no ponto P5 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.

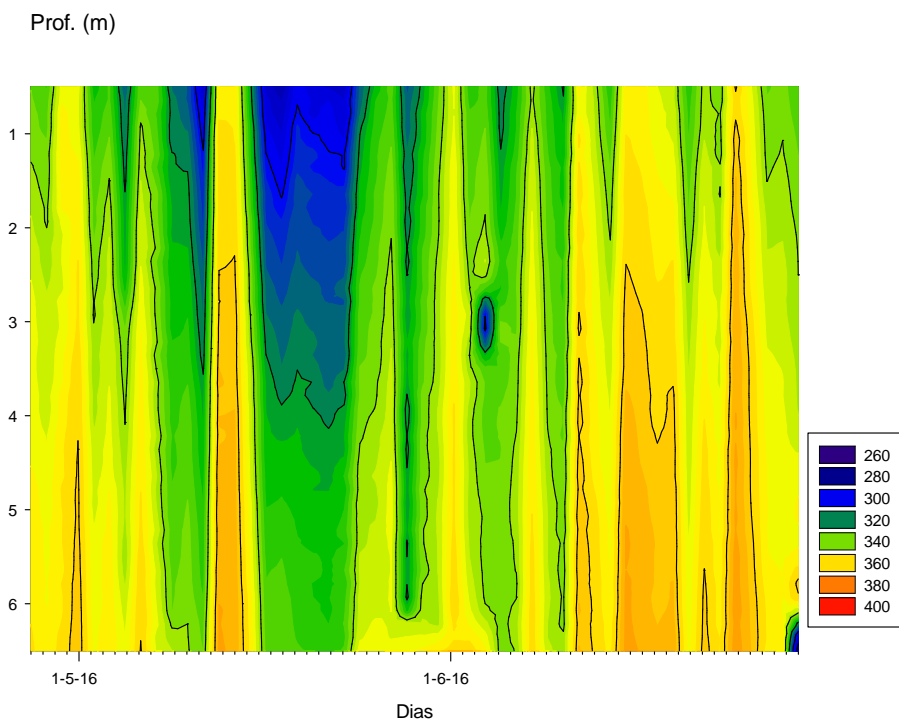


Figura 34: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de potencial redox (mV) realizados no ponto P5 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.

Os maiores valores de pH e menores de potencial redox foram registrados na segunda quinzena de maio/16, em todos os pontos amostrais.

4.1.4 DINÂMICA TEMPORAL DOS VALORES DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) E DE SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS (TDS).

A condutividade elétrica de uma solução é a capacidade desta conduzir a corrente elétrica, ou seja, quanto maior a concentração de íons maior também será sua condutividade. Em ecossistemas aquáticos, a condutividade elétrica da água representa um importante indicador sobre seu metabolismo e sobre sua bacia de drenagem. A condutividade reduz com a produção primária e aumenta com a decomposição (Wetzel, 2003).

Os sólidos totais dissolvidos (TDS) incluem todos os sais presentes na água e os componentes não iônicos; compostos orgânicos dissolvidos contribuem para os sólidos totais dissolvidos. Os valores de TDS tem correlação direta e proporcional com a condutividade elétrica devido à concentração de íons presente nas amostras (Tundisi e Matsumura-Tundisi, 2008).

Em todos os pontos amostrais houve uma redução dos valores de condutividade elétrica e TDS a partir do dia 05/junho (Figura 35 a Figura 44).

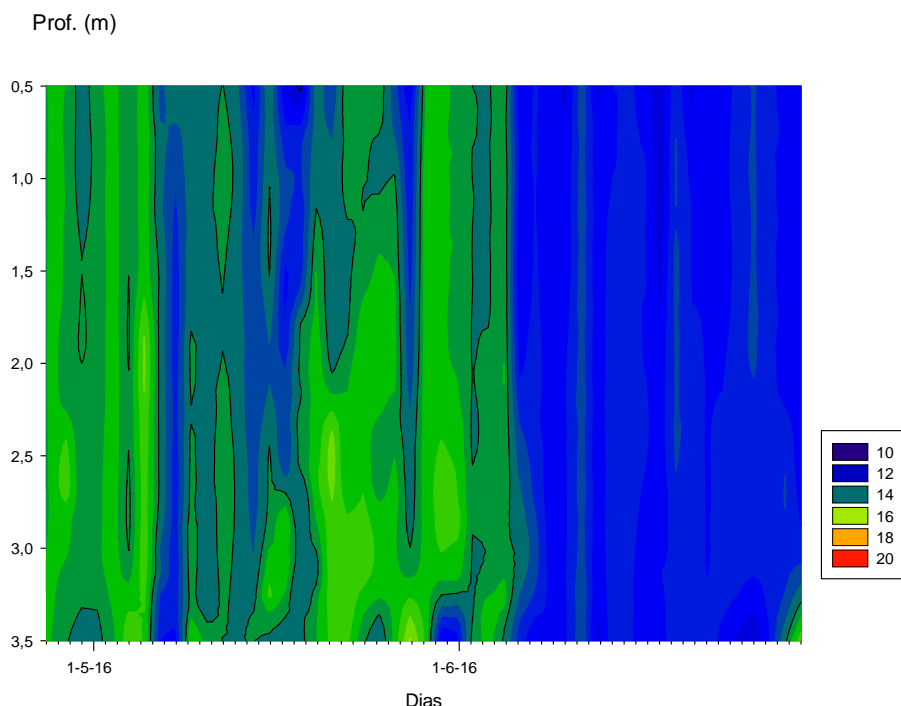


Figura 35: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) realizados no ponto P1 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.

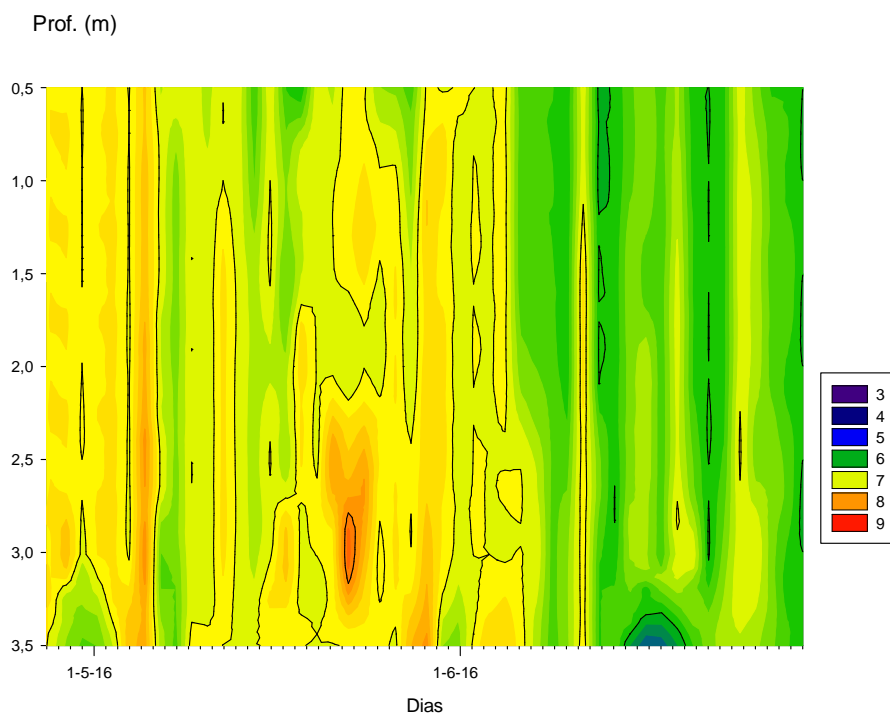


Figura 36: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de TDS (mg.l^{-1}) realizados no ponto P1 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.

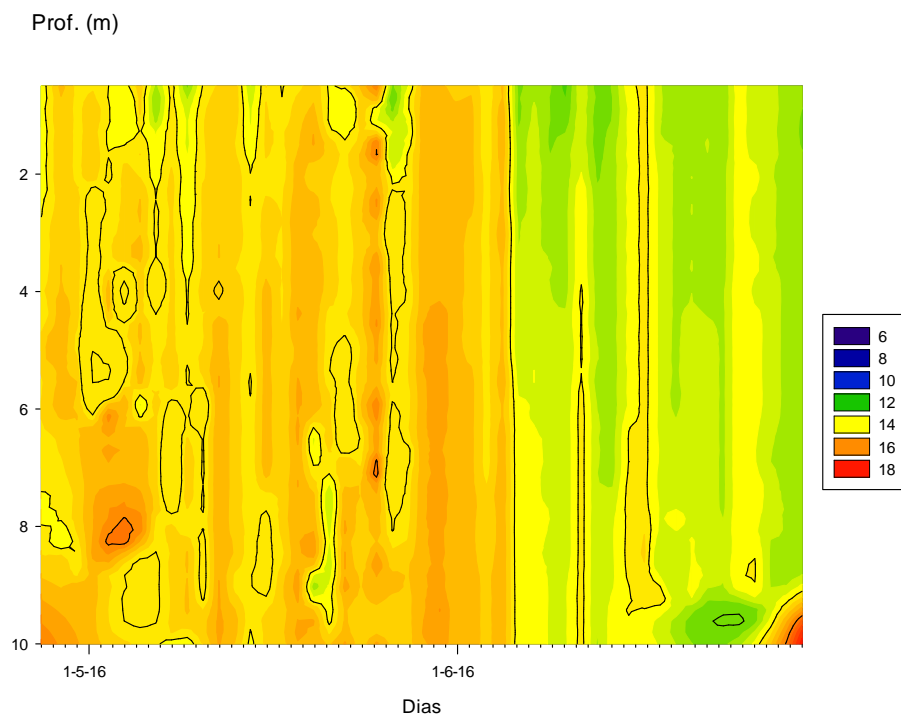


Figura 37: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}$) realizados no ponto P2 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.

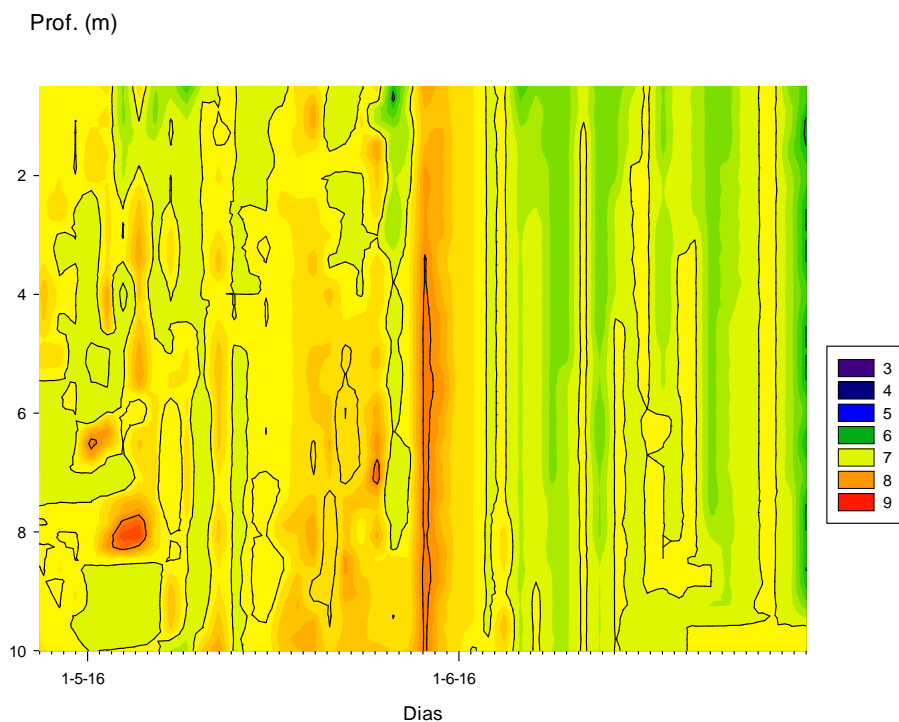


Figura 38: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de TDS (mg.l^{-1}) realizados no ponto P2 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.

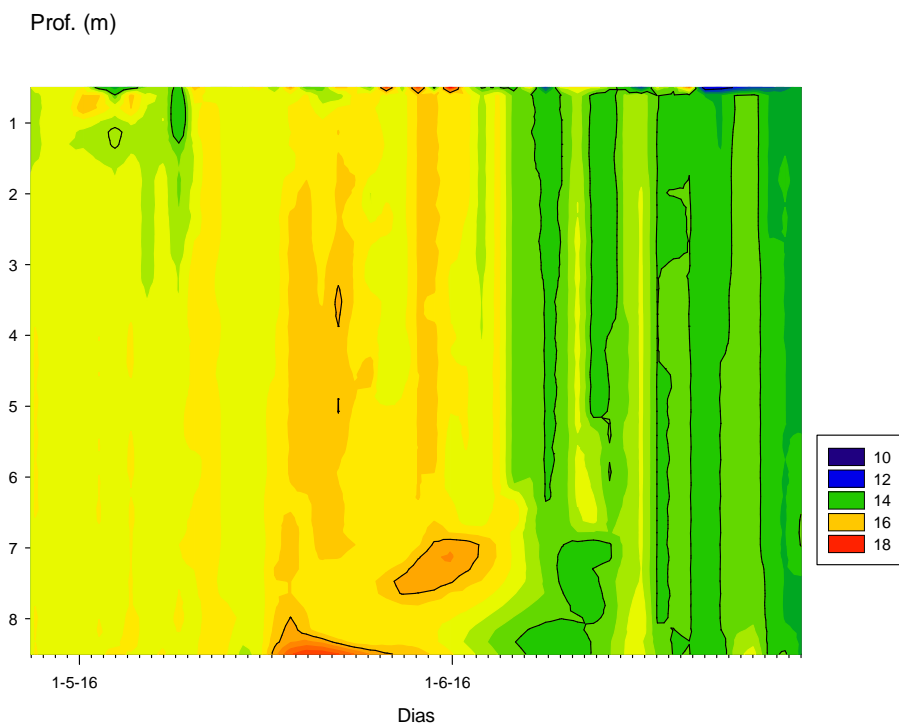


Figura 39: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}$) realizados no ponto P3 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.

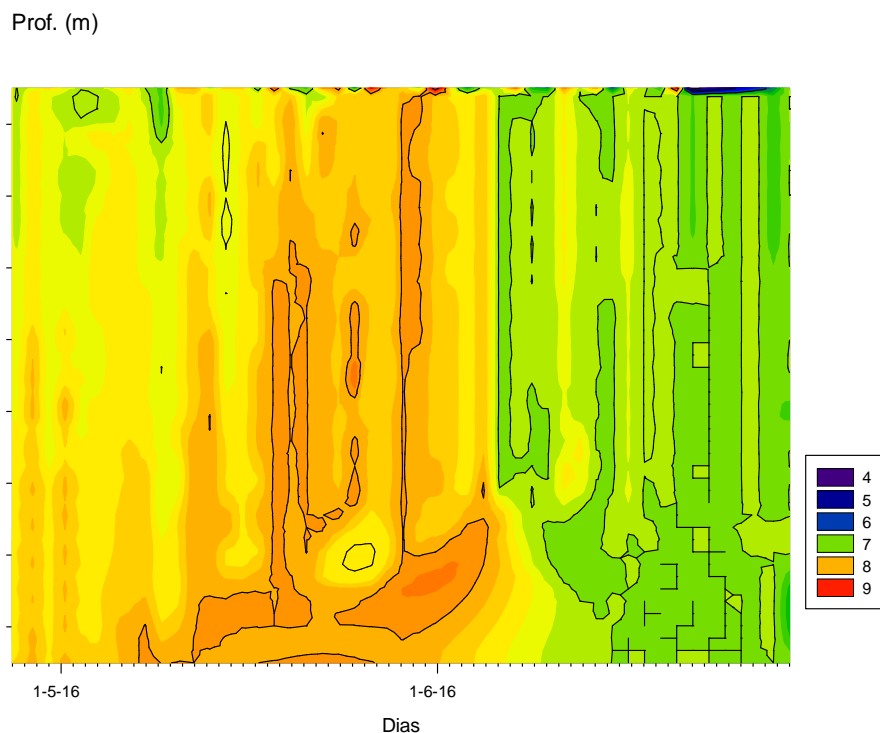


Figura 40: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de TDS (mg.l^{-1}) realizados no ponto P3 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.

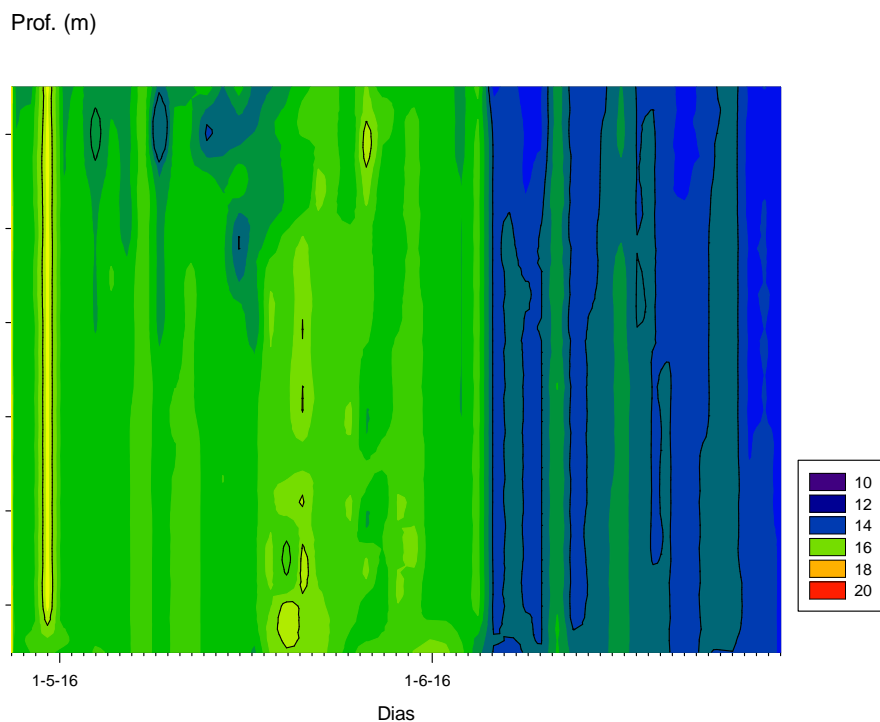


Figura 41: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}$) realizados no ponto P4 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.

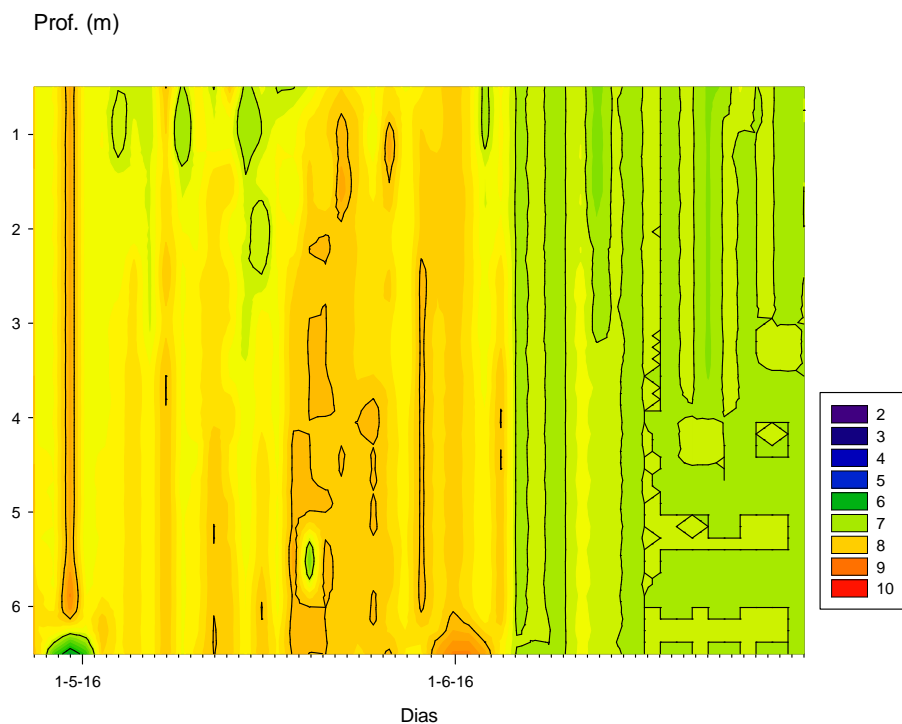


Figura 42: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de TDS (mg.l^{-1}) realizados no ponto P4 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.

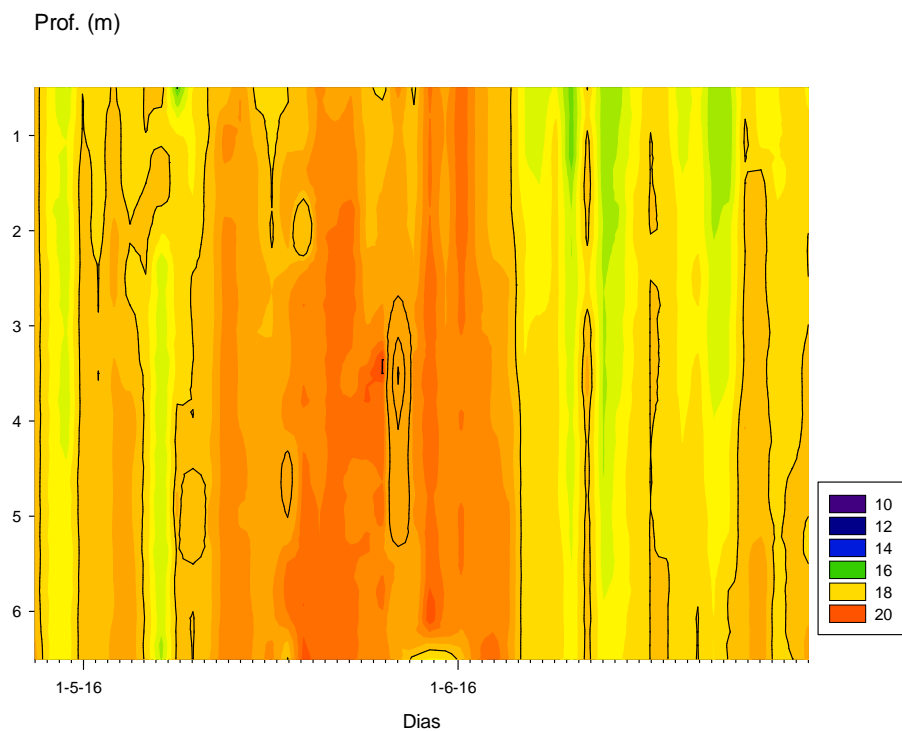


Figura 43: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}$) realizados no ponto P5 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.

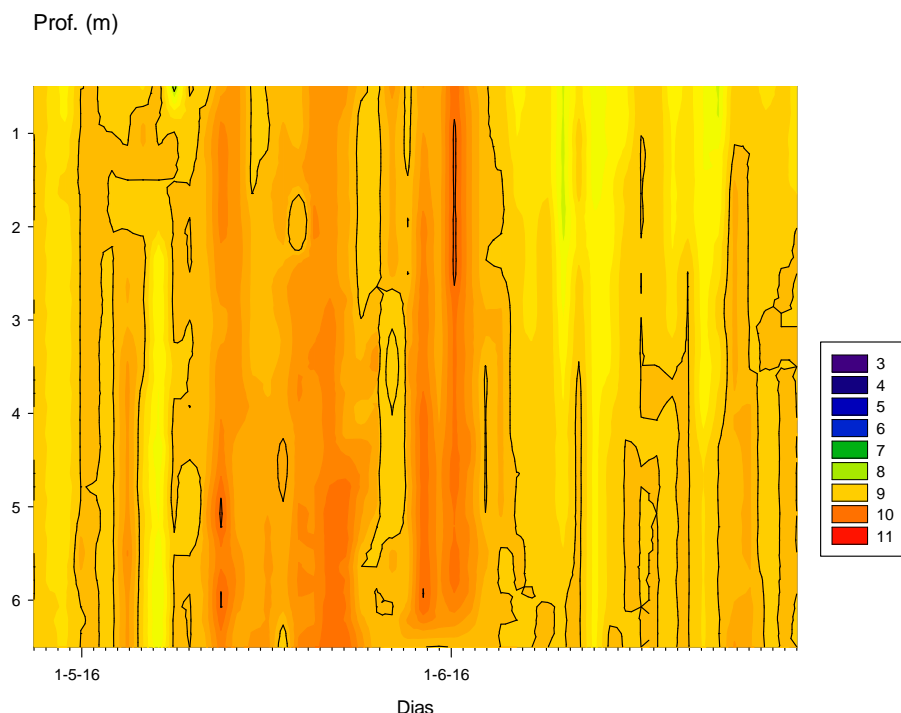


Figura 44: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de TDS (mg.l^{-1}) realizados no ponto P5 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016.

A atividade iônica de uma solução é fortemente dependente de sua temperatura (aumenta cerca de 2% a cada $^{\circ}\text{C}$). Em limnologia, adotou-se como padrão a temperatura de 25°C para realização de leituras de condutividade elétrica. O valor de condutividade elétrica é inversamente proporcional ao valor de índice pluviométrico, isto é, quanto maior o valor da condutividade elétrica, menor o valor do índice pluviométrico, e vice-versa (Esteves, 1998). Desta forma, para melhor compreensão da variação temporal dos valores de condutividade e TDS no presente estudo, são necessários dados de pluviosidade, produção primária e decomposição. Entretanto, a redução da temperatura da água, pode explicar, em parte, a redução dos valores de condutividade ao longo do período estudado.

4.1.4 DINÂMICA TEMPORAL DOS VALORES DE TURBIDEZ (NTU)

Turbidez é a medida da dificuldade de um feixe de luz atravessar uma certa quantidade de água, conferindo uma aparência turva à mesma. Dentre as principais causas da atenuação da luz e conseqüente elevação dos valores de turbidez estão as presenças de material particulado em suspensão de origem alóctone (silte, argila, sílica, colóides) e de matéria orgânica e inorgânica dissolvida e particulada, bem como, organismos fitoplanctônicos (Wetzel, 2003). Com exceção do P1, ponto localizado a montante da enseada, nos demais foram registrados picos de turbidez, alcançando valores acima de 100 NTU nos P2, P3 e P5 (Figura 45 a Figura 49).

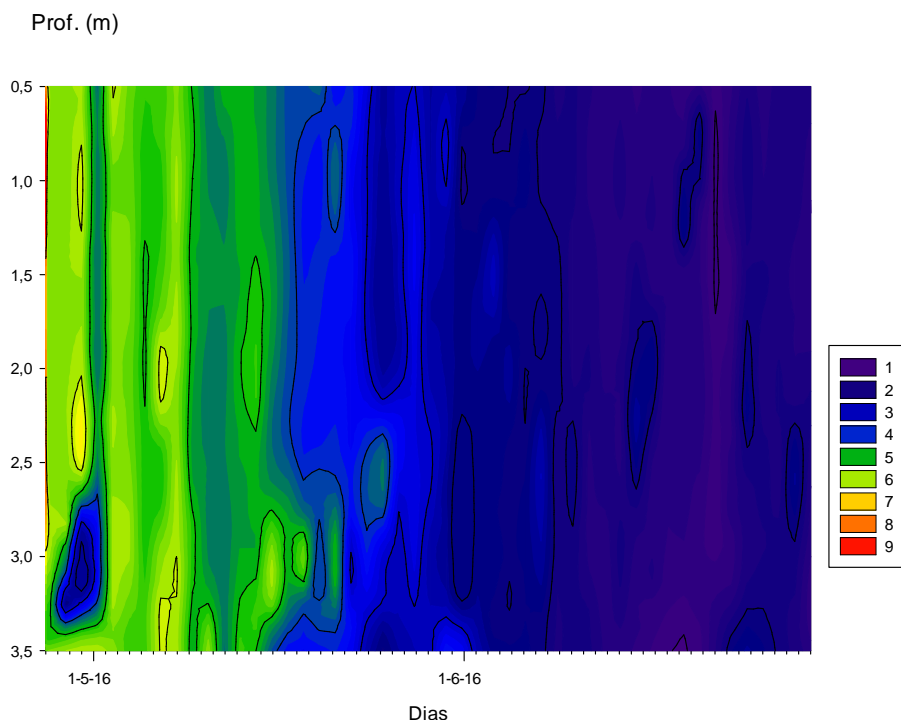


Figura 45: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de turbidez (NTU) realizados no ponto P1 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016. Isolinhas em vermelho representam valores igual ou superiores à 10 NTU.

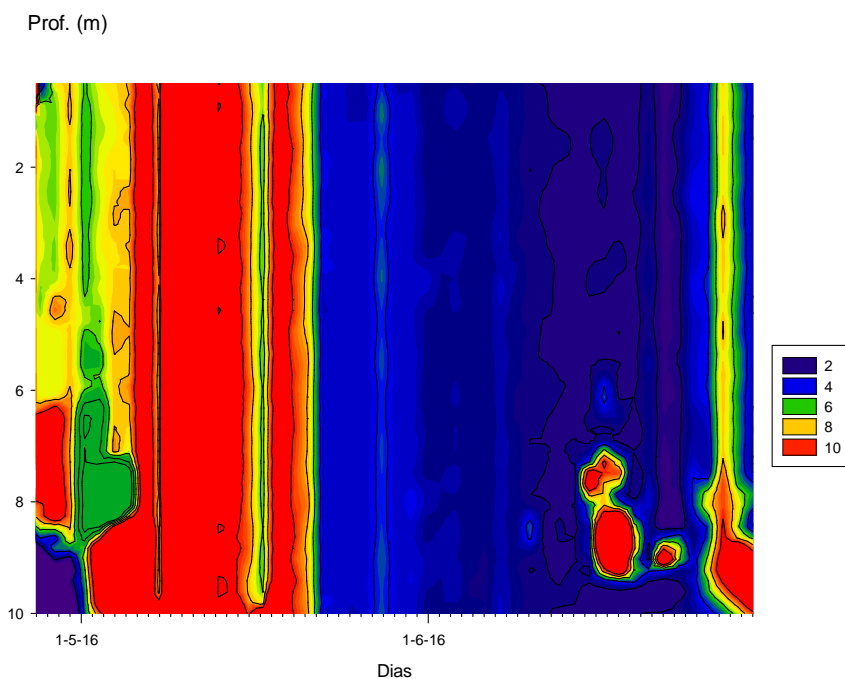


Figura 46: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de turbidez (NTU) realizados no ponto P2 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016. Isolinhas em vermelho representam valores igual ou superiores à 10 NTU.

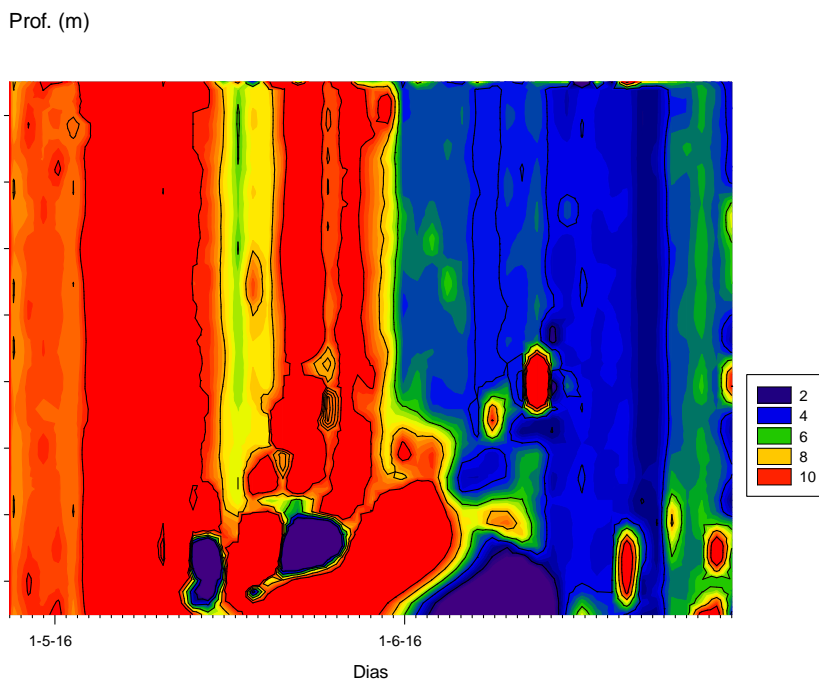


Figura 47: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de turbidez (NTU) realizados no ponto P3 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016. Isolinhas em vermelho representam valores igual ou superiores à 10 NTU.

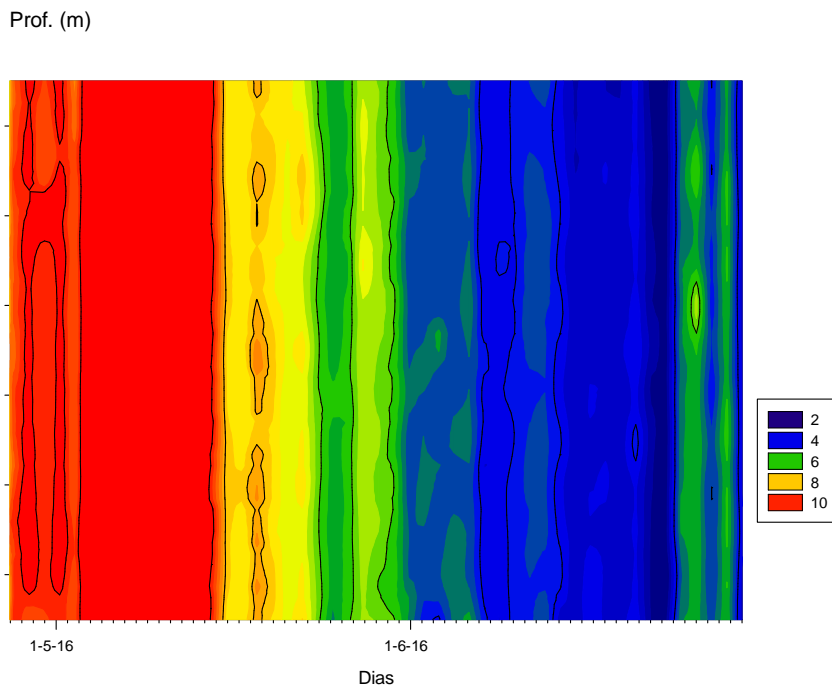


Figura 48: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de turbidez (NTU) realizados no ponto P4 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016. Isolinhas em vermelho representam valores igual ou superiores à 10 NTU.

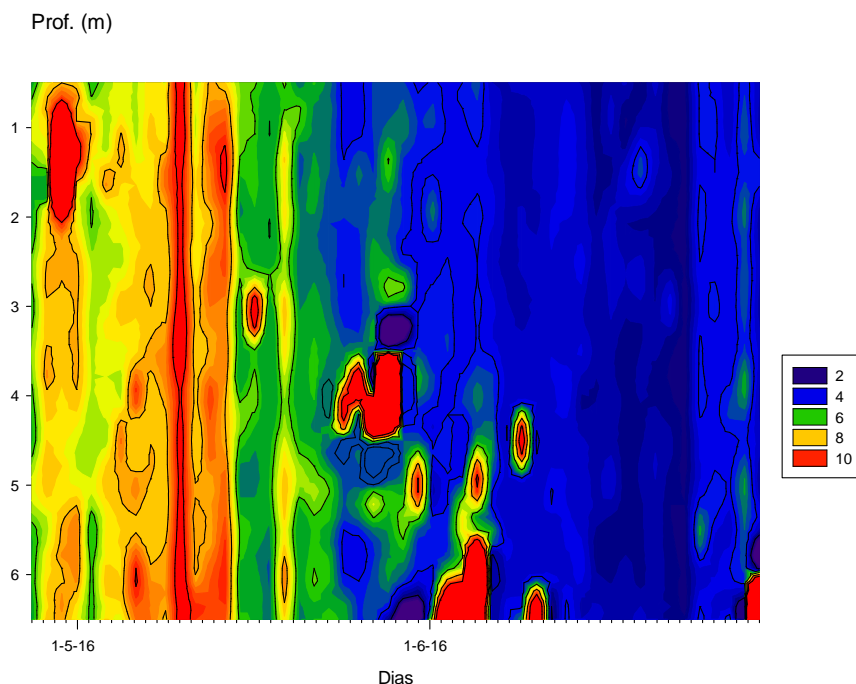


Figura 49: Diagrama profundidade-tempo referente aos perfis de turbidez (NTU) realizados no ponto P5 em 4 horários, diariamente, no período de 26/04 a 30/06/2016. Isolinhas em vermelho representam valores igual ou superiores à 10 NTU.

Os maiores registros de turbidez ocorreram no período referente ao fechamento e lançamento da nova ensecadeira. Esta atividade pode ter promovido um considerável aporte de material particulado, oriundo do solo das margens e da turbação do sedimento, elevando os valores de turbidez, durante este período.

4.2 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS COM OS VALORES MÁXIMOS PERMITIDOS PARA ÁGUA DOCE CLASSE 2, SEGUNDO A RESOLUÇÃO CONAMA 357/05

Dentre os parâmetros amostrados, a Resolução CONAMA 357/05 apresenta valores de máximos permitidos para águas doces de classe 2 para: pH, Sólidos Totais Dissolvidos (TDS), Oxigênio Dissolvido (OD) e Turbidez. De modo a enquadrar e classificar os trechos do rio Teles Pires estudados, os valores (média, máximo e mínimo) obtidos por camada da coluna de água (superfície, meio e fundo) foram comparados com os valores máximos permitidos (VMP) pela resolução (quadros 2 a 6).

Os dados de cada mês amostral foram tratados separadamente, de modo a evitar que os desvios-padrão e resíduos impedissem a real percepção da amplitude dos parâmetros.

Quadro 2: Comparação entre a média dos valores (mínimo e máximo entre parênteses) dos parâmetros mensurados na superfície, meio e fundo da coluna de água no ponto 1 com os valores máximos permitidos (VMP) estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces de Classe 2. O mês 1 equivale ao período de 26/abril a 28/maio e o mês 2 ao período de 29/maio a 30/junho de 2016. DP = Desvio-padrão; n= número de amostras. Os valores em inconformidade com a resolução 357/05 em NEGRITO.

PONTO 1			VMP CONAMA 357/05
Camada	Mês 1	Mês 2	
pH			
Superfície	7,25 (6,49 - 8,55); DP. 1,25; n=122	6,92 (6,43 - 14,48); DP.0,76; n=128	6,0<9,0
Meio	7,18 (6,54 - 8,28); DP. 1,24; n=122	6,79 (6,38 - 8,14); DP.0,31; n=128	
Fundo	6,87 (6,52 - 7,41); DP. 0,20; n=30	6,66 (6,24 - 7,35); DP.0,19; n=38	
TDS (mg.l⁻¹)			
Superfície	7,07 (5 - 14); DP. 1,42; n=122	6,49 (5 - 12); DP.0,73; n=128	<500,00
Meio	7,23 (5 - 14); DP. 1,34; n=122	6,55 (5 - 8); DP.0,59; n=128	
Fundo	7,03 (5 - 8); DP. 0,49; n=30	6,58 (6 - 8); DP.0,55; n=38	
OD (mg.l⁻¹)			
Superfície	8,38 (6,51 - 10,99); DP. 1,68; n=122	6,98 (6,2 - 14,65); DP.0,74; n=128	>5,0
Meio	8,33 (6,31 - 10,75); DP. 1,66; n=122	6,94 (6,47 - 7,97); DP.0,24; n=128	
Fundo	8,48 (6,79 - 10,26); DP. 1,06; n=30	6,87 (5,88 - 7,31); DP.0,23; n=38	
Turbidez (NTU)			
Superfície	4,85 (2,5 - 9,4); DP.1,25; n=122	1,76 (0,9 - 3,9); DP.0,53; n=128	<100,00
Meio	4,82 (2 - 9,9); DP. 1,32; n=122	1,90 (0,8 - 5); DP.0,58; n=128	
Fundo	5,01 (2,3 - 8,9); DP. 1,16; n=30	1,92 (1,1 - 3,5); DP.0,51; n=38	

Quadro 3: Comparação entre a média dos valores (mínimo e máximo entre parênteses) dos parâmetros mensurados na superfície, meio e fundo da coluna de água no ponto 2 com os valores máximos permitidos (VMP) estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces de Classe 2. O mês 1 equivale ao período de 26/abril a 28/maio e o mês 2 ao período de 29/maio a 30/junho de 2016. DP = Desvio-padrão; n= número de amostras. Os valores em inconformidade com a resolução 357/05 em NEGRITO.

PONTO 2			VMP CONAMA 357/05
Camada	Mês 1	Mês 2	
pH			
Superfície	6,98 (6,48 - 8,30); DP.2,66; n=122	6,77 (6,47 - 8,04); DP.0,19; n=132	6,0<9,0
Meio	6,88 (6,54 - 8,45); DP. 2,66; n=122	6,70 (6,48 - 7,6); DP.0,14; n=132	
Fundo	7,74 (6,6 - 6,97); DP. 2,65; n=122	6,71 (6,52 - 6,95); DP.0,11; n=26	

PONTO 2			VMP CONAMA 357/05
Camada	Mês 1	Mês 2	
TDS (mg.l⁻¹)			
Superfície	6,98 (4 - 15); DP. 2,66; n=122	7,16 (6 - 9); DP.0,49; n=132	<500,00
Meio	7,15 (5 - 10); DP. 2,66; n=122	7,20 (6 - 9); DP.0,44; n=132	
Fundo	7,40 (7 - 8); DP. 2,66; n=122	7 (7 - 7); DP.0; n=26	
OD (mg.l⁻¹)			
Superfície	8,43 (6,75 - 16,33); DP. 2,66; n=122	7,60 (7,17 - 8,3); DP.0,15; n=132	>5,0
Meio	8,43 (6,75 - 16,33); DP. 2,66; n=122	7,64 (7,29 - 8,17); DP.0,14; n=132	
Fundo	8,14 (6,66 - 16,33); DP. 2,66; n=122	7,62 (6,81 - 8); DP.0,14; n=26	
Turbidez (NTU)			
Superfície	11,52 (2,9 - 105,7); DP.2,66; n=122	4,32 (1,8 - 10,6); DP.1,49; n=132	<100,00
Meio	11,52 (2,7 - 76,2); DP. 2,66; n=122	4,46 (2 - 11,7); DP.1,60; n=132	
Fundo	13,51 (2,6 - 89,6); DP. 2,66; n=122	6,70 (2,6 - 61,1); DP.11,18; n=26	

Quadro 4: Comparação entre a média dos valores (mínimo e máximo entre parênteses) dos parâmetros mensurados na superfície, meio e fundo da coluna de água no ponto 3 com os valores máximos permitidos (VMP) estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces de Classe 2. O mês 1 equivale ao período de 26/abril a 28/maio e o mês 2 ao período de 29/maio a 30/junho de 2016. DP = Desvio-padrão; n= número de amostras. Os valores em inconformidade com a resolução 357/05 em NEGRITO.

PONTO 3			VMP CONAMA 357/05
Camada	Mês 1	Mês 2	
pH			
Superfície	6,92 (6,59 - 7,55); DP.0,17; n=122	6,77 (6,47 - 8,04); DP.0,19; n=132	6,0<9,0
Meio	6,83 (6,57 - 7,24); DP.0,13; n=122	6,70 (6,48 - 7,6); DP.0,14; n=132	
Fundo	6,72 (6,53 - 7,03); DP.0,11; n=54	6,71 (6,52 - 6,95); DP.0,11; n=26	
TDS (mg.l⁻¹)			
Superfície	7,30 (4 - 9); DP.0,58; n=122	7,16 (6 - 9); DP.0,49; n=132	<500,00
Meio	7,55 (7 - 8); DP.0,50; n=122	7,20 (6 - 9); DP.0,44; n=132	
Fundo	7,78 (7 - 8); DP.0,42; n=54	7 (7 - 7); DP.0; n=26	
OD (mg.l⁻¹)			
Superfície	8,40 (6,83 - 10,59); DP.0,85; n=122	7,60 (7,17 - 8,3); DP.0,15; n=132	>5,0
Meio	8,40 (6,56 - 10,55); DP.0,86; n=122	7,64 (7,29 - 8,17); DP.0,14; n=132	
Fundo	9,02 (6,64 - 10,36); DP.0,91; n=54	7,62 (6,81 - 8); DP.0,14; n=26	
Turbidez (NTU)			
Superfície	8,40 (6,83 - 10,59); DP.0,85; n=122	4,32 (1,8 - 10,6); DP.1,49; n=132	<100,00
Meio	10,41 (5,9 - 27,2); DP.3,20; n=122	4,46 (2 - 11,7); DP.1,60; n=132	

PONTO 3			VMP CONAMA 357/05
Camada	Mês 1	Mês 2	
Fundo	11,01 (7,2 - 287); DP.5,29; n=54	6,70 (2,6 - 61,1); DP.11,18; n=26	

Quadro 5: Comparação entre a média dos valores (mínimo e máximo entre parênteses) dos parâmetros mensurados na superfície, meio e fundo da coluna de água no ponto 4 com os valores máximos permitidos (VMP) estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces de Classe 2. O mês 1 equivale ao período de 26/abril a 28/maio e o mês 2 ao período de 29/maio a 30/junho de 2016. DP = Desvio-padrão; n= número de amostras. Os valores em inconformidade com a resolução 357/05 em NEGRITO.

PONTO 4			VMP CONAMA 357/05
Camada	Mês 1	Mês 2	
pH			
Superfície	6,95 (6,52 - 7,4); DP.0,18; n=122	6,75 (6,5 - 7,28); DP.0,16; n=132	6,0<9,0
Meio	6,83 (6,59 - 7,14); DP.0,12; n=122	6,70 (6,48 - 7,04); DP.0,12; n=132	
Fundo	6,79 (6,51 - 7,06); DP.0,10; n=108	6,67 (6,47 - 6,93); DP.0,11; n=80	
TDS (mg.l⁻¹)			
Superfície	7,35 (7 - 9); DP.0,51; n=122	7,11 (6 - 8); DP.0,41; n=132	<500,00
Meio	7,60 (7 - 9); DP.0,52; n=122	7,19 (6 - 8); DP.0,41; n=132	
Fundo	7,73 (7 - 8); DP.0,45; n=108	7,06 (7 - 8); DP.0,24; n=80	
OD (mg.l⁻¹)			
Superfície	8,46 (7,12 - 10,58); DP.0,82; n=122	7,80 (7,42 - 8,2); DP.0,17; n=132	>5,0
Meio	8,48 (6,83 - 10,5); DP.0,81; n=122	7,83 (7,52 - 8,15); DP.0,15; n=132	
Fundo	8,49 (6,94 - 10,51); DP.0,80; n=108	7,89 (7,54 - 8,2); DP.0,14; n=80	
Turbidez (NTU)			
Superfície	9,52 (4,9 - 22,7); DP.3,0; n=122	4,21 (1,8 - 7,3); DP.1,06; n=132	<100,00
Meio	9,63 (5 - 22,3); DP.2,95; n=122	4,34 (2,1 - 9,1); DP.1,06; n=132	
Fundo	9,55 (5,1 - 22); DP.3,10; n=108	4,00 (2,1 - 6,3); DP.0,88; n=80	

Quadro 6: Comparação entre a média dos valores (mínimo e máximo entre parênteses) dos parâmetros mensurados na superfície, meio e fundo da coluna de água no ponto 5 com os valores máximos permitidos (VMP) estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces de Classe 2. O mês 1 equivale ao período de 26/abril a 28/maio e o mês 2 ao período de 29/maio a 30/junho de 2016. DP = Desvio-padrão; n= número de amostras. Os valores em inconformidade com a resolução 357/05 em NEGRITO.

PONTO 5			VMP CONAMA 357/05
Camada	Mês 1	Mês 2	
pH			
Superfície	6,93 (6,57 - 7,3); DP.0,18; n=119	6,95 (6,69 - 7,37); DP.0,16; n=132	6,0<9,0
Meio	6,83 (6,55 - 7,15); DP.0,12; n=119	6,88 (6,64 - 7,26); DP.0,14; n=131	
Fundo	6,79 (6,53 - 7,06); DP.0,10; n=104	6,90 (6,65 - 7,25); DP.0,16; n=45	
TDS (mg.l⁻¹)			
Superfície	9,01 (5 - 10); DP.0,51; n=119	8,78 (7 - 10); DP.0,58; n=132	<500,00
Meio	9,08 (4 - 10); DP.0,52; n=119	9,05 (8 - 10); DP.0,46; n=131	
Fundo	9,12 (5 - 10); DP.0,45; n=104	8,96 (7 - 10); DP.0,47; n=45	
OD (mg.l⁻¹)			
Superfície	8,18 (6,98 - 10,29); DP.0,82; n=119	7,62 (5,79 - 8,26); DP.0,34; n=132	>5,0
Meio	8,18 (7,18 - 10,09); DP.0,74; n=119	7,71 (7,16 - 8,36); DP.0,26; n=131	
Fundo	8,21 (7,1 - 10,02); DP.0,76; n=104	7,82 (7,18 - 8,51); DP.0,31; n=45	
Turbidez (NTU)			
Superfície	6,49 (3,1 - 14,1); DP.1,8; n=119	3,44 (1,8 - 6,1); DP.0,88 n=132	<100,00
Meio	10,99 (3,7 - 481,9); DP.43,59; n=119	3,61 (1,4 - 10,5); DP.1,28; n=131	
Fundo	7,32 (3,5 - 37,3); DP.3,89; n=104	4,36 (2,2 - 22,4); DP.3,64; n=45	

Foram verificadas inconformidades com a resolução CONAMA 357/05 para os valores de turbidez mensurados na superfície do P2 (105,7 NTU); fundo do P3 (287 NTU) e do P5 (481,9 NTU). Todas as mensurações de turbidez acima do valor máximo permitido pela CONAMA 357/05 para águas doces de Classe 2 ocorreram no período de 26/abril a 28/maio de 2016. Neste período foram realizados o lançamento e fechamento da ensecadeira. Conforme já era esperado, as alterações nos valores de turbidez neste período, se devem ao lançamento de solo nos pontos a jusante do empreendimento. Porém essa alteração foi momentânea, e as condições normais foram recuperadas como podemos observar nos valores do segundo mês.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os resultados obtidos durante o estudo, somente foi verificada inconformidade com CONAMA 357/05 para águas doces de Classe 2 para turbidez, nos pontos P2, P3 e P5. Durante o desvio de um rio para a instalação de uma barragem, três fatores fundamentais podem causar alterações na qualidade das águas a jusante (Rocha, 2006). Primeiramente, a erosão do rio e das

margens, pode aumentar a quantidade de sólidos em suspensão e concentrações de elementos-traço oriundos das áreas erodidas, o que pode, por sua vez, aumentar a turbidez das águas. O segundo fator é a elevação do nível da água a montante da estrutura da ensecadeira. Este fator não teve como ser avaliado durante o estudo, por falta de pontos efetivamente a montante (exceto o P1, porém localizado próximo a barragem). Por último, vale ressaltar que, a própria obra pode acarretar em contaminação da água por óleo de motor, combustíveis, dentre outros elementos, além da movimentação de materiais (fatores não avaliados no estudo).

Analisando a distribuição espacial e temporal dos parâmetros mensurados, o distúrbio causado pelas atividades em questão foi de natureza momentânea. Os resultados referentes ao segundo mês amostral demonstram que o ambiente apresenta certo grau de resiliência, do ponto vista dos parâmetros físicos e químicos da água. Para confirmação desta hipótese, vale ressaltar, a necessidade do emprego de análises estatísticas, correlação entre os parâmetros mensurados com fatores ambientais (p.ex. pluviosidade, vazão, dados hidrodinâmicos, dentre outros) e da continuidade do monitoramento.

Como o ambiente não apresenta estratificação térmica ou química, sugere-se que, nos trechos a jusante do barramento, a amostragem a um metro de profundidade é significativa para toda a coluna de água, não sendo necessária a realização de perfis completos. Em contrapartida à redução do esforço amostral, é aconselhável o acréscimo de pontos, principalmente nos trechos entre P3 e P4; P4 e P5. Desta forma, é possível refinar os dados longitudinalmente, possibilitando uma melhor contemplação do ambiente sob perspectiva longitudinal/horizontal, a qual é a característica marcante na zonação de ambientes lóticos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agostinho, A. A., Gomes, L. C., & Pelicice, F. M. (2007). Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil.

Bass-Becking, L. B., Kaplan, I. R., & Moore, D. (1960). Limits of the natural environment in terms of pH and oxidation-reduction potentials. *The Journal of Geology*, 243-284.

BRASIL (2005). Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional de Meio Ambiente.

Cole, G. A. (1994). *Textbook of Limnology: Prospect Heights, Illinois*.

Esteves, F. (1998). *Fundamentos de limnologia*. Interciência.

Goulart, M. D., & Callisto, M. (2003). Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. *Revista da FAPAM*, 2(1), 156-164.

Lindberg, R.D.; Runnells, D.D. (1984); *Science*, 225, 925.

Margalef, R. (1983). *Limnología* (No. 504.45 MAR). Barcelona: Omega.

Marouelli, M. H., Emeric, R. H. S., Cavalcanti, C. G., Rutkowski, E., Sales, M. E. D. C., Segundo, S. M., ... & Castro, I. D. (1988). Bases para um manejo racional de reservatórios. *Administração Pesqueira no reservatório de Itaipu. Limnologia e Manejo de Represas, Monografias em Limnologia, Série*.

Nilssen, J. P. (1984). Tropical lakes—functional ecology and future development: The need for a process-orientated approach. *Hydrobiologia*, 113(1), 231-242.

Pinto Coelho, R. M. (1998). Effects of eutrophication on seasonal patterns of mesozooplankton in a tropical reservoir: a 4 year study in Pampulha Lake, Brazil. *Freshwater Biology*, 40(1), 159-173.

Rocha, G. D. S. C. (2006). *Desvio de rios para a construção de barragens* (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).

Straškraba, M., & Tundisi, J. G. (1999). *Reservoir ecosystem functioning: theory and application. Theoretical reservoir ecology and its applications*, 565-597.

Straškraba, M., & Tundisi, J. G. (2000). *Reservatórios como ecossistemas. Diretrizes para o gerenciamento de lagos*. São Carlos: Rima, 41-106.

Thornton, K. W., Kimmel, B. L., & Payne, F. E. (1990). *Reservoir limnology: ecological perspectives*. John Wiley & Sons.

Tundisi, J. G. (1999). *Reservatórios como sistemas complexos: teoria, aplicações e perspectivas para usos múltiplos. Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais*. Botucatu: FAPESP, 22-38.

Tundisi, J. G., & Tundisi, T. M. (2008). *Limnologia. Oficina de textos*.

Wetzel, R. G. (2003). *Limnology: lake and river ecosystems*. Gulf Professional Publishing.