

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS LONDRINA
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

ELTON LUIZ TSUCHIDA

**DIAGNÓSTICO LIMNOLÓGICO PRELIMINAR E DO PROCESSO DE ASSOREAMENTO DO
RESERVATÓRIO DO PARQUE MUNICIPAL ARTHUR THOMAS (LONDRINA-PR)**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

LONDRINA
2017

ELTON LUIZ TSUCHIDA

**DIAGNÓSTICO LIMNOLÓGICO PRELIMINAR E DO PROCESSO DE ASSOREAMENTO DO
RESERVATÓRIO DO PARQUE MUNICIPAL ARTHUR THOMAS (LONDRINA-PR)**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à disciplina do Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso Superior de Engenharia Ambiental, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Edson Fontes de Oliveira.

LONDRINA

2017



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Londrina
Coordenação de Engenharia Ambiental



TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Monografia

DIAGNÓSTICO LIMNOLÓGICO PRELIMINAR E DO PROCESSO DE ASSOREAMENTO NO RESERVATÓRIO DO PARQUE MUNICIPAL ARTHUR THOMAS (LONDRINA-PR)

por

ELTON LUIZ TSUCHIDA

Monografia apresentada no dia 14 de dezembro de 2017 ao Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho

_____ (aprovado, aprovado com restrições ou reprovado).

Prof. Dr. Mauricio Moreira dos Santos
(UTFPR)

Prof. Dr. Ajadir Fazolo
(UTFPR)

Prof. Dr. Edson Fontes de Oliveira
(UTFPR)
Orientador

Profª. Dra. Edilaine Regina Pereira
Responsável pelo TCC do Curso de Eng. Ambiental

AGRADECIMENTOS

Antes de tudo, agradeço à Deus por me guiar nessa caminhada, me dando força, dedicação e persistência nas horas mais difíceis.

Minha admiração e meu agradecimento ao Prof. Dr. Edson Fontes de Oliveira pelo apoio incondicional à orientação, dedicação e paciência para a elaboração do trabalho, sendo uma honra ser seu orientando.

À minha família, pais e irmãos pela confiança e apoio em todas as decisões tomadas em toda minha vida. O amor, carinho e compreensão me fortaleceu para vencer todas as dificuldades, mesmo estando distante.

Aos amigos Rafael Koyashiki, Fernando Moreira e Renato Ioshimura pela ajuda e dedicação nos trabalhos em campo.

Agradeço ao Diretor Operacional do Parque Marcus Vinícius Tersariol pelo apoio e disposição do espaço e do barco para as atividades no lago.

Ao Prof. Dr. Mauricio Moreira dos Santos e ao Prof. Ajadir Fazolo a se dispuserem à banca e ao enriquecimento do trabalho.

Agradeço a Universidade Tecnológica Federal do Paraná pela formação acadêmica adquirida ao longo dos anos da graduação e sou eternamente grato a todos os professores do curso de Engenharia Ambiental pela dedicação e conhecimento passados em sala de aula e em campo.

RESUMO

TSUCHIDA, E. L. Diagnóstico limnológico preliminar e do processo de assoreamento do reservatório do Parque Municipal Arthur Thomas (Londrina-PR). 83 f. 2017. Trabalho de Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2017.

O processo assoreamento é um dos problemas que tem afetado os lagos. Apesar desse processo ser originado por causas naturais, como ventos e chuvas fortes, sua ocorrência tem sido mais frequente, sobretudo a partir da ação do homem, que tem gerado o desmatamento da cobertura vegetal, impermeabilização dos solos, descargas de galerias pluviais sem os devidos cuidados e o acúmulo de lixo, entulhos e detritos no leito do lago. Sua consequência tem gerado inúmeras alterações em sua estrutura, desde a redução da disponibilidade da água até a perda da diversidade biológica. O presente trabalho traz uma investigação do processo de assoreamento no lago do Parque Municipal Arthur Thomas. Durante as atividades foram realizados determinados experimentos in loco, como um levantamento batimétrico, sondagem da camada sedimentar abaixo da coluna da água e análise limnológica da água seguindo alguns parâmetros estipulados pela Resolução do CONAMA 357/2005. O lago foi dividido em 14 transectos lineares espaçados em aproximadamente 35 metros de um para outro, e para cada transecto foram demarcados pontos para a coleta de dados, totalizando um total de 56 pontos. Os resultados obtidos nos dias 7 e 14 de maio de 2017 constataram o grau de assoreamento do lago, e foram compreendidas que as áreas de menores cotas de profundidades estavam localizadas as proximidades das tubulações de descargas pluviais ao norte do lago e o maior volume de sedimento acumulado apresentavam-se tanto ao norte como na área central do lago. Em termos gerais, pode-se concluir que o lago está de fato num processo avançado de assoreamento, com camadas sedimentares acumuladas em seu leito muito superiores a coluna da água. Em contrapartida, a progressão do assoreamento não interferiu significativamente na qualidade da água para os parâmetros analisados. Com relação aos objetivos propostos e os resultados obtidos nos trabalhos realizados em campo, entende-se a necessita de medidas de recuperação ambiental no âmbito de reverter e minimizar a condição assoreada.

Palavras-chave: Assoreamento, levantamento batimétrico, sondagem a barra mina e qualidade da água

ABSTRACT

TSUCHIDA, E. L. Preliminary limnological diagnosis and of the process of silting of the reservoir of Arthur Thomas (Londrina-PR). 83 f. 2017. Graduation work in Environmental Engineering, Technological Federal University of Paraná, Londrina, 2017.

The silting process is one of the problems that has affected the lakes. Although this process is caused by natural causes, such as high winds and heavy rains, its occurrence has been more frequent, especially from the action of man, which has generated deforestation of the vegetation cover, waterproofing of the soils, discharges of rain gutters without due care and the accumulation of garbage, debris and debris in the lake bed. Its consequence has generated innumerable changes in its structure, from the reduction of water availability to the loss of biological diversity. The present work brings an investigation of the silting process in the lake of the Arthur Thomas Municipal Park. During the activities, certain in situ experiments were carried out, such as a bathymetric collection, sediment layer collection below the water column and limnological analysis of the water following some parameters stipulated by CONAMA Resolution 357/2005. The lake was divided into 14 linear transects spaced approximately 35 meters from each other, and for each transect data collection points were demarcated, totaling a total of 56 points. The results obtained on May 7 and 14, 2017 verified the degree of sedimentation of the lake, and it was understood that the areas with the lowest depths were located near the pluvial discharge pipes to the north of the lake and the largest volume of sediment accumulated as much to the north as in the central area of the lake. In general terms, it can be concluded that the lake is in fact an advanced sedimentation process, with sedimentary layers accumulated in its bed much higher than the water column. On the other hand, the sedimentation progression did not significantly interfere in the water quality for the analyzed parameters. In relation to the proposed objectives and the results obtained in the works carried out in the field, it is understood that environmental recovery measures are needed in order to reverse and minimize the silenced condition.

Keywords: Siltation, bathymetric collection, mine bar collection and water quality.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: MAPA HIDROGRÁFICO DO PARQUE MUNICIPAL ARTHUR THOMAS...	18
FIGURA 2: MAPA DA DECLIVIDADE DO PARQUE MUNICIPAL ARTHUR THOMAS.	20
FIGURA 3: RESERVATÓRIO ARTIFICIAL DO PARQUE MUNICIPAL ARTHUR THOMAS.	27
FIGURA 4: DISTRIBUIÇÃO DE TRANSECTOS E PONTOS PARA A COLETA DE DADOS DO RESERVATÓRIO DO PARQUE MUNICIPAL ARTHUR, LONDRINA.....	28
FIGURA 5: ORIENTAÇÃO DOS TRANSECTOS PELA CORDA.	29
FIGURA 6 DISTRIBUIÇÃO DOS PONTOS NO PRIMEIRO TRECHO DO LAGO.	30
FIGURA 7 : DISTRIBUIÇÃO DOS PONTOS NO SEGUNDO TRECHO DO LAGO.....	31
FIGURA 8: ILUSTRAÇÃO DO ESQUEMA DA SONDAÇÃO À BARRA MINA.	32
FIGURA 9: MEDIÇÃO DA ESPESSURA DO SEDIMENTO PELA SONDAÇÃO À BARRA MINA.	33
FIGURA 10: FOTO DA GARRAFA DE VAN DORN USADA NA COLETA DA ÁGUA. ...	35
FIGURA 11: FOTO DA DEFINIÇÃO DE UM DOS TRANSECTO SOBRE A MICRO ILHA PRÓXIMA ÀS MARGENS.....	35
FIGURA 12: FOTO DO POSICIONAMENTO DAS TUBULAÇÃO A, TUBULAÇÃO B, TUBULAÇÃO C E TUBULAÇÃO D LOCALIZADAS NO RESERVATÓRIO DO PARQUE MUNICIPAL ARTHUR THOMAS.....	36
FIGURA 13: (A) BLOCO DE ISOPOR; (B) BARRIL METÁLICO; (C) EMBALAGENS E GARRAFAS PLÁSTICAS.	37
FIGURA 14: EXEMPLOS DE DIFERENTES PROCESSOS EROSIVOS NAS MARGENS DO RESERVATÓRIO DO PARQUE MUNICIPAL ARTHUR THOMAS (A, B E C).	38
FIGURA 15: DADOS PLUVIOMÉTRICOS RETIRADOS DO INSTITUTO AGRÔNOMICO DO PARANÁ – IAPAR (2017).	39
FIGURA 16: PERFIL DOS TRANSECTOS DA CAMADA VERTICAL DE CADA TRECHO	40
FIGURA 17: GRÁFICOS DA ESPESSURA DO SEDIMENTO COM A PROFUNDIDADE DA ÁGUA PARA CADA TRANSECTO.....	41
FIGURA 18: IMAGENS LATERAIS DA MICRO ILHA AO NORTE DO LAGO.	43
FIGURA 19: HISTÓRICO DE IMAGENS DE SATÉLITE DA MICRO ILHA AO NORTE DO LAGO.....	43
FIGURA 20: ESTRADA DE ACESSO AO LAGO INDICADA PELO CIRCULO AMARELO.....	45

FIGURA 21: MAPA DA ESPESSURA DO SEDIMENTO ABAIXO DA COLUNA DA ÁGUA.....	46
FIGURA 22: COMPARAÇÃO DA TEMPERATURA SUPERFICIAL (°C) COM A TEMPERATURA DO FUNDO DA COLUNA DA ÁGUA (°C) DE UM MESMO PONTO.	48
FIGURA 23: COMPORTAMENTO DA TEMPERATURA (°C) EM DIFERENTES HORÁRIOS DO DIA 7 DE MAIO DE 2017.....	49
FIGURA 24: COMPORTAMENTO DA TEMPERATURA (°C) EM DIFERENTES HORÁRIOS DO DIA 14 DE MAIO DE 2017.....	49
FIGURA 25: RELAÇÃO DA TEMPERATURA DA ÁGUA (°C) COM A PROFUNDIDADE DA COLUNA DA ÁGUA (M) ENTRE OS PONTOS P1 À P27.....	50
FIGURA 26: RELAÇÃO DA TEMPERATURA DA ÁGUA (°C) COM A PROFUNDIDADE COLUNA DA ÁGUA (M) ENTRE OS PONTOS P28 À P56.....	50
FIGURA 27: PH MÉDIO DOS TRANSECTOS.....	52
FIGURA 28: DADOS COMPARATIVO DA TURBIDEZ (NTU) DO FUNDO E SUPERFÍCIE DOS PONTOS SUPERIORES A UM METRO.....	53
FIGURA 29: DADOS REFERENTES À CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (MS.CM ⁻¹).	54
FIGURA 30: DADOS COMPARATIVOS DA TRANSPARÊNCIA (M) COM PROFUNDIDADE (M) ENTRE OS PONTOS P1 À P27.....	56
FIGURA 31: DADOS COMPARATIVOS DA TRANSPARÊNCIA (M) COM PROFUNDIDADE (M) ENTRE OS PONTOS P28 À P56.....	56
FIGURA 32: COMPONENTES DA DRAGAGEM HIDRÁULICA	58
FIGURA 33: LOCAIS DA APLICAÇÃO DO MÉTODO DE DRAGAGEM MECÂNICA NO LAGO.	59
FIGURA 34: COMPONENTES DA DRAGAGEM MECÂNICA	60
FIGURA 35: RESSUSPENSÃO DAS PARTÍCULAS SÓLIDAS APÓS O DISTÚRBO DA POLPA SEDIMENTAR.....	60
FIGURA 36: EROSÃO OCASIONADA PELA SOBRECARGA DO SOLO	62

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E ACRÔNIMOS

Art.	Artigo
APP	Área de preservação Permanente
C°	Graus Celsius
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONSEMMA	Conselho Municipal Do Meio Ambiente
ETP	Evapotranspiração
ICMS	Imposto sobre circulação de mercadorias e serviços
UC	Unidade de conservação
ha	Hectare
IAPAR	Instituto Agrônômico do Par
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
GPS	Sistema de posicionamento global
NTU	Nefelometric Turbidity Unit
ONU	Organização das Nações Unidas
OMS	Organização Mundial da Saúde
PIB	Produto Interno Bruto
PVC	Policloreto de Polivinila
SNUC	Sistema Nacional de Unidade de Conservação
t	Tempo (min)
tmáx	Temperatura máxima
tmed	Temperatura media
tmin	Temperatura mínima
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
U.R.M	Umidade relativa media

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 OBJETIVOS.....	14
2.1 Objetivo Geral	14
2.2 Objetivos Específicos	14
3. REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1 Caracterização da área e sua história.....	15
3.2 Unidade de Conservação	15
3.3 Hidrografia.....	16
3.4 Caracterização climática	18
3.5 Solo	19
3.6 Relevo	20
3.7 Vegetação	21
3.8 Fauna	22
3.9 Impactos Ambientais na área de estudo	22
3.10 Qualidade da água	23
3.11 Erosão.....	25
3.12 Assoreamento	26
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	27
4.1 Área de estudo	27
4.3 Análises realizada em campo.....	28
4.3.1 Batimetria.....	28
4.3.2 Sondagem a barra mina.....	32
4.3.3 Parâmetros limnológicos.....	33
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
5.1 Análise preliminar dos problemas ambientais visualizadas no local.	36
5.2 Parâmetros Físicos e Químicos	47

5.2.1 Temperatura da água.....	47
5.2.2 pH.....	51
5.2.3 Turbidez.....	52
5.2.4 Condutividade elétrica.....	54
5.2.5 Transparência da água	55
5.3 Propostas de medidas corretivas para a recuperação do reservatório.	57
5.3.1 <i>Método de dragagem do lago</i>	57
5.3.2 <i>Medidas Mitigadoras</i>	61
6 CONCLUSÃO	64
REFERÊNCIAS	66
APÊNDICES.....	72

1 INTRODUÇÃO

O assoreamento tem sido um dos principais problemas que tem afetado a morfologia e a estrutura dos ecossistemas aquáticos. Originalmente, era considerado um processo natural, mas devido às atividades antrópicas, sua ocorrência tem sido mais frequente, sobretudo a partir da erosão gerada pelo desmatamento da cobertura vegetal às margens de corpos hídricos. Além da erosão, outros fatores podem acarretar no acúmulo de sedimentos no fundo de lagos, como a intensidade e frequência de chuvas, tipo de solo e formação geológica, vegetação, o uso do solo, a topografia e as características sedimentares, dentre outros (CARVALHO et al., 2000).

Durante anos, o crescimento desenfreado de áreas urbana tem acarretado o aumento da produção de sedimentos nas bacias hidrográficas. As principais causas estão associadas às construções, como a pavimentação de ruas, calçadas e rodovias e a limpeza dos terrenos para loteamento (TUCCI, 1997). O acúmulo de sedimentos em áreas urbanas, surge na maior parte das vezes, de propriedades particulares, porém quando esses sedimentos atingem o leito do rio ou canal principal, os problemas assumem um caráter público (GUY 1967).

Segundo Carvalho et al. (2000), os estudos relacionados ao assoreamento apresentam diversas vertentes, tratando de abordagens aplicadas às várias fases do processo. Cabe ressaltar que quanto maiores forem os problemas de assoreamento e erosão em um corpo hídrico, maior tende a ser o detalhamento dos estudos aplicados.

O presente trabalho traz uma investigação dos problemas ambientais no reservatório do Parque Municipal Arthur Thomas (Londrina-PR). Diante das atuais condições, o reservatório apresenta um estágio avançado de assoreamento. Formações de micro ilhas sedimentares e a sua profundidade rasa gera preocupação de ambientalistas e do poder público. Para concretização deste trabalho, foram realizadas algumas atividades em campo, como levantamento batimétrico, sondagem à barra mina e a análise da qualidade da água. As análises físico e químicas da água ajudaram a abrir um leque de interpretações quanto ao acúmulo de sedimentos no reservatório. A partir dos resultados obtidos, foi possível compreender as dimensões dos problemas

apresentados pelo Parque, e assim, elaborar propostas para a recuperação e minimização dos impactos ambientais.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho foi realizar um diagnóstico limnológico preliminar do reservatório do Parque Municipal Arthur Thomas.

2.2 Objetivos Específicos

- Levantamento batimétrico no reservatório do Parque Arthur Thomas.
- Realização da sondagem à Barra Mina do sedimento depositado no fundo do reservatório.
- Desenvolvimento de um mapa com as curvas da espessura do depositado no fundo do reservatório.
- Análise limnológica da água do reservatório, a partir de parâmetros (físicos e químico) relevantes para o estudo do assoreamento e a da deposição da camada sedimentar.
- Elaboração de um protocolo de métodos de recuperação e mitigação ambiental para o reservatório estudado.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Caracterização da área e sua história

A área de estudo está localizada no Município de Londrina, dentro do Parque Municipal Arthur Thomas. O nome do Parque se deu por conta do fundador e desbravador da Cidade de Londrina, Arthur Hugh Miller Thomas. A barragem do Parque surgiu no final da década de 30, pela atuação da Companhia de Terras Norte do Paraná, quando foi implementada a primeira usina Hidrelétrica do Município, a Usina Cambé ou também conhecida como Usina Cambezinho. Ao longo de 28 anos a usina se manteve em funcionamento e abastecia a metade da cidade de Londrina. (LONDRINA, 2017)

Em 17 de setembro de 1975 foi criado o Parque Municipal Arthur Thomas, através da Lei Municipal nº 2.564, que sancionou uma área de 61,72 ha destinada à implantação de uma área de lazer, e que, cabe ao município a responsabilidade de preservar ecologicamente. Com o passar dos anos, o Parque adquiriu uma importância enorme no contexto do Município. Viabilizou a proteção da flora e fauna nativa, de rios e córregos na região e incentivou ao desenvolvimento de estudos e pesquisas científicas. (LONDRINA, 2017).

Em 26 de abril de 1994, o município de Londrina, encaminhou ao Instituto Ambiental do Paraná (IAP) um parecer, solicitando o cadastramento do Parque Arthur Thomas como unidade de conservação municipal, para fins de recebimento do ICMS Ecológico. Atualmente o Parque está sob a administração da Secretaria Municipal do Ambiente (SEMA), a qual se encontra instalada dentro do Parque, assim, como a Secretaria Municipal de Agricultura e Abastecimento. (LONDRINA, 2017)

3.2 Unidade de Conservação

O Parque Municipal Arthur Thomas está enquadrado na categoria de Unidade de Conservação (UC). O Parque tem como objetivo resguardar o ecossistema de importância ecológica e beleza visual existentes ao seu entorno. Por lei, suas áreas são públicas e, portanto, propriedades privadas que estão em seus limites, obrigatoriamente,

devem ser desocupadas, ou repassadas para o Estado, por outra forma prevista na Lei. O Parque é aberto ao público e às pesquisas desenvolvidas dentro da UC devem ter autorização, estando sujeitas as restrições previstas pelo regulamento.

A Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, estabeleceu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC, conceituando de forma minuciosa, aspectos e temas relativos às Unidades de Conservação.

O art. 2º desta Lei, no inciso I, apresenta o conceito de Unidade de Conservação:

I - Unidade de conservação: espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção. (BRASIL,2000)

De acordo com o Art. 7º, as Unidades de Conservação são definidas em dois grupos: Unidades de Proteção Integral (inc. I) e Unidades de Uso Sustentável. O Parque está classificado entre as Unidades de Conservação de Proteção Integral, pelo Art. 8º. O Art. 11 explicita as principais características desta categoria, deixando claro o § 4º deste artigo:

§ 4º As unidades dessa categoria, quando criadas pelo Estado ou Município, serão denominadas, respectivamente, Parque Estadual e Parque Natural Municipal. (BRASIL, 2000)

3.3 Hidrografia

De acordo com Paraná (1996), a demanda para o uso da água na Região Hidrográfica do Paraná representa quase um terço da demanda nacional, porém sua disponibilidade hídrica não passa dos 7% de todo território brasileiro. Apesar dessa região apresentar pontos de escassez como de conflitos entre o uso múltiplos de água, ela detém 40 % do PIB brasileiro. Possui o maior e o mais diversificado parque industrial nacional, tendo em destaque as atividades agropecuárias que por sua vez possui um vínculo direto com os usos da água e seus impactos ambientais.

Estado do Paraná possui duas bacias hidrográficas, a do rio Paraná e do Atlântico. A Bacia do Paraná é a maior delas, sendo ocupado por 80% do território paranaense. O

município de Londrina conta com um bom sistema de drenagem, composta pelos pavimentos das ruas, guias, sarjeta, boca de lobos e rede de galerias de águas pluviais porém as áreas ribeirinhas, utilizados pelo rio em períodos de chuva tem cada vez mais sido ocupados pela população para construções e aterros, o que tem reduzido a capacidade de escoamento. A ocupação destas áreas gera prejuízos quando o rio inunda seu leito maior. (PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO, 2008). O Município de Londrina conta com nove bacias hidrográficas, todas desaguadas no rio Tibagi sendo este o principal curso hídrico da região. (PLANO DE MANEJO DO PARQUE MUNICIPAL ARTHUR THOMAS, 2007).

O ribeirão Cambé tem como seu percurso a passagem dentro Parque Municipal Arthur Thomas (Figura 1). que por sua vez é englobado pela bacia do rio Tibagi. Infelizmente, a bacia do ribeirão Cambé, está sujeito a impactos ambientais assim como a maioria dos rios de que pertencem a bacia do rio Tibagi. A intervenção do homem tem gerado diversas controvérsias para a preservação da bacia, visto que as zonas mais afetadas estão relacionadas ao manejo inadequado do solo, a redução da mata ciliar, o desmatamento de grandes proporções, despejo de lixos e o uso intensificado de agrotóxicos em áreas de lavouras e pastagens. (PLANO DE MANEJO DO PARQUE MUNICIPAL ARTHUR THOMAS, 2007). De acordo com Rocha (1995), o ribeirão Cambé possui uma área de aproximadamente 75 km² e um trajeto de 36 km aproximadamente, tendo suas nascentes no perímetro urbano. Segundo Silva (1994), a bacia vem sendo incorporada ao espaço urbano sendo utilizados de distintos propósitos, tais como: para a geração de energia pela primeira usina hidrelétrica de Londrina e para criação de Lagos Artificiais, como os Lagos Igapó I, II e III.

De acordo com Monteiro (1963) na Região Sul brasileira atuam três massas de ar da vertente atlântica da América do Sul. Sendo que a massa Equatorial Atlântica ocorre de forma mais direta no verão e a massa Tropical atlântica, enquanto a massa Polar Atlântica atua durante o ano inteiro. Para Cabrera (2013), a grande porcentagem de umidade que é transportada até o Estado do Paraná é oriunda da região Amazônica. A umidade em forma de vapor é transportada percorrendo todo o interior do continente, fenômeno conhecido como águas voadoras.

A temperatura média do mês mais quente é, geralmente, superior a 25,5° C e a do mês mais frio, inferior a 16,4°C (LONDRINA, 2017). Segundo a Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) (1994 apud Sordi, 2010), a insolação máxima, em qualquer ponto do Paraná, é de aproximadamente 4.400 horas por ano. Entretanto, o valor é dificilmente atingido devido a presença de nuvens e barreiras de relevo.

3.5 Solo

Estudos e levantamentos realizados pela Londrina (2017) constatou que o solo da região (Figura 2) é de origem basáltica, no entanto, o tipo de solo pode mudar dependendo de uma topografia plana ou mais acidentada.

Na porção Central e Norte do Município de Londrina são encontrados os tipos de solos: Latossolo Vermelho eutrófico e distrófico e Nitossolo Vermelho eutrófico. Estas duas regiões possuem características de topografia suave ondulada. Em regiões próximas aos córregos e leitos de rios, onde os relevos possuem características de maior inclinação, encontram-se associações entre Nitossolo Vermelho, Chernossolo Argilúvico e Neossolo Litólico eutrófico. Ao sul do Município, são encontradas características topográficas mais acidentadas, sendo mais férteis, porém suscetíveis a erosão, cujos solos são definidos a partir das seguintes classes: Nitossolo Vermelho eutrófico e distrófico, Latossolo Vermelho eutrófico, distrófico e alumínio, Acrissolo Vermelho-amarelo alumínico, Planossolos, Nitossolo Vermelho eutrófico mais Chernossolo Argilúvico mais Neossolo Litólico eutrófico (LONDRINA, 2017).

O melhor solo de Londrina - PR e um dos mais férteis do mundo está na região setentrional do município, que se caracteriza por uma topografia mais plana. Aí,

predominam os solos Terra Roxa Estruturada Eutrófica, Latossolo Roxo Eutrófico e, em menor quantidade, o Brunizen Vermelho e o Litólico Eutrófico. Aos primeiros, só se comparam os famosos Chernozem (solos negros) da Ucrânia. (LONDRINA, 2017).

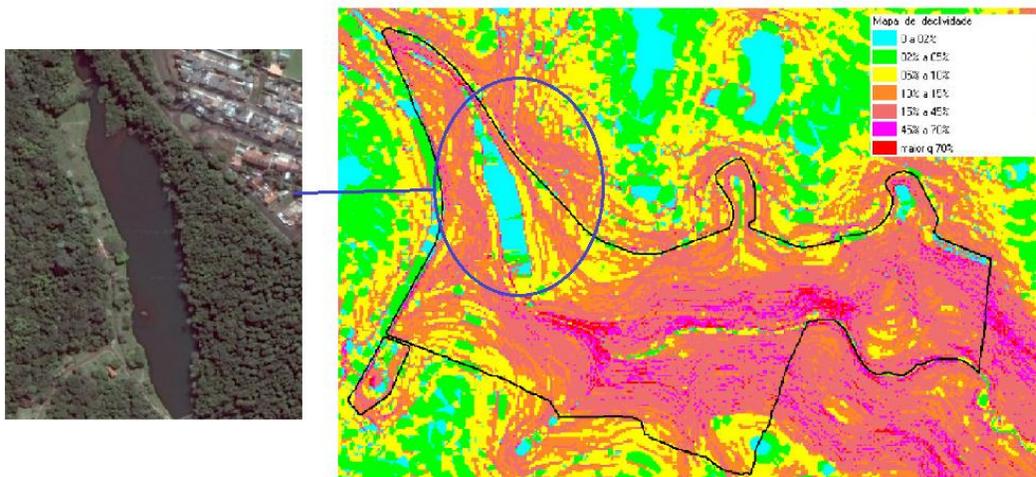
3.6 Relevo

O município de Londrina se encontra na unidade morfoescultural do Terceiro Planalto Paranaense. Grande parte do município apresenta um relevo com dissecação média, topos alongados, vertentes convexas e vales em “V” (PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO, 2008).

A cidade teve um crescente desenvolvimento urbano ao norte, leste e noroeste, apresentando um relevo suave e ondulado e vertente de pequena inclinação. Entretanto, ao sul o relevo apresenta inclinações que variam em 30% a 45% de declividade (PLANO DE MANEJO DO PARQUE MUNICIPAL ARTHUR THOMAS, 2007).

Conforme o mapa de declividade do Parque (Figura 2), as proximidades do lago apresentam declividade que não ultrapassam 20% nas margens à esquerda. Em contrapartida, nas margens à direita, a declividade apresenta-se ligeiramente acentuada, estando próximas a 30% (PLANO DE MANEJO DO PARQUE MUNICIPAL ARTHUR THOMAS, 2007)

Figura 2: Mapa da Declividade do Parque Municipal Arthur Thomas.



Fonte: (Plano de Manejo do Parque Municipal Arthur Thomas, 2007)

3.7 Vegetação

O Estado do Paraná é representado dentro de seu território por uma vasta variedade fitogeográfica que ocorre no país. Antes da intervenção humana, um pouco mais de 80% eram preenchidos por florestas e os demais restantes eram ocupados por campos e cerrados, completados por vegetação pioneira de restingas, mangues, várzeas, e pela vegetação herbácea do alto das montanhas (MAACK, 1968).

O Estado do Paraná é caracterizada por uma gama vegetativa notável, cujos diferentes espécies herbáceas e arbustivas são formadas a partir das peculiaridades climáticas, pedológicas e geomorfológicas. Porém, com a intensa atividade antrópica do final do século XIX, a cobertura vegetativa passou a mudar drasticamente, resultando atualmente em menos de 9% da situação original em bom estado de conservação (RODERJAN et al., 2002).

Conforme Roderjan et al. (2002), as Florestas Estacionais Semidecíduais pertencentes ao Bioma da Mata Atlântica do interior são encontradas nas regiões norte e oeste do Estado do Paraná em altitudes abaixo dos 800 metros. São condicionadas a um período de baixa precipitação e com eventuais geadas quando 20 a 50% das árvores do dossel da floresta perdem suas folhas, alterando significativamente a fisionomia vegetal. De acordo com Myers et al. (2000), o Bioma Mata Atlântica é considerado um dos mais importantes centros de diversidade e endemismos florísticos e faunísticos, sendo comparado até mesmo com o valor biológico da região Amazônica.

Segundo Dobilaina (1992), os primeiros estudos florísticos no Município de Londrina foram efetuados nos fragmentos remanescentes do Parque Municipal Arthur Thomas, onde foram identificados 73 famílias e 335 espécies de diversos habitats, sendo identificadas como: 69 herbáceas (20,72%), 80 arbustivas (24,03%), 103 arbóreas (30,93%), 76 lianas (22,82%) e 5 epífitas (1,50%). De acordo com Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (IPARDES, 1993), os fragmentos remanescentes de Londrina dificilmente ultrapassam 100 ha de área, somando apenas 2 a 4% da cobertura original.

3.8 Fauna

No Brasil, dificilmente o ritmo dos estudos ambientais é acompanhado pela propagação desenfreada dos impactos ambientais. Levantamentos detalhados dos organismos para o desenvolvimento de pesquisas e estudos são muitas vezes limitados pela escassez de recursos financeiros, ou quando feitos em áreas de proteção ambiental (GALVES et. al, 2007).

De acordo com Castro (1999), os estudos ecológicos em ambientes aquáticos de pequeno e médio porte eram escassos, o que pode ser observado, pelo desconhecimento da composição da fauna. Informações mais precisas e sistemáticas diante da fauna da região do Paraná surgiram somente no final dos anos 70. As pesquisas pioneiras, apesar de modestas e parciais, foram bem promissoras mesmo quando comparadas ao potencial faunístico da região paranaense (PLANO DE AÇÃO E ESTRATÉGIAS PARA A BIODIVERSIDADE DE TOLEDO, 2016). A região Norte do Paraná, ao longo de suas últimas quatro décadas, sofreu intensos processos de colonização e ocupação do solo pela agricultura extensiva. Nesse período, percorreu uma série de conjecturas desfavoráveis ao desenvolvimento de pesquisas sobre sua biota, em especial no que diz respeito ao conhecimento das relações ecológicas que permitissem a conservação das espécies e do ecossistema (PLANO DE MANEJO DO PARQUE MUNICIPAL ARTHUR THOMAS, 2007).

Assim como a grande maioria dos Parques Urbanos, o Parque Municipal Arthur Thomas carece de interesse de pesquisas e trabalhos, visto que a diversidade biológica é afetada pela atividade humana. A caça e pesca proibidas, emissão de poluentes em cursos d'água e a introdução de espécies exóticas com finalidade de gerar aspectos estéticos aos visitantes são exemplos da atividades antrópicas que têm alterado a biodiversidade original (MURPHY, 1997).

3.9 Impactos Ambientais na área de estudo

Um impacto ambiental pode ser definido como uma mudança na qualidade ambiental, ou seja, a diferença entre a qualidade do ambiente na presença e na ausência

do impacto ambiental. Um dos grandes obstáculos encontrados nas regiões hidrográficas é a descarga de cargas poluidoras. Desde despejos de dejetos domésticos e industriais, assim como fluidos de postos de combustíveis, veículos automotivos, sistemas de saneamento *in situ*, cargas difusas, incluindo o uso de produtos agroquímicos fertilizantes (CADERNO HIDROGRAFICO DO PARANÁ, 2006). Outro ponto impactante a salientar é a construção de uma usina hidrelétrica. Assim como qualquer obra realizada pelo homem, gera impactos ao meio ambiente, podendo ser de uma escala maior ou menor dependendo do tamanho do empreendimento (FERRETE et. al., 2004).

O Ribeirão Cambé pode ser considerado como o principal corpo hídrico da região urbana de Londrina. O Ribeirão corta praticamente toda a área urbana dos Municípios de Londrina e Cambé, e nessa última está localizada sua nascente. Ao longo do trajeto ele atravessa áreas de alta concentração populacional como também áreas com condomínios horizontais fechados. Em consequência da crescente ocupação da cidade de Londrina, o ribeirão Cambé tem sido foco diversos tipos de atuação antrópica na área urbana, sendo elas: lixo jogado as margens, lançamento de esgoto sanitário e industrial, águas residuais provenientes da lavagem de calçadas e veículos automotivos e, principalmente, a impermeabilização ocasionada pela estrutura física do Município em sua microbacia hidrológica que, por sua vez, arrastam todos os tipos de dejetos em sua margem em períodos de chuva (PLANO DE MANEJO DO PARQUE MUNICIPAL ARTHUR THOMAS, 2007). O carreamento de sedimentos e detritos Das margens reservatório do Parque Municipal Arthur Thomas é uma das preocupações para o agravamento do processo de assoreamento que reservatório vem sofrendo ao longo dos últimos anos.

3.10 Qualidade da água

De acordo com Leme (2010), a crosta terrestre é composta por 70% da massa líquida, sendo que 97,3% dessa porção está distribuída pelos oceanos em forma de água salgada, restando apenas 2,7% de água doce. Desse pequeno percentual apenas 0,35% são lagos e pântanos.

A água se renova na Terra através do ciclo hidrológico. O ciclo cumpre um papel fundamental para a distribuição da água pelo planeta nos aspectos sazonal, espacial e quantitativo (ODUM, 1988):

O ciclo hidrológico, ou ciclo da água, é o movimento contínuo da água presente nos oceanos, continentes (superfície, solo e rocha) e na atmosfera. Esse movimento é alimentado pela força da gravidade e pela energia do Sol, que provocam a evaporação das águas dos oceanos e dos continentes. Na atmosfera, forma as nuvens que, quando carregadas, provocam precipitações, na forma de chuva, granizo, orvalho e neve. (BRASIL, 2017)

Questões relacionadas às inundações de áreas urbanas e rurais, bem aquelas relacionadas ao comprometimento da qualidade da água nos rios em países em desenvolvimento, e mesmo em países desenvolvidos, são processos cada vez mais frequentes atualmente (TUCCI, 2005). A alteração na qualidade da água não só influencia na potabilidade, como interfere na permanência das comunidades bióticas, interferindo, dessa forma, na ocorrência e distribuição dos organismos aquáticos:

Entre as situações que causam degradação das áreas de mananciais, podem ser destacadas: ocupação desordenada do solo, em especial áreas vulneráveis como as APP; práticas inadequadas de uso do solo e da água; falta de infraestrutura de saneamento (precariedade nos sistemas de esgotamento sanitário, manejo de águas pluviais e resíduos sólidos); superexploração dos recursos hídricos; remoção da cobertura vegetal; erosão e assoreamento de rios e córregos; e atividades industriais que se desenvolvem descumprindo a legislação ambiental. (BRASIL, 2017)

Para Von Sperling (1996), os corpos hídricos são contaminados por materiais provenientes de atividades industriais, agrícolas e urbanas. Estes materiais podem ser caracterizados como metais pesados, esgoto doméstico, petróleo, fertilizantes, compostos sintéticos, dentre outros.

Segundo Trevisan (2010), a água tem um papel fundamental na natureza, sendo que ela pode ser caracterizada a partir de parâmetros físicos, químicos e biológicos e seu estado de degradação avaliado. No Brasil, um marco regulatório para as questões da classificação quanto à qualidade da água, foi determinado pela Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Essa norma atende à classificação das águas doces,

salobras e salinas essencial à defesa de seus níveis de qualidade, avaliados por parâmetros e indicadores específicos, de modo a assegurar seus usos preponderantes.

A Resolução CONAMA n° 357/05 dispõe:

Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. (CONAMA 357, 2005)

Art. 1° Esta Resolução dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

Art. 2° Para efeito desta Resolução, algumas definições são adotadas para a classificação dos corpos da água.

I - Águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰;
 II - Águas salobras: águas com salinidade superior a 0,5 ‰ e inferior a 30 ‰;
 III - Águas salinas: águas com salinidade igual ou superior a 30 ‰;
 IV - Ambiente lêntico: ambiente que se refere a água parada, com movimento lento ou estagnado;
 V - Ambiente lótico: ambiente relativo a águas continentais moventes;
 VII - carga poluidora: quantidade de determinado poluente transportado ou lançado em um corpo de água receptor, expressa em unidade de massa por tempo;
 IX - Classe de qualidade: conjunto de condições e padrões de qualidade de água necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais ou futuros;
 X - Classificação: qualificação das águas doces, salobras e salinas em função dos usos preponderantes (sistema de classes de qualidade) atuais e futuros;
 (CONAMA n° 357, 2005)

3.11 Erosão

De acordo com Laporte (1969), a principal fonte de transporte de sedimentos é a água. Quando a chuva atinge o solo é rapidamente absorvida pelo solo. Em pouco tempo as camadas superiores do solo se saturam e a água passa a percorrer a superfície, formando pequenos filetes que se agrupam e transportam o material inconsolidado para os sistemas aquáticos. McCaull et al. (1974) afirmam que, a água é um recurso essencial para moderar os efeitos de calor no ambiente. Os solos expostos liberam sólidos que são

transportados e passam a se depositar em bancos laterais e ilhas rasas. Essas áreas absorvem energia térmica, que acaba sendo liberada para o ambiente. Em rios, o calor é absorvido de forma direta e indiretamente pela água.

3.12 Assoreamento

Pode-se dizer que todos os cursos de água são responsáveis pelo transporte de sedimentos, podendo ser de grandes ou pequenas proporções. Eles são responsáveis pela redução dos leitos de rios e aumento do volume de reservatórios. Seus problemas refletem na vida útil dos rios e comprometem a navegação, irrigação, bem como influenciam a geração de energia elétrica (VENANCIO,2009). Tucci (1997) afirma que a qualidade da água em corpos hídricos depende de como são usados o solo e o grau de controle sobre as fontes poluidoras.

Segundo Roseboom (1993), se o carreamento dos sedimentos é menor que sua deposição, os sedimentos de granulometria mais fina passam a se assentar, formando um corpo de fundo. A precipitação dos sedimentos cobre o cascalho e interfere na vida local dos organismos, dificultando que os mesmos encontrem seus alimentos e possam utilizar a área como ponto de reprodução. Dessa forma, o processo de assoreamento tem grande influência na biodiversidade lacustre. Os recursos hídricos e os animais que vivem nele, e em seu entorno, sofrem com os impactos decorrentes do crescimento populacional humano, além da falta de medidas e programas específicos para monitoramento desses impactos (LORENZO, 2001).

De acordo com Oliveira et. al (2000), o assoreamento em sistemas hídricos é resultado final do processo de escoamento superficial das águas das chuvas que atingem os solos onde a vegetação foi duramente afetada por ações naturais como antrópicas. O volume constante de chuvas em áreas descobertas por vegetação provoca o carreamento dos sólidos responsáveis pela diminuição e da profundidade de rios e lagos.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

O Parque Municipal Arthur Thomas localiza-se na região Sul da cidade de Londrina entre 23° 15' e 23° 30' de Latitude Sul e 51° 15' e 51° 00' de Longitude Oeste. O Parque está situado dentro do perímetro urbano e com acesso da entrada pela rua Rua Natureza, perpendicular com a Avenida Dez de Dezembro. Atualmente o Parque está sobre a responsabilidade da Secretaria do Meio Ambiente do Município de Londrina.

A área de estudo em questão está localizada no interior do Parque, mais precisamente no Reservatório Artificial do Parque (Figura 3).

Figura 3: Reservatório artificial do Parque Municipal Arthur Thomas.



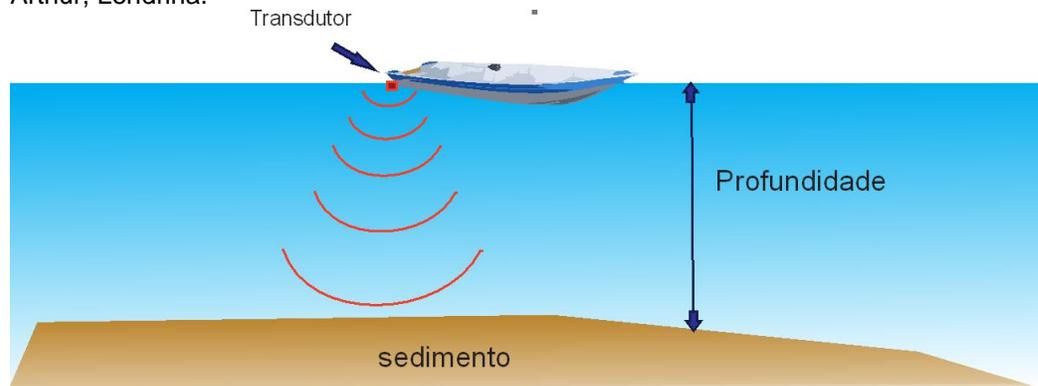
Fonte: Secretaria do Ambiente (SEMA) da Prefeitura Municipal de Londrina (2017)

4.3 Análises realizada em campo

4.3.1 Batimetria

Com o intuito de compreender a profundidade do reservatório, foi realizado um levantamento batimétrico. O resultado batimétrico mostra o perfil vertical da coluna da água até o fundo do lago. Para a análise batimétrica foi adaptado um sonar (Sonar Garmin Striker 4cv) em um barco pequeno sem motor (Figura 4), o qual tem a função de emitir ondas ultra-sonoras a qualquer aparato em seu raio de área, captando os seus ecos, e permitindo assim, verificar a posição deles, medindo o tempo entre a emissão do som e a recepção do seu eco. O transdutor do sonar foi acoplado na polpa a aproximadamente dez centímetros abaixo do nível da água. Com o objetivo de facilitar a demarcação dos pontos sobre os transectos, uma corda de diâmetro 3/8 (Figura 5) era amarrada nas extremidades das margens de forma que o barco não desviasse da rota.

Figura 4: Distribuição de transectos e pontos para a coleta de dados do reservatório do Parque Municipal Arthur, Londrina.



Fonte: Autoria própria (2017).

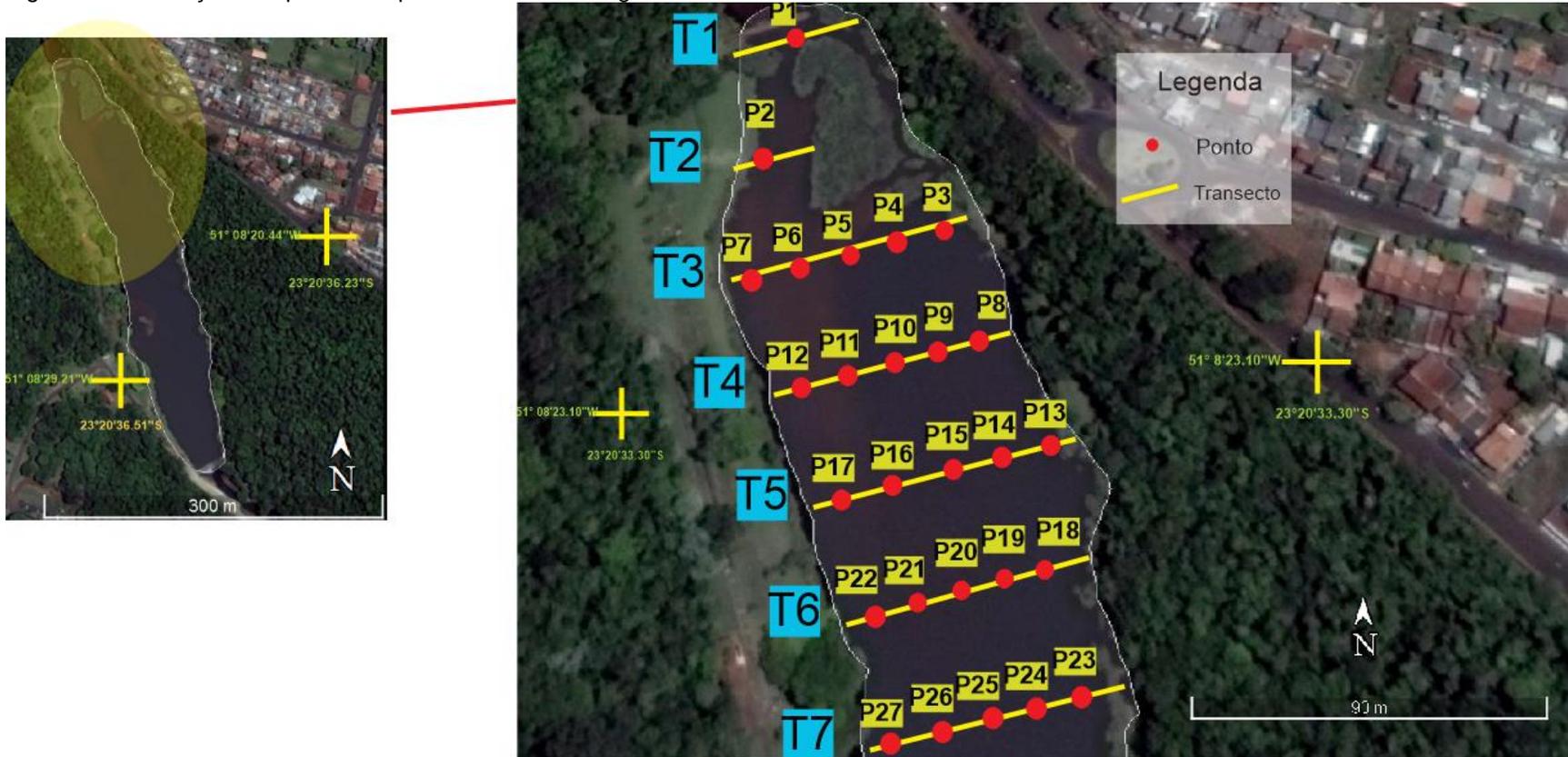
Figura 5: Orientação dos transectos pela corda.



Fonte: Autoria própria (2017).

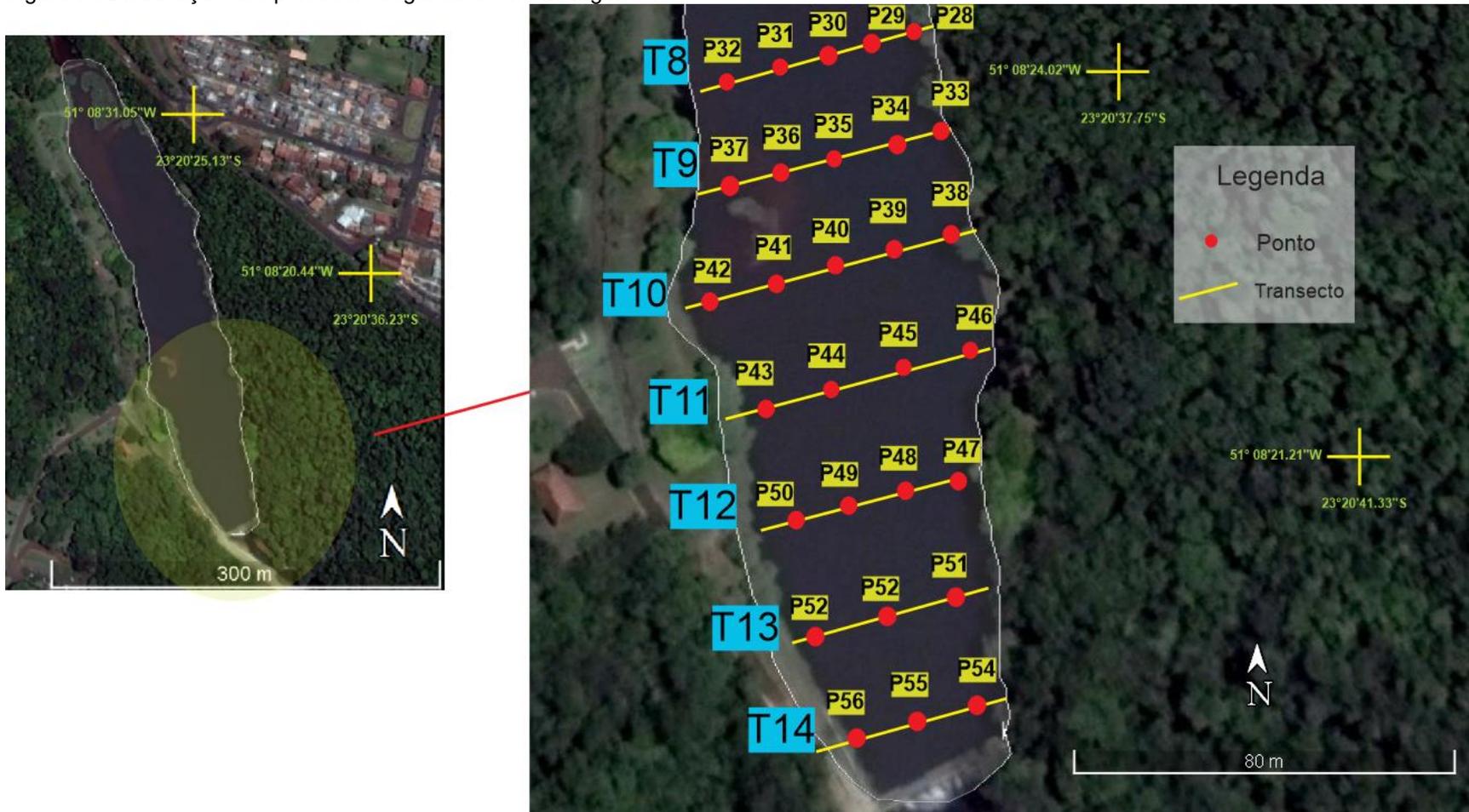
A análise batimétrica foi realizada a partir de 14 transectos equidistantes distribuídos ao longo do reservatório. Os pontos de coletas de dados foram determinados de acordo com o comprimento de cada transecto, com os transectos maiores apresentando maior número de pontos. Para cada transecto foi medido o comprimento da corda amarrada às margens, assim sendo possível dividir os pontos. Em cada ponto foram demarcadas as coordenadas geográficas com a utilização do Global Position System (GPS), a profundidade e espessura dos sedimentos para a armazenagem em um banco de dado e a confecção de um mapa amostral da espessura do sedimento. A definição dos pontos e dos transectos distribuídos ao longo do lago está representado nas Figura 6 e 7.

Figura 6 Distribuição dos pontos no primeiro trecho do lago.



Fonte: (Satélite Google Earth, 2017).

Figura 7 : Distribuição dos pontos no segundo trecho do lago.



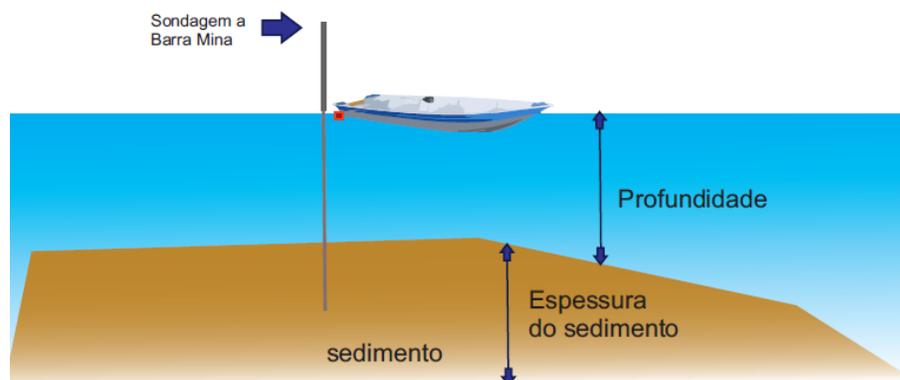
Fonte: (Satélite Google Earth, 2017).

Em razão do comprimento do lago ser de aproximadamente 460 metros da jusante a montante, foi estipulado o distanciamento de 35 metros entre os transectos. Em cada transecto, pontos equidistantes foram demarcados. Para cada ponto, foram coletados dados de profundidade da lâmina da água utilizando o sonar e a espessura do sedimento com a barra metálica rosqueada.

4.3.2 Sondagem a barra mina

A sondagem a barra mina consiste em perfurar o substrato sedimentar do reservatório, a fim de estimar sua espessura usando uma barra metálica (Figura 8). A medição da espessura do sedimento foi realizada com barras rosqueadas zincadas de três metros de comprimento conectadas a um tubo 3/8 de inox de dois metros. Em áreas com maiores camadas de sedimentos, barras de um metro foram fixadas com conectores rosqueados.

Figura 8: Ilustração do esquema da sondagem à barra mina.



Fonte: Autoria própria (2017).

Nesse procedimento foram perfurados pontos definidos ao longo dos transectos (Figura 9), O valor da altura do sedimento é calculado a partir do valor percorrido pela barra menos o valor batimétrico, ou seja, o valor medido pela barra menos a coluna da água.

Figura 9: Medição da espessura do sedimento pela sondagem à barra mina.



Fonte: Autoria própria (2017).

A mesma corda usada no transporte e orientação do barco foi usada também para prender o barco e mantê-lo estável na mesma posição, facilitando a perfuração dos pontos. Após a coleta de dados foi utilizado o software QGIS para a elaboração do mapa a partir da interpolação dos dados. Dessa forma, foi possível fazer uma representação do perfil da camada do sedimento no fundo do reservatório.

4.3.3 Parâmetros limnológicos

As coletas de dados foram realizadas nos mesmos pontos do levantamento batimétrico e da sondagem a barra mina, sendo estimados os valores de pH, temperatura, condutividade elétrica, turbidez, transparência e umidade relativa do ar. Os parâmetros e equipamentos (Tabela 1) utilizados para a realização da análise física e química da água *in loco* estão descritos na Tabela 1. Os dados gerados foram comparados com as normas da Resolução do CONAMA n° 357/2005.

Tabela 1 – Parâmetros analisados e equipamentos.

Parâmetro	Equipamento/Modelo
pH	pHmetro portátil mPA-210
Temperatura	Termômetro Eletrônico -
Turbidez	Turbidímetro portátil TB 1000P
Condutividade elétrica	Condutivímetro portátil CD-860
Umidade relativa do ar	Higrômetro
Transparência da água	Disco de Secchi

Fonte: Autoria própria (2017).

Frascos de plásticos serviram para coleta da água na superfície da lâmina d'água. Para pontos de profundidades igual ou superior a um metro de profundidade, foram coletadas duas amostras, sendo uma do fundo e outra na superfície da água. As coletas do fundo foram fundamentais para averiguar a existência de camadas estratificadas, visto que elas apresentam diferentes temperaturas, densidades e turbulências. Para as amostras do fundo da coluna da água utilizou-se a garrafa de Van Dorn (Figura 10), confeccionada de tubo de PVC. As coletas de dados com a garrafa antecederiam sempre as análises de sondagem à barra mina, dado que durante a sondagem o fundo era perturbado pela perfuração da barra, provocando a ressuspensão do material depositado no fundo. Um macacão impermeável foi usado para pontos em que o barco estivesse impossibilitado para a navegação (Figura 11). Alguns desses pontos estavam nas proximidades das ilhas, com profundidades inferiores a trinta centímetros.

Figura 10: Foto da Garrafa de Van Dorn usada na coleta da água.



Fonte: Autoria Própria (2016).

Figura 11: Foto da definição de um dos transecto sobre a micro ilha próxima às margens.



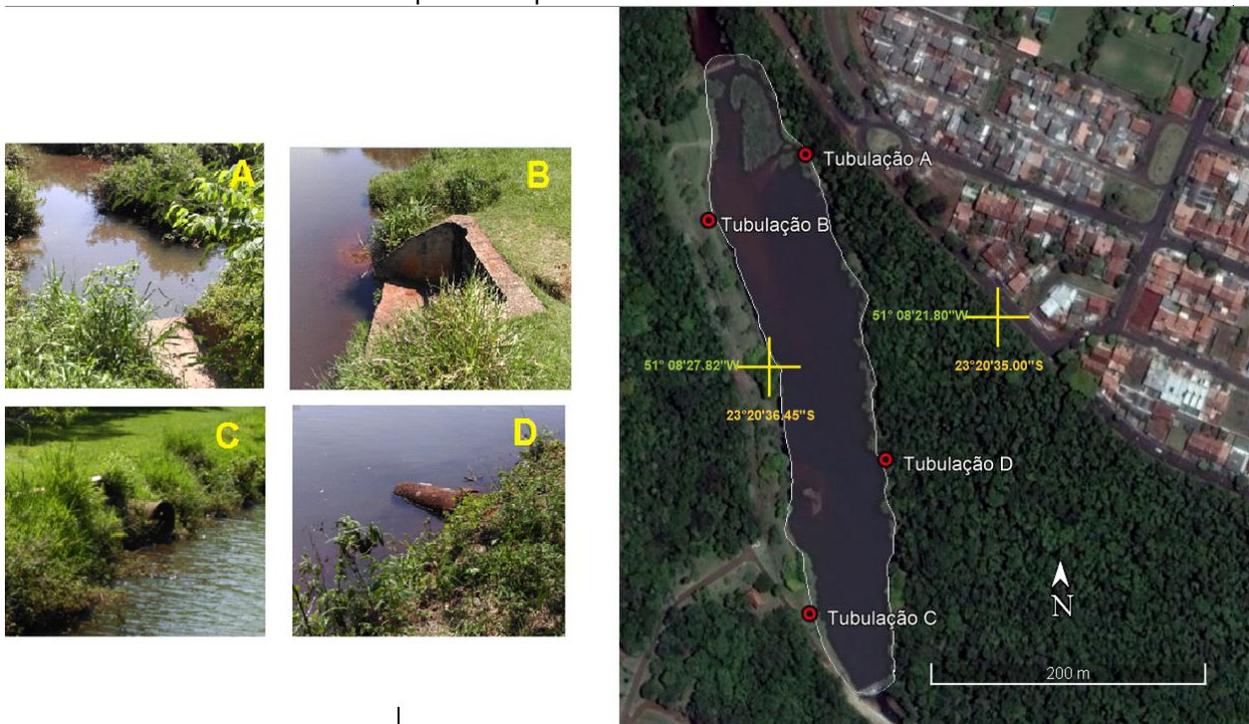
Fonte: Autoria própria (2017)

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise preliminar dos problemas ambientais visualizadas no local.

Observações no campo permitiram detectar um processo avançado de assoreamento tanto na zona litorânea quanto no seu interior. Observou-se a elevação do fundo do corpo hídrico em diversos pontos, assim como pequenas espessuras da coluna da água. Para diagnosticar as causas do processo de assoreamento do reservatório, foram identificados alguns aspectos que poderia ter alterado sua característica física. O primeiro ponto a levantar foi o número de tubulações da rede de coleta de água pluvial nas margens do reservatório, cujo problemas estariam relacionados à disposição inadequada das saídas das galerias pluviais. As tubulações (Figura 12) foram localizadas em diferentes pontos, com maior concentração no trecho norte do reservatório.

Figura 12: Foto do posicionamento das Tubulação A, Tubulação B, Tubulação C e Tubulação D localizadas no reservatório do Parque Municipal Arthur Thomas.



Fonte: Autoria própria (2017).

Outro problema diagnosticado foi o acúmulo de resíduos sólidos encontrados nas margens do reservatório. O acúmulo de lixo humano (Figura 13) e o descaso de não removê-lo poderão acarretar na alteração das condições químicas da água. Essa alteração influenciará diretamente no equilíbrio das comunidades aquáticas.

Figura 13: (A) Bloco de isopor; (B) Barril metálico; (C) Embalagens e garrafas plásticas.



Fonte: Autoria própria (2017).

Outra característica marcante observada no entorno é a erosão, um dos processos que mais contribui para o assoreamento do reservatório. A ausência de vegetação nas margens permite o carreamento do solo e dos sedimentos trazidos pelas águas das chuvas. Parte do relevo na zona ripária possui considerável declividade, que por sua vez, colabora para o aumento da velocidade das águas em períodos de maior intensidade de chuvas. Justamente, próxima às margens onde se formou uma micro ilha no trecho central, havia o estabelecimento de um importante processo erosivo (Figura 14), fato explicado por este trecho estar situado na direção da estrada pavimentada vinda da entrada do Parque. Devido a sua declividade, a estrada tem um potencial de transportar um grande volume de água e afetar a vegetação ribeirinha. Essa situação caracterizada como erosão pluvial pode ser intensificar quando a água entra em contato com o solo desprotegido de vegetação.

Figura 14: Exemplos de diferentes processos erosivos nas margens do reservatório do Parque Municipal Arthur Thomas (A, B e C).



Fonte: Autoria própria (2017).

Cabe destacar que uma das causas ao assoreamento está associada a carga sedimentar introduzida pelo ribeirão Cambé e que estão associados aos períodos de maior pluviosidade, normalmente nos meses de verão. Segundo Carvalho et al. (2000), as enxurradas geradas pela chuva é a grande responsável pelo transporte de material em suspensão para os leitos dos rios. Em janeiro de 2016, por exemplo, o problema pode ter se agravado por causa das fortes chuvas registradas na cidade, com precipitação de 417 mm durante esse mês. Na ocasião, a Secretaria Municipal de Ambiente (SEMA) estimou, segundo uma pesquisa do Instituto das Águas, ser necessário R\$ 5 milhões para a reforma no Parque. A Figura 15 apresenta os dados diários de precipitação referentes ao mês de janeiro de 2016, com ênfase para aquela registrada no dia 12/01/2016 (IAPAR, 2017).

Figura 15: Dados pluviométricos retirados do Instituto Agronômico do Paraná – IAPAR (2017).

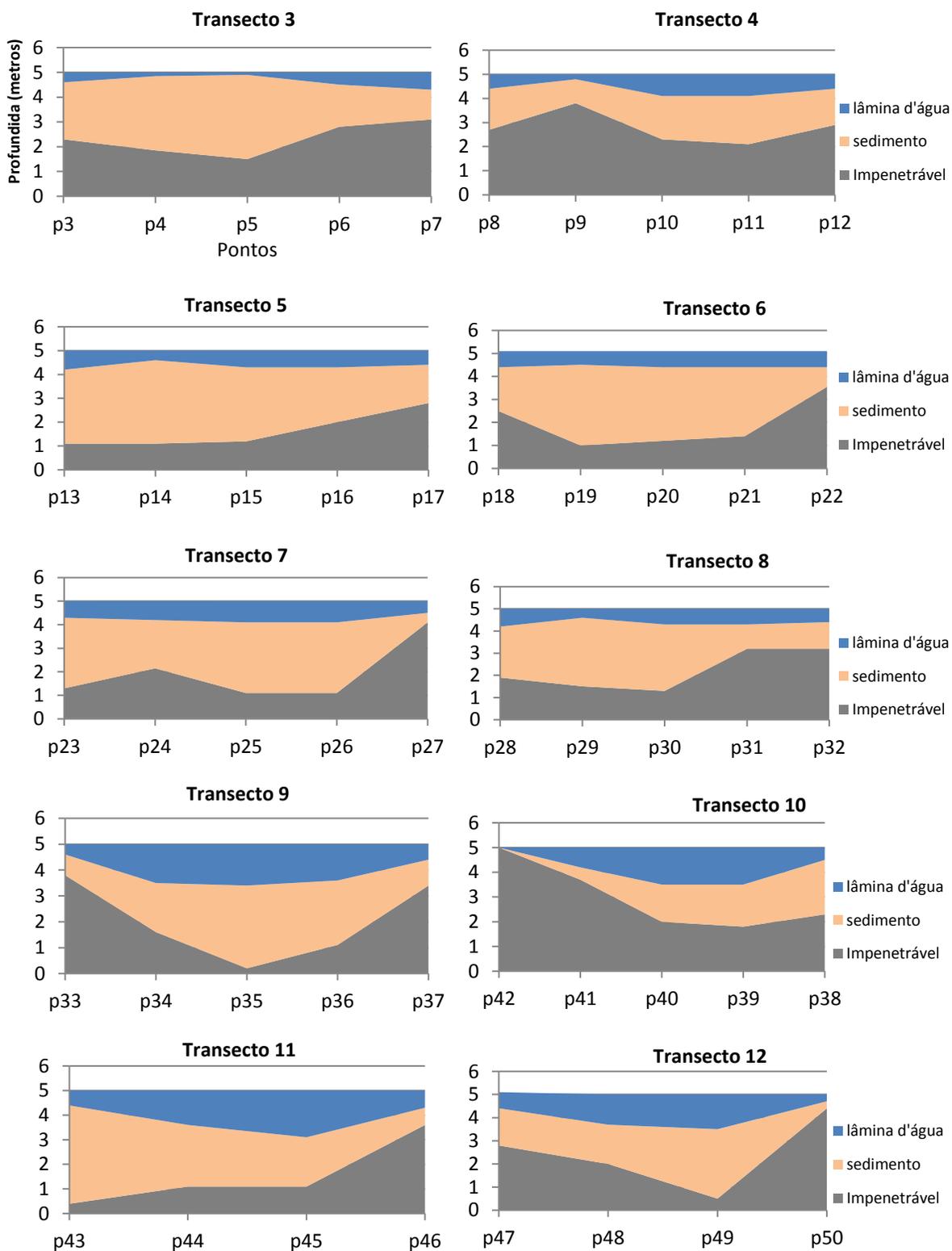
Janeiro 2016						
dia	tmáx °C	tmin °C	tmed °C	prec mm	u.r. %	ETP mm
1	28,2	21,3	24,5	8,8	83	2,7
2	29,5	20,5	24,4	5,6	84	3,4
3	28,2	21,3	23,7	0,4	86	2,6
4	27,6	20,0	22,5	12,2	72	4,2
5	29,3	20,1	25,0	0,0	74	5,1
6	29,6	21,1	24,7	0,0	79	4,5
7	32,2	22,3	26,8	0,0	78	5,3
8	32,3	23,2	27,5	0,0	66	5,9
9	24,4	21,3	23,4	36,2	92	1,3
10	27,4	25,7	23,1	23,6	98	1,8
11	23,3	21,8	22,7	81,0	99	0,5
12	29,2	22,5	25,6	223,6	93	2,3
13	31,0	22,3	26,2	6,0	73	4,3
14	30,0	22,1	27,5	0,0	73	5,4
15	29,6	21,4	24,8	0,0	77	4,5
16	30,0	20,2	24,4	2,8	70	5,6
17	30,0	17,2	23,6	0,0	57	6,7
18	29,2	16,0	23,8	0,0	64	5,8
19	30,6	17,7	24,3	0,0	63	6,2
20	30,6	17,9	24,4	0,0	60	6,5
21	30,4	17,5	24,1	0,0	57	6,4
22	29,8	17,6	23,9	0,0	56	6,5
23	31,0	17,4	24,8	0,0	52	6,5
24	32,6	17,3	26,0	0,0	54	6,1
25	28,6	21,8	23,4	0,0	90	2,6
26	32,0	19,0	24,8	13,6	78	4,3
27	30,0	20,8	25,4	0,6	75	4,4
28	30,4	20,4	25,8	0,8	78	4,8
29	28,6	22,1	25,6	0,0	76	5,3
30	31,0	22,3	24,1	2,2	85	2,6
31	31,0	23,0	25,2	0,4	78	4,1
TOTAL				417,8		

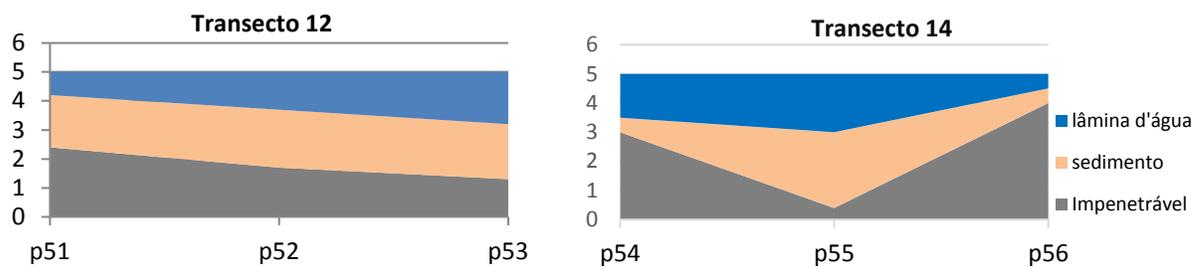
Fonte: (IAPAR, 2017).

Logo, após uma avaliação preliminar, conclui-se pela necessidade de realizar uma ação investigativa mais profunda para compreender melhor os problemas diagnosticados. Esta necessidade surge na medida em que há uma tendência de comprometimento da qualidade ambiental do reservatório com o agravamento dos impactos no ecossistema local.

Para compreendermos os resultados das análises batimétricas foram confeccionados 12 transectos de camada vertical da espessura do sedimento e do solo consolidado abaixo do sedimento (Figuras 16). Paralelamente, os valores da altura dos sedimentos foram apresentados graficamente associados aos valores batimétricos (Figuras 17). Não foi possível representar graficamente nos transectos dos pontos 1 e 2, visto que foram coletados somente um ponto em ambos os transectos, em razão das ilhas formadas a partir do assoreamento impedirem de realizar a coleta de dados.

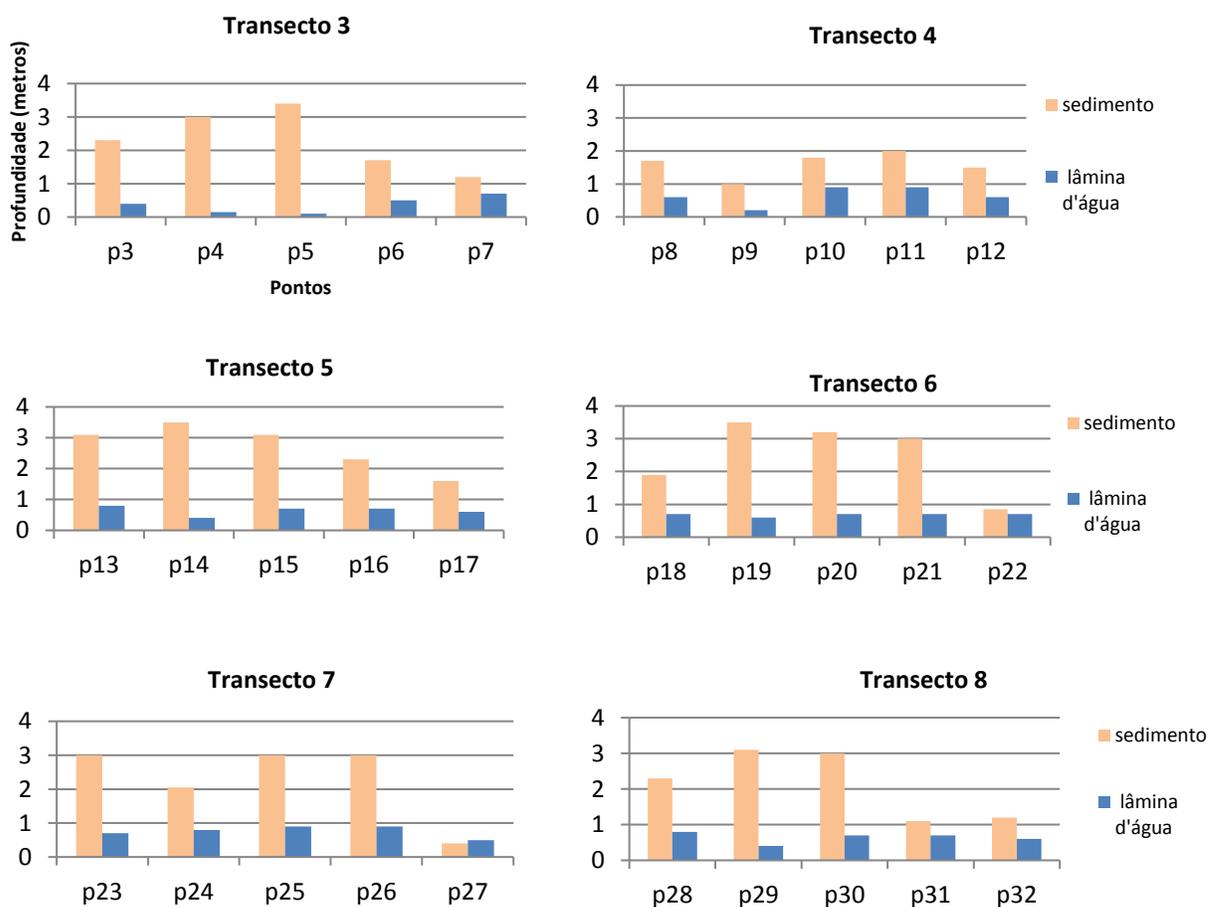
Figura 16: Perfil dos transectos da camada vertical de cada trecho

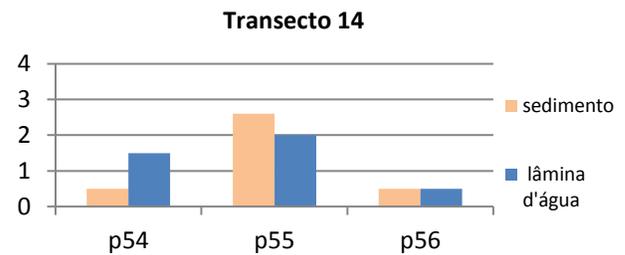
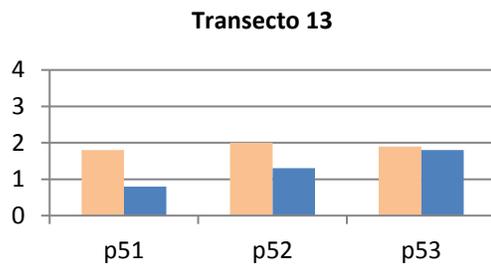
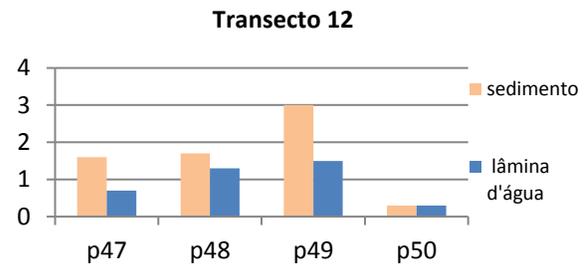
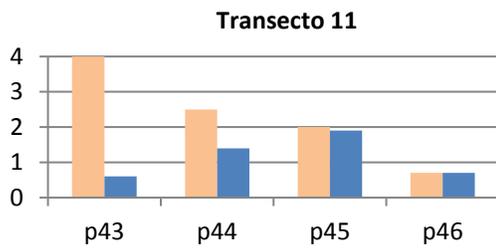
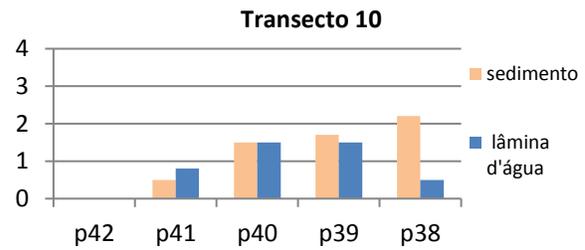
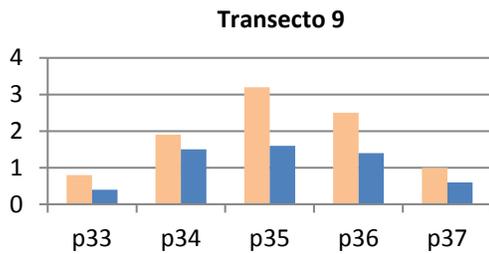




Fonte: Autoria Própria (2017).

Figura 17: Gráficos da espessura do sedimento com a profundidade da água para cada transecto.





Fonte: Autoria Própria (2017).

No transecto 3 (Figura 16) notou-se menores valores batimétricos em todos os pontos. Isso pode ser explicado pela proximidade das descargas de galerias pluviais, com a conseqüente formação de diversas ilhas em seu entorno, onde a profundidade da lâmina da água era pequena. Analisado os valores de sedimentos do perfil, nota-se valores altos próximos a ilha, o que também pode ser explicado pela descarga de galerias pluviais. Além do processo de assoreamento alterar as características físicas do local, a água pode também sofrer alterações, visto que, se aquecida pode diminuir a concentração do oxigênio. Cabe destacar que nesse transecto havia uma ilha formada pelo processo de assoreamento. A ilha (Figura 18) apresentava comprimento de aproximadamente 65 metros entre suas extremidades mais longas, com a disposição de

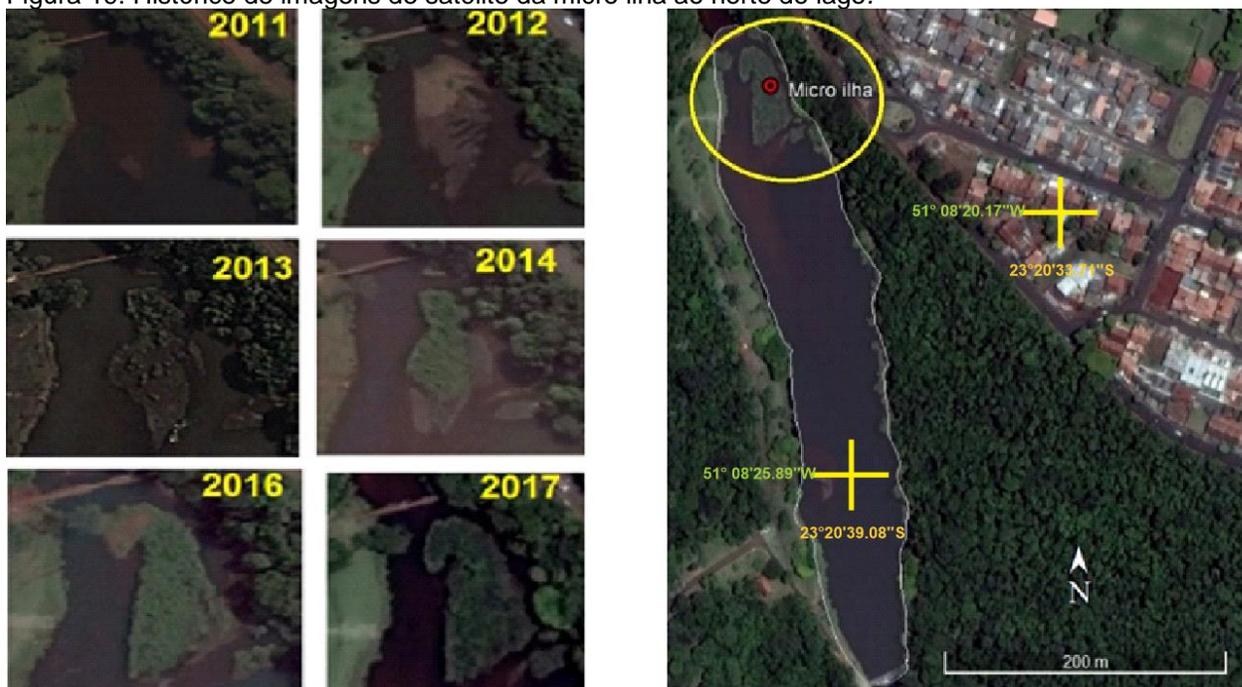
vegetação arbustiva e arbórea. Na Figura 19, observa-se o processo de formação da ilha a partir do histórico das imagens de satélite dos anos de 2011 a 2017.

Figura 18: Imagens laterais da micro ilha ao norte do lago.



Fonte: Autoria própria (2017).

Figura 19: Histórico de imagens de satélite da micro ilha ao norte do lago.



Fonte: (Google Earth, 2017).

Nota-se que a imagem do ano 2011 apresentava os primeiros bancos de sedimentos em formação. Na imagem do ano de 2012 visualiza-se as primeiras formas da ilha sem vegetação aparente. Em 2014 já é possível observar o crescimento vegetativo e sua expansão na ilha. Nos anos de 2016 e 2017 nota-se o crescimento da ilha, dito que ela apresentava área maior, vegetação mais densa e avanço das margens se agregando às margens do reservatório. Esse processo é um indicativo da evolução do assoreamento a montante do reservatório. De acordo com Carvalho et al. (2000), à

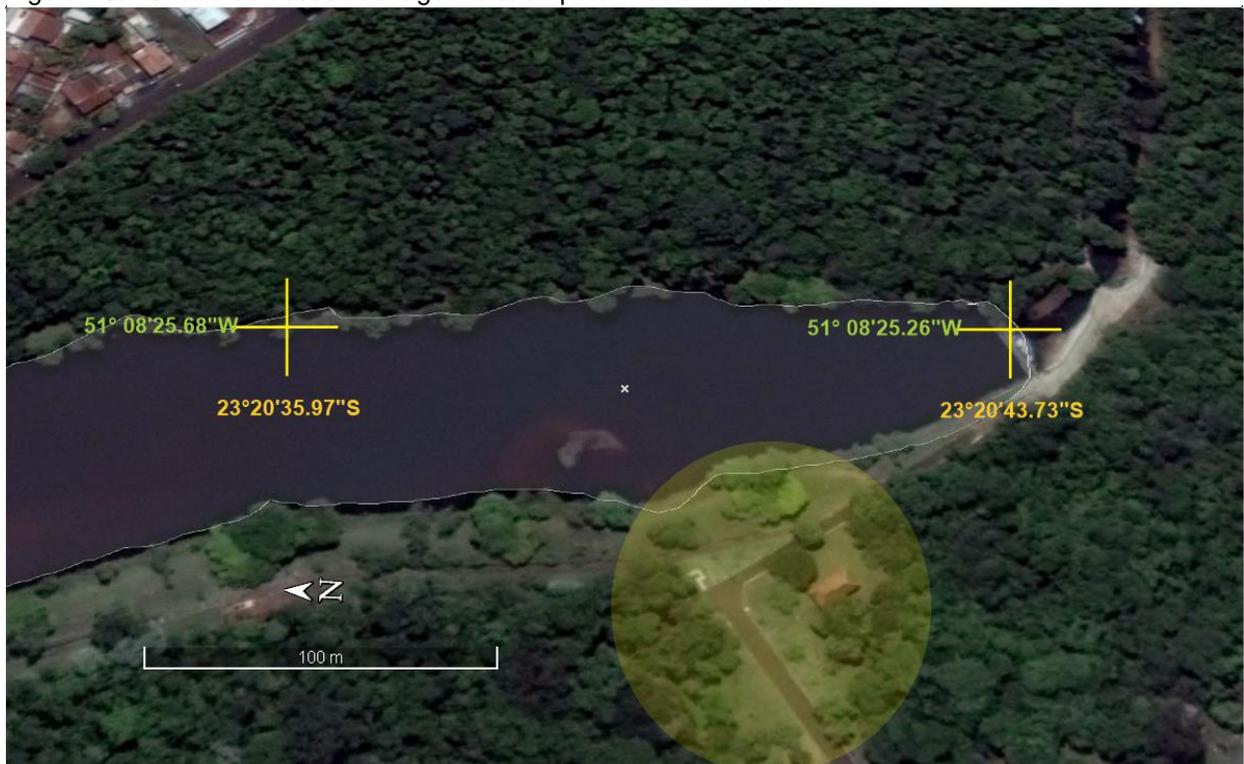
medida que o tempo decorre, os impactos do assoreamento se tornam mais severos e mais fáceis de serem constatados, porém de solução mais complexa.

Os transectos 5, 6 e 7 (Figura 16), apresentam características similares. Encontraram-se valores batimétricos inferiores a um metro para todos os pontos e observou-se que a maioria dos valores da espessura do sedimento é superior a dois metros com médias de espessura superiores àquelas dos outros perfis. Por ser um antigo reservatório, é comum a formação de um delta de depósitos sedimentar entre a montante e jusante, porém ainda não se encontra estudos detalhados para a formação dos deltas de assoreamento em reservatórios, visto que não se sabe a associação que ter com atividades antrópicas, causas naturais ou por ambos os casos (OLIVEIRA, 2009).

Com base nos dados do transecto 10 (Figura 17), notou-se a peculiaridade de um ponto estar situado sobre a formação de um pequeno banco sedimentar no ponto (P42). Portanto, este ponto teve sua cota de profundidade igual a zero. Para a cota de espessura do sedimento constou a ausência de uma camada sedimentar consolidada em sua superfície, resultando também no valor igual a zero. Notou-se nas margens desse trecho pequenos processos erosivos que podem ter contribuído para a formação desse banco de sedimento. A composição mais firme do sedimento pode ser explicada pelo tempo de processo de assoreamento ocorrido naquela área, visto que a deposição dos grãos mais grossos foram se acumulando e, deste modo, progredindo para a formação de uma micro ilha. Para Carvalho et al. (2000) há diversos fatores que influenciam a formação de depósitos desse tipo, tais como: sedimentos oriundos de afluentes, eficiência de retenção do sedimento no reservatório, densidade dos depósitos e volume de sedimento depositados. Ramos (1999) afirma que há dois meios de transporte de sólidos em suspensão, um correspondente à carga de lavagem da bacia e outro ao transporte do material que deposita no leito. Para a carga de lavagem, o material em geral é muito fino, com dimensões entre silte e argila, o qual costuma permanecer em suspensão e não chega a depositar no fundo. Já a parcela mais grossa da carga de lavagem, quando entra no lago pode ser depositada de acordo com o tempo de residência e fatores químicos ou físicos que favorecem a floculação e sua deposição. Em geral, os sedimentos em suspensão do leito do rio são ligeiramente maiores nas faixas da areia fina.

No Transecto 11 (Figura 17) foi constatado a maior espessura de sedimento, localizado no ponto P43. O valor encontrado foi igual a quatro metros de camada sedimentar. Como observado nas análises preliminares, essa área está situada em um declive de estrada pavimentada (Figura 20), onde a descarga de água pode ter sido a responsável pelo acúmulo pontual de sedimentos e o aumento da espessura da camada sedimentar.

Figura 20: Estrada de acesso ao lago indicada pelo círculo amarelo.



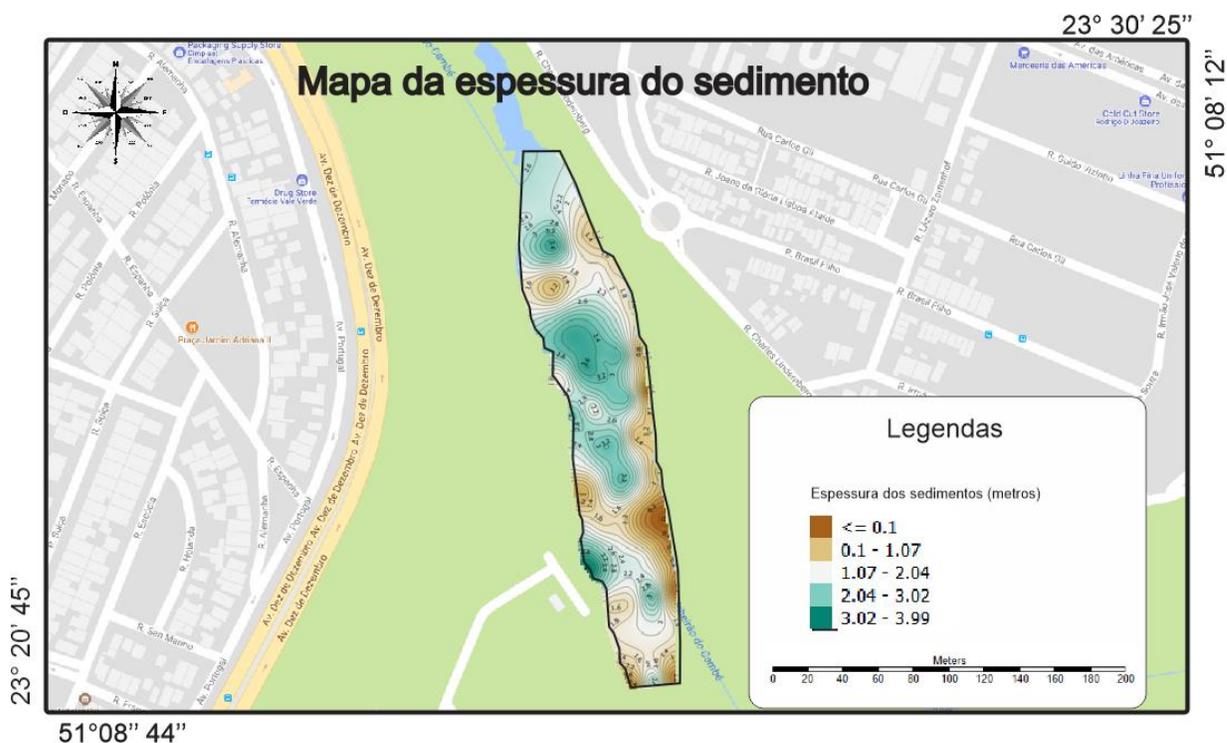
Fonte: (Google Earth Pro, 2017).

Os transectos 12, 13 e 14 (Figura 16) apresentaram pontos centrais com valores batimétricos próximos a dois metros, revelando maiores profundidades. Diante disso, foi compreensível ser estimado um valor de 2,6 metros de sedimento para o ponto P55, apesar deste ponto não ser um dos maiores registrados. Segundo Carvalho et al. (2000), à medida que o assoreamento cresce, o volume do reservatório tende a reduzir, e a influência do remanso aumenta para montante, a velocidade no reservatório aumenta e uma maior quantidade de sedimentos passa a escoar para jusante, diminuindo a

eficiência de retenção das partículas. Mees (2011) afirma que a deposição dos sedimentos transportados pelos cursos da água ou pelo escoamento superficial que entra pelas margens é um processo natural, embora possa ser amenizado por alguma intervenção.

Para a melhor compreensão da distribuição espacial da espessura do sedimento ao longo do reservatório, foi desenvolvido um mapa a partir do software QGIS 2.18 (Figura 21). Dados das coordenadas dos pontos de tomada da espessura sedimentar foram armazenados em um banco de dados, para posterior interpolação dos mesmos.

Figura 21: Mapa da espessura do sedimento abaixo da coluna da água



Fonte: Autoria própria (2017).

Com base nos dados, observa-se a espessura dos sedimentos compreendidas entre 0.1 metros (cor marrom) a 3,99 metros (verde escuro). Segundo Carvalho et al. (2000) é possível classificar o reservatório em três compartimentos diferentes: a

montante com características fluviais, a jusante próximo a barragem com características lacustres e um trecho de transição entre os dois ambientes. Ainda, segundo os mesmos autores, a distinção entre os três compartimentos não ocorre sempre de forma precisa em um reservatório particular, podendo, por exemplo, os compartimentos fluviais e de transição estarem limitados a uma pequena porção devido ao tempo de retenção da água ser longo do seu eixo longitudinal, ou, ao contrário, o compartimento fluvial pode ser significativamente maior em razão de uma maior influência da vazão do rio a montante. No caso do reservatório do parque, é possível afirmar a partir da análise do mapa que o processo de assoreamento tem influenciado na redução da vazão à montante e no compartimento de transição, propiciando um maior potencial de deposição de sedimentos nesses dois trechos. Logo, pode-se dizer que a montante como o trecho central do lago já apresentam características lacustres de um sistema lântico e na jusante apresenta uma vazão maior e de menor tempo de retenção da água o que diminui o acumulo de sedimentos nessa área.

5.2 Parâmetros Físicos e Químicos

Para o conhecimento da estrutura vertical da coluna d'água foram analisados alguns aspectos físicos, tendo em vista a relação do reservatório com a atmosfera. Fatores climáticos como radiação, ventos e precipitação poderiam influenciar os valores estimados durante as observações de campo.

As condições climáticas em ambos os períodos dos dias foram ensolaradas e com pouco atividade de ventos. A temperatura média do ar foi de 25,5°C com variações de 21° a 29°C e a média umidade relativa do ar de 51 %, com variações de 31% a 74%.

5.2.1 Temperatura da água

Esta seção apresenta e analisa os resultados referentes ao parâmetro de temperatura da água para os pontos determinados ao longo do reservatório. Os resultados de das amostras coletadas encontram-se disponíveis nos Apêndice C.

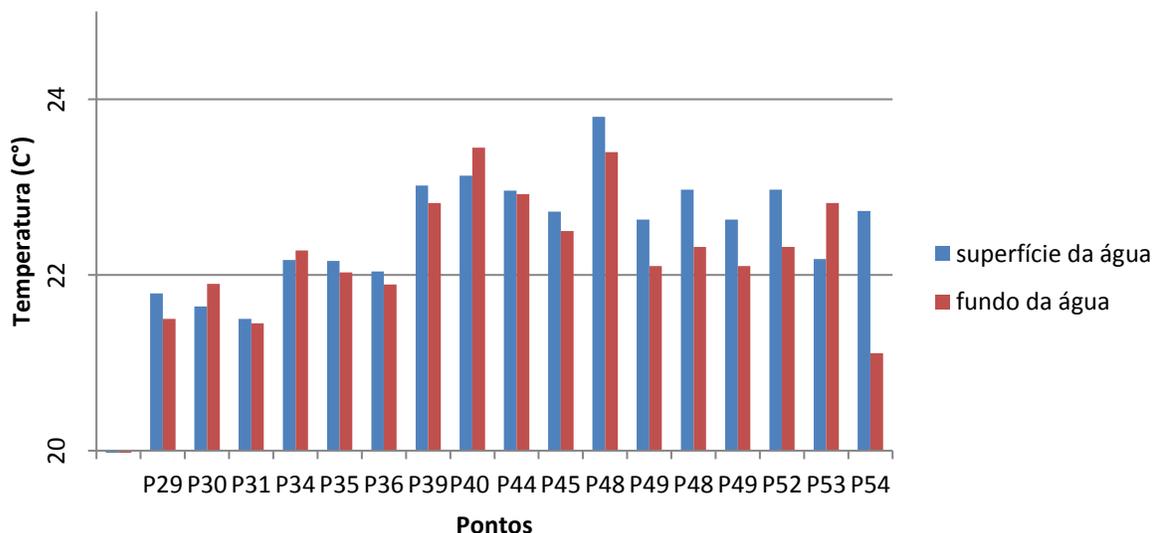
A temperatura é uma característica física das águas, sendo uma medida de intensidade de calor ou energia térmica em trânsito, indicando o grau de agitação das moléculas.

A estratificação térmica é uma das condições que levam à divisão de camadas em meio aquático. Na água, é comum a formação de camadas na vertical, com densidades diferentes, organizadas de forma que as mais densas ficam abaixo das menos densas.

De acordo com a resolução do CONAMA 357/05, não determina um padrão adequado quanto a temperatura da água. Logo, para o trabalho presente, foi estipulado o nível médio natural da temperatura da água, de 0 a 30°C.

A Figura 22 apresenta as temperaturas dos pontos de superfície e do fundo da coluna da água superiores a um metro.

Figura 22: Comparação da temperatura superficial (°C) com a temperatura do fundo da coluna da água (°C) de um mesmo ponto.



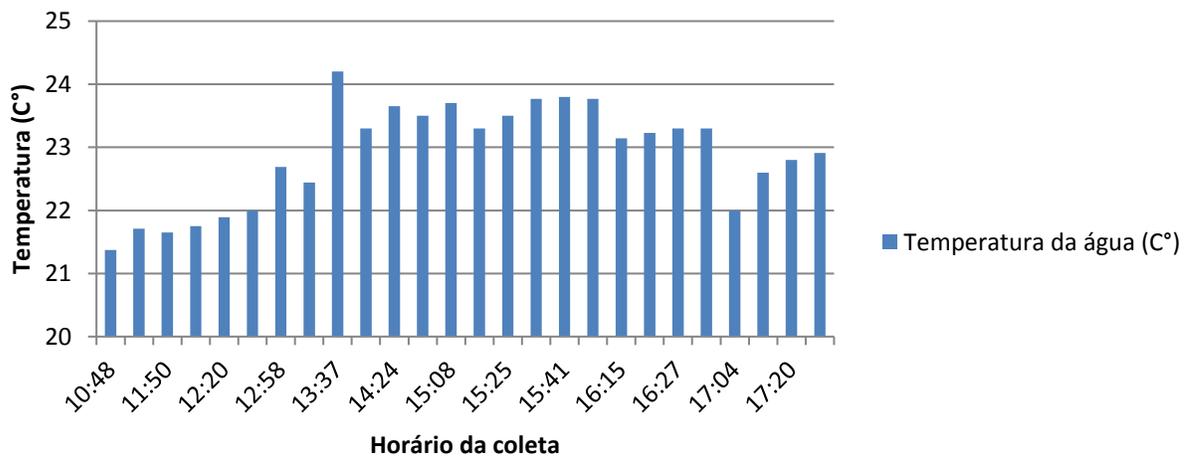
Fonte: Autoria própria (2017).

Observou-se que as temperaturas das águas coletadas do fundo do lago não apresentaram variações superiores a 2 graus °C em relação a temperatura da água na superfície, mesmo nos trechos mais profundos, como os pontos 45 e 53 com 1,9 metros e 1,8 metros, respectivamente. As variações dos valores estimados do fundo com os valores estimados na superfície foram na maioria dos pontos inferiores a um 1° C. Logo,

é possível afirmar a temperatura nos pontos coletados não apresentou trechos termicamente estratificados no horário das coletas. Essa condição pode ter influência de um aumento considerável no transporte de massa na direção vertical em virtude das áreas assoreadas apresentarem menores colunas da água, impedindo que camadas como o epilímnio e hipolímnio sejam formadas.

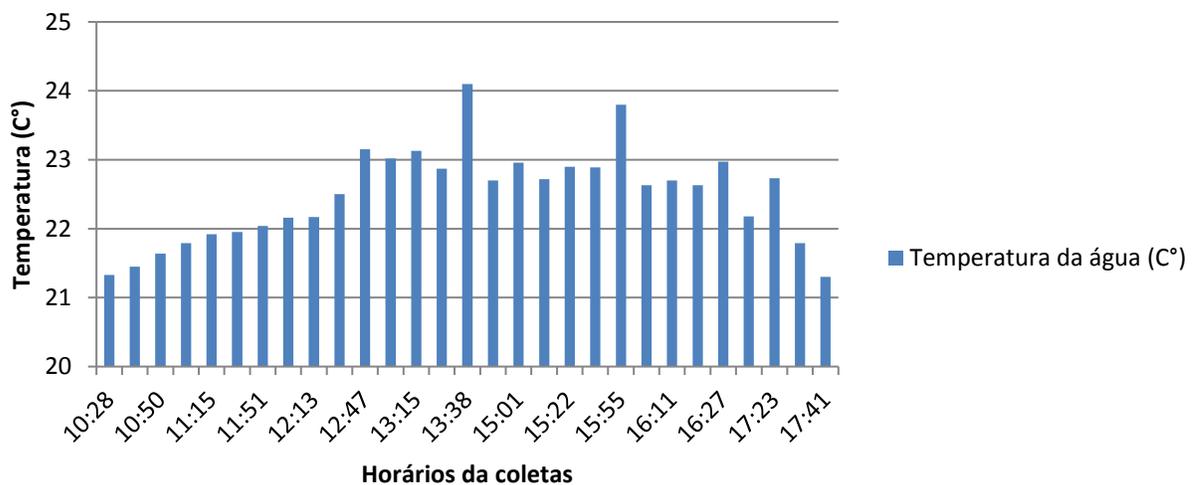
As respectivas Figuras 23 e 24 mostram a variação das temperaturas da água ao longo dos dias 7 e 14 de Maio de 2017. As Figuras 25 e 26 mostram a relação da temperatura da água com a profundidade da coluna da água.

Figura 23: Comportamento da temperatura (°C) em diferentes horários do dia 7 de maio de 2017.



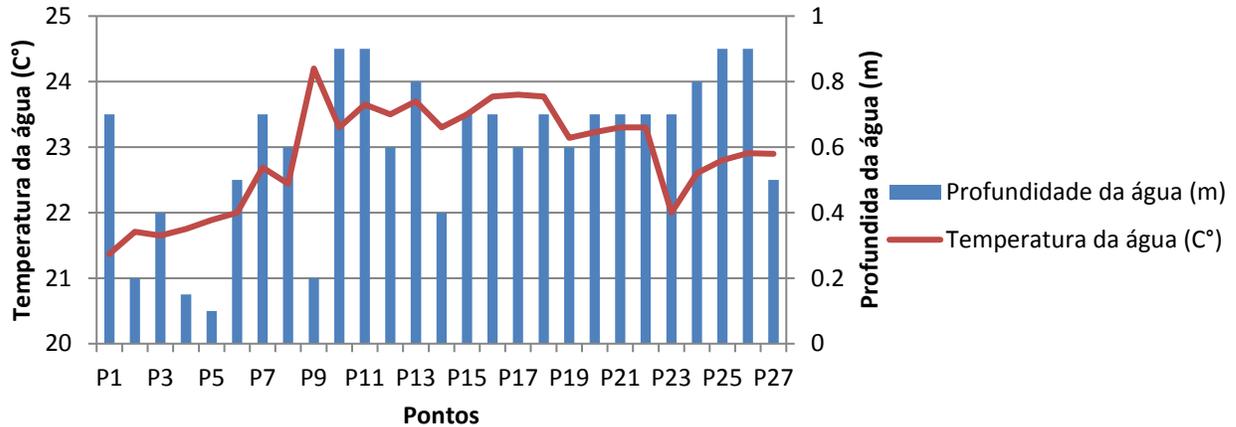
Fonte: Autoria Própria (2017).

Figura 24: Comportamento da temperatura (°C) em diferentes horários do dia 14 de maio de 2017.



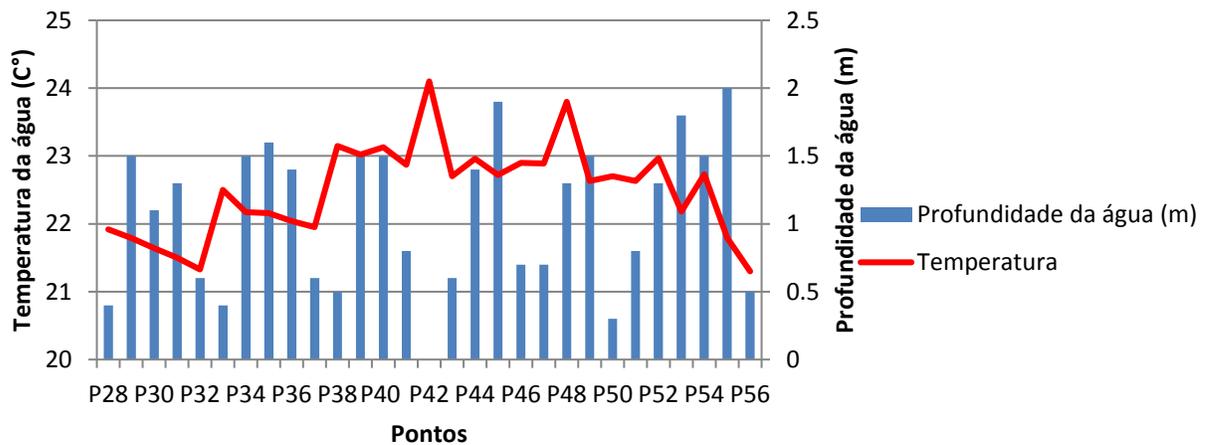
Fonte: Autoria própria (2017).

Figura 25: Relação da temperatura da água (°C) com a profundidade da coluna da água (m) entre os pontos P1 à P27.



Fonte: Autoria própria (2017).

Figura 26: Relação da temperatura da água (°C) com a profundidade coluna da água (m) entre os pontos P28 à P56.



Fonte: Autoria própria (2017).

Analisando as Figuras 25 e 26, nota-se que as temperaturas variaram em torno de 3 °C, sendo 21,3 C° a menor temperatura e 24,2 C° como a maior registrada. Essa pequena variação remete a uniformidade da temperatura em todos os trechos do reservatório. Segundo Mees (2011), o reservatório em ambiente tropical geralmente tem profundidade reduzida e a variação sazonal da temperatura é pouco acentuada em relação à variação diária.

Dessa forma, entende-se que a temperatura sofreu maior influência do horário da coleta, quando as maiores temperaturas foram registradas entre as 13:00 e 14:00 e as menores no período da manhã e no final da tarde.

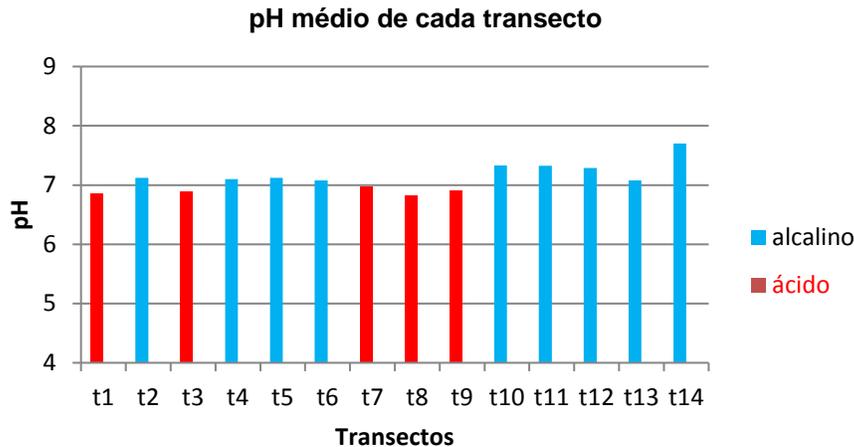
5.2.2 pH

Esta seção apresenta e analisa os resultados referentes ao parâmetro de pH para os pontos determinados ao longo do reservatório. Os resultados das amostras coletadas encontram-se disponíveis nos Apêndice D.

O pH influencia os ecossistemas aquáticos naturais devido a seus efeitos na fisiologia de diversas espécies. Para que se conserve a vida aquática, o pH ideal deve variar entre 6 e 9 (ESTEVES, 1998).

De maneira geral, os valores encontrados para o parâmetro pH devem estar próximos à neutralidade, segundo a Resolução CONAMA 357/2005, uma vez que, para este parâmetro, o valor pode oscilar entre 6 e 9. A Figura 27 mostra o pH médio de cada transecto do lago, sendo classificados como ácidos valores menores que 7 e alcalinos valores maiores que 7. Entretanto, cabe ressaltar que com exceção do transecto 14 (mais alcalino), os demais apresentam valores próximos à neutralidade. Essa pequena alteração no pH (alcalino) pode estar associado a proliferação de vegetais, sendo que o aumento da fotossíntese há consumo de gás carbônico e, portanto, diminuição do ácido carbônico da água e o consequente aumento do pH (VON SPERLING, 1996).

Figura 27: pH médio dos transectos.



Fonte: Autoria própria (2017).

De acordo com o levantamento dos dados, notou-se que o pH no lago apresentou pequenas variações para diferentes pontos do reservatório, mesmo em pontos onde há a ocorrência de descargas de galerias pluviais ou em pontos mais rasos. A uniformidade do pH é um dos indicativos que os lagos mantêm boa qualidade de água, inferindo o equilíbrio para a comunidade aquática. Nos dias de coleta não foi observado qualquer mortalidade de animais aquáticos ou proliferação de algas em grande escala que pudessem promover significativa alteração ao pH.

5.2.3 Turbidez

Esta seção apresenta e analisa os resultados referentes ao parâmetro de turbidez para os pontos determinados ao longo do reservatório. Os resultados das amostras coletadas encontram-se disponíveis nos Apêndice E.

A turbidez está relacionada ao enfraquecimento de feixes de luz que são absorvidos ou espalhados pelos sólidos suspensos ao atravessar a água. Os sólidos em suspensão podem ser desde algas, bactérias, detritos, argila, sílica, dentre outros. Quanto maior o espalhamento dos feixes maior será o valor da turbidez (AGENCIA NACIONAL DE ÁGUA, 2017). Pode-se afirmar que a turbidez da água é uma consequência do transporte e arraste do material em suspensão que se depositam em lagos e reservatórios e que apresentam danos ecológicos temporários (BRAGA, 2012). Há que

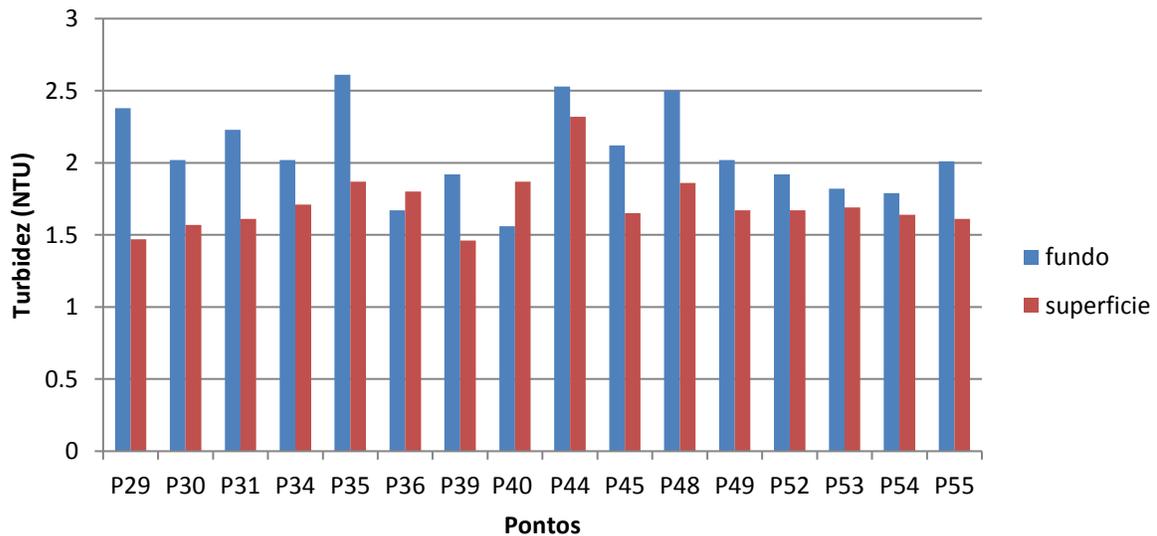
se diferenciar entre o sedimento que se deposita rapidamente no fundo do lago e a matéria suspensa que se precipita lentamente e que provoca a turbidez.

Segundo Pasquine (2017), as partículas em suspensão localizadas próximo à superfície podem absorver calor adicional da luz solar, aumentando a temperatura da camada superficial da água.

A Resolução CONAMA 357/05 admite que as águas naturais possuam turbidez até 100 Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU) e, de acordo com os dados de turbidez dos pontos coletados, observou-se que o maior valor encontrado nas medições foi no ponto P52 e o menor valor no ponto P9, sendo 6,91 NTU e 0,9 NTU respectivamente.

A Figura 28 abaixo mostra dados comparativos da turbidez dos pontos onde foram realizadas as medições do fundo e da superfície do reservatório.

Figura 28: Dados comparativo da turbidez (NTU) do fundo e superfície dos pontos superiores a um metro.



Fonte: Autoria própria (2017).

Notou-se que o valor de turbidez dos pontos do fundo do reservatório teve pouca variação em relação aos pontos da superfície, com exceções dos pontos P36 e P40 que apresentam turbidez maior na superfície.

Conforme descrito anteriormente, durante a coleta das amostras de água no local notou-se que a coluna da água aparentava baixa turbulência em todos os trechos do

reservatório e ausência de algas. Os ventos eram fracos a ponto de não ter influenciado na turbidez. Também não foram avistadas partículas em suspensão, dito que os dias anteriores foram de sol e sem chuva.

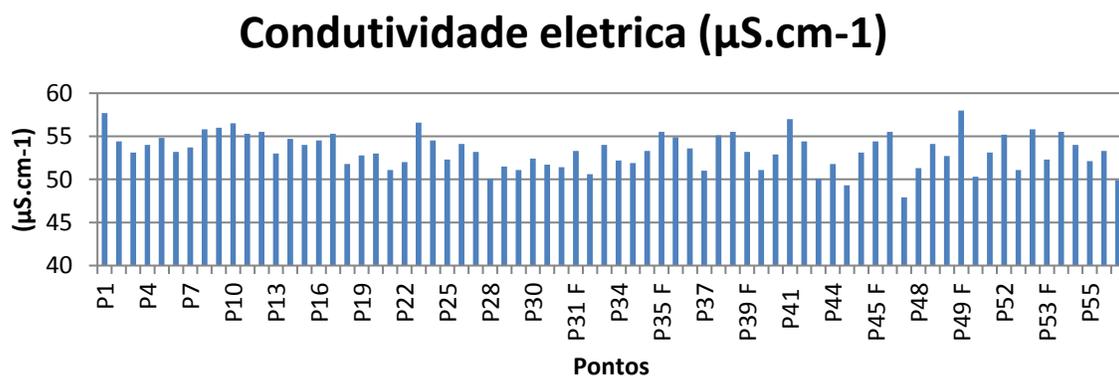
5.2.4 Condutividade elétrica

Esta seção apresenta e analisa os resultados referentes ao parâmetro de condutividade elétrica para os pontos determinados ao longo do reservatório. Os resultados das amostras coletadas encontram-se disponíveis nos Apêndice F.

A Legislação não fixa valores de referência para a condutividade elétrica quanto à qualidade da água em sistemas abertos. Portanto, seguindo os padrões da Organização Mundial de Saúde (OMS), a água é classificada adequada entre os valores entre 50 a 400 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$. Esse parâmetro é caracterizado pela capacidade da água transmitir corrente elétrica, determinada pela presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em cátions ou ânions. Quanto maior for a quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica da água.

Em sistemas aquíferos o parâmetro condutividade elétrica não determina, especificamente, quais os íons que estão presentes em determinada amostra de água, mas pode contribuir para possíveis reconhecimentos de impactos ambientais ocasionados pelo lançamento de esgotos, resíduos industriais, dentre outros. Na Figura 29 mostra a condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$) da água nos pontos de coleta.

Figura 29: Dados referentes à condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$).



Fonte: Autoria própria (2017).

De acordo com os resultados encontrados na Figura 29, os pontos P47 e P44F estão fora dos padrões da OMS, nos valores de 47,9 e 49,3 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ respectivamente. De forma geral, nota-se na que os valores apresentam pouca variação, compreendidos entre 47,9 a 58,8 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$. Observa-se também, a proximidade dos valores do limite de 50 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ estabelecido pela OMS, inferindo que a água do lago não apresenta expressivas concentrações de sais dissolvidos.

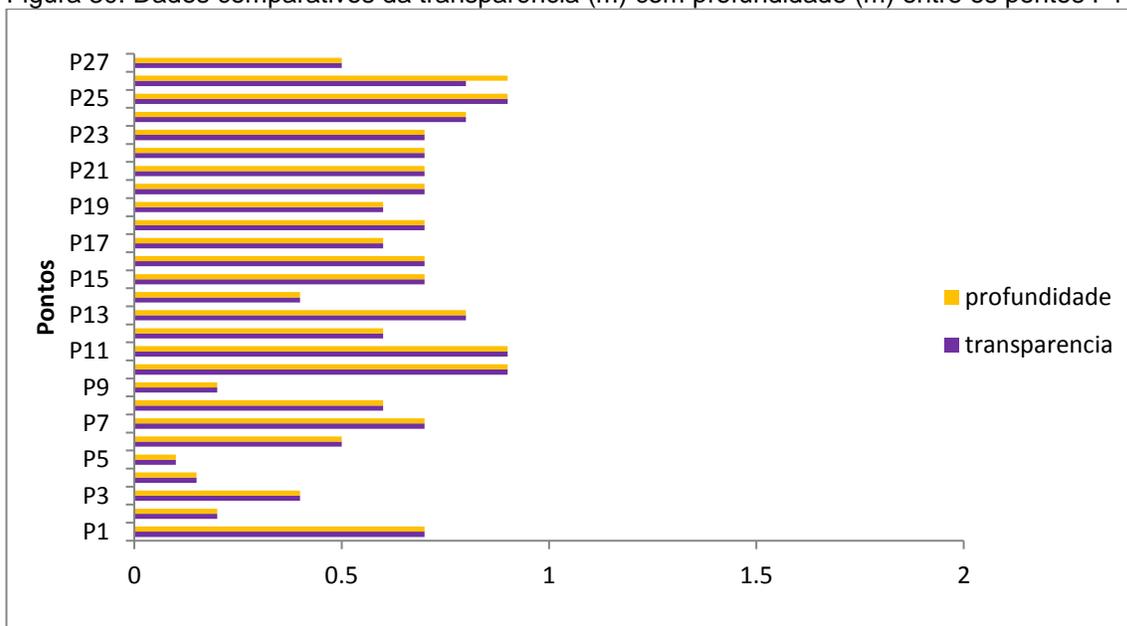
5.2.5 Transparência da água

Esta seção apresenta e analisa os resultados referentes ao parâmetro de transparência da água para os pontos determinados ao longo do reservatório. Os resultados das amostras coletadas encontram-se disponíveis nos Apêndice G.

O disco de Secchi tem como função medir a penetração vertical dos raios solares na coluna da água. Existem fatores que podem influenciar na transparência da coluna da água, como densidade das algas e as partículas em suspensão. Quando existe o acúmulo de nutrientes na água, as algas passam a se multiplicar e, conseqüentemente, diminui a transparência da água.

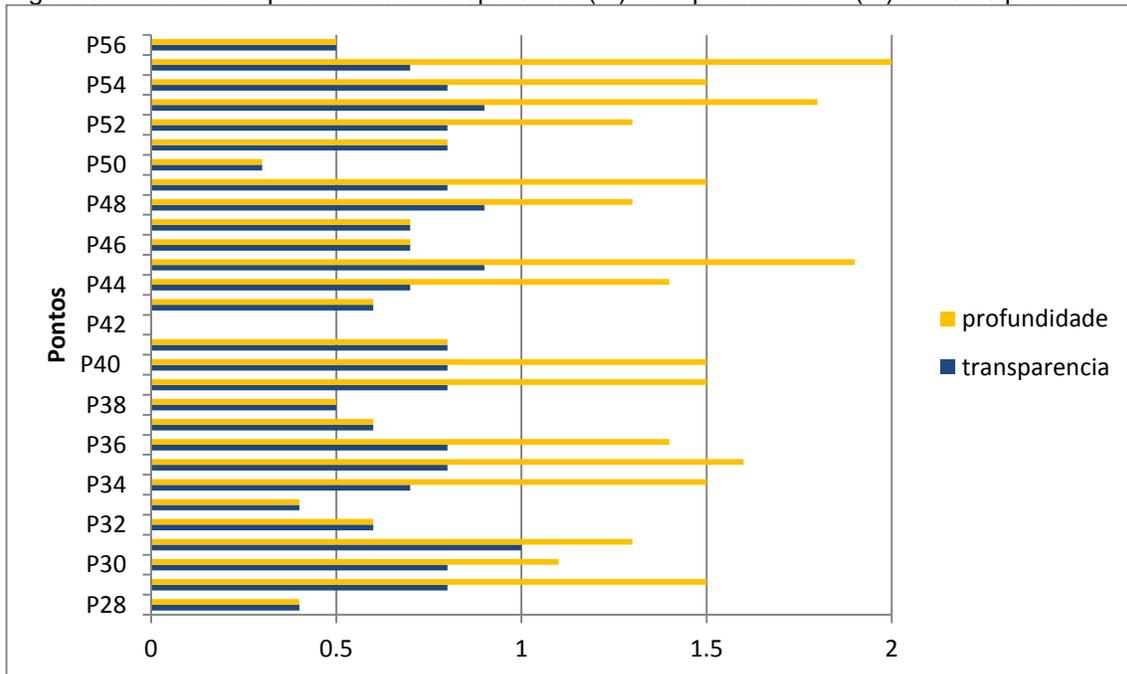
A Figura 30 e 31 mostra os dados referentes a transparência para cada ponto estimado.

Figura 30: Dados comparativos da transparência (m) com profundidade (m) entre os pontos P1 à P27.



Fonte: Autoria própria (2017).

Figura 31: Dados comparativos da transparência (m) com profundidade (m) entre os pontos P28 à P56.



Fonte: Autoria própria (2017).

Nota-se que todos os pontos possuem transparência igual ou próxima ao valor máximo de altura da coluna da água. Pode-se dizer que a maior parte do reservatório deste trecho está dentro da zona fótica. Esta faixa corresponde àquela com maior

concentração de organismos, com destaque para os organismos autotróficos fotossintetizantes. Porém, a falta de uma zona eufótica remete a uma menor diversidade de espécies (Esteves, 1998).

5.3 Propostas de medidas corretivas para a recuperação do reservatório.

Os reservatórios são ecossistemas complexos e a nossa capacidade de prever as suas respostas a vários tratamentos ainda é limitada. Além disso, cada reservatório tem características físico químicas própria, o que dificulta a comparação de características de um para outro, embora pareçam ter o mesmo problema (RYDING, 1982). Mas certa quantidade de informações pré-tratamento é necessária, para poder formular um programa corretivo bem fundamentado. A economia de um determinado esforço de restauração do reservatório também pode afetar a escolha das alternativas de tratamento e ainda há restrições de tempo associadas a programas de renovação. As variações naturais podem ocultar mudanças iniciais, provocadas pelo tratamento do reservatório, de modo que muitos anos podem ser necessários para demonstrar que mudanças ocorreram.

Fica evidente que o problema principal encontrado foi no reservatório foi o assoreamento. Os dados batimétricos revelaram pontos alarmantes quanto a sua profundidade e a deposição de sedimentos. Logo, será necessário um levantamento de propostas de recuperação quanto medidas mitigadoras. Os resultados não serão imediatos, e o monitoramento dos dados ao longo do tempo será crucial para termos uma adequada reversão do quadro impactante local.

5.3.1 Método de dragagem do lago

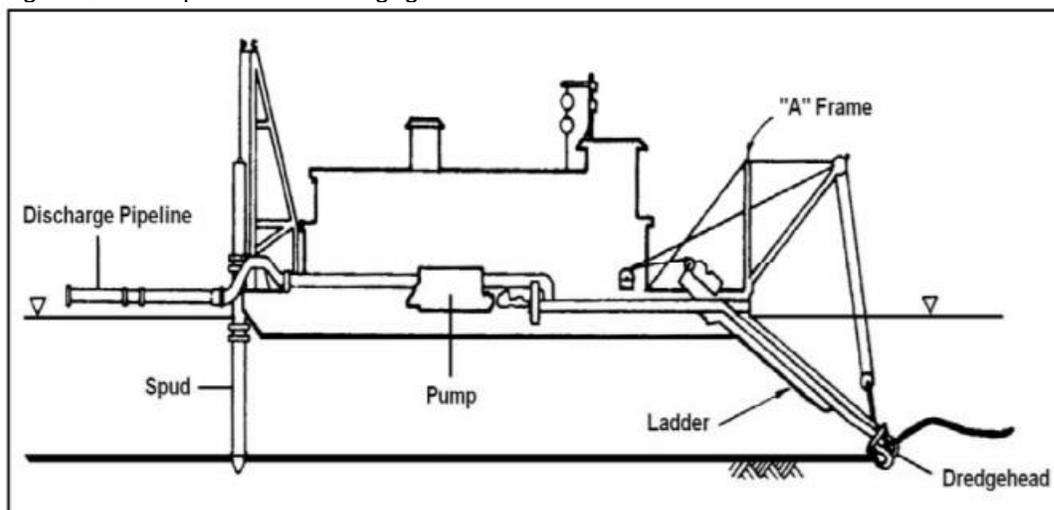
O método de dragagem necessita de um conhecimento preliminar da composição química e física do sedimento bem como diagnosticar os riscos que apresentam. O estudo prévio possibilita a atividade de dragagem com minimização dos danos ambientais e com custos reduzidos (GOES FILHO, 2004).

Um método possível e eficaz para a retirada do sedimento seria o método de dragagem hidráulica para aplicações ambientais. Segundo Goes Filho (2004), a dragagem hidráulica é composta por equipamentos especiais capazes de retirar os sedimentos finos com um mínimo de ressuspensão. Uma das características da draga ambiental é a utilização de ferramentas e cortinas para conter os sedimentos ao redor do local.

As dragas hidráulicas são em geral bombas centrífugas, acionadas por motores a diesel ou elétricos, montadas sobre barcas e que descarregam o material dragado através de tubulações mantidas sobre a água através de flutuadores. A bomba produz vácuo na entrada da tubulação e promove pressão de força sobre a água e o sedimento através da tubulação (PONTOGENTE, 2016).

Uma das vantagens do método de dragagem hidráulica está relacionada às suas menores dimensões e que podem trabalhar em água relativamente rasa onde normalmente não podem ser acessíveis a dragas ou barcas de sedimentos maiores e associadas à dragagem mecânica. A Figura 32 mostra os componentes da dragagem hidráulica por sucção.

Figura 32: Componentes da dragagem hidráulica



Fonte: Technical Guidelines for Environmental Dredging of Contaminated Sediments (2008).

As dragas mecânicas removem o fundo sedimentar através da aplicação direta da força mecânica para desalojar e escavar o material de altas densidades. O material dragado é então levantado mecanicamente para fora da água (AVERETT et al., 1990).

Visto a situação atual do lago, o método de dragagem mecânico pode ser viável para a remoção de áreas sedimentadas, como solos consolidados do lago. A escavação pela dragagem mecânica das ilhas sedimentares do Parque pode ser uma alternativa para restabelecimento das condições originais da área. Outro ponto vantajoso da dragagem mecânica seria a retirada de troncos de árvores e detritos oriundos dos despejos das galerias da água, uma vez que o método é eficaz para a remoção de grandes detritos e com boa adaptabilidade ao terreno operacional (AVERETT et al., 1990). A Figura 33 mostra os locais da aplicação do método de dragagem mecânica no reservatório.

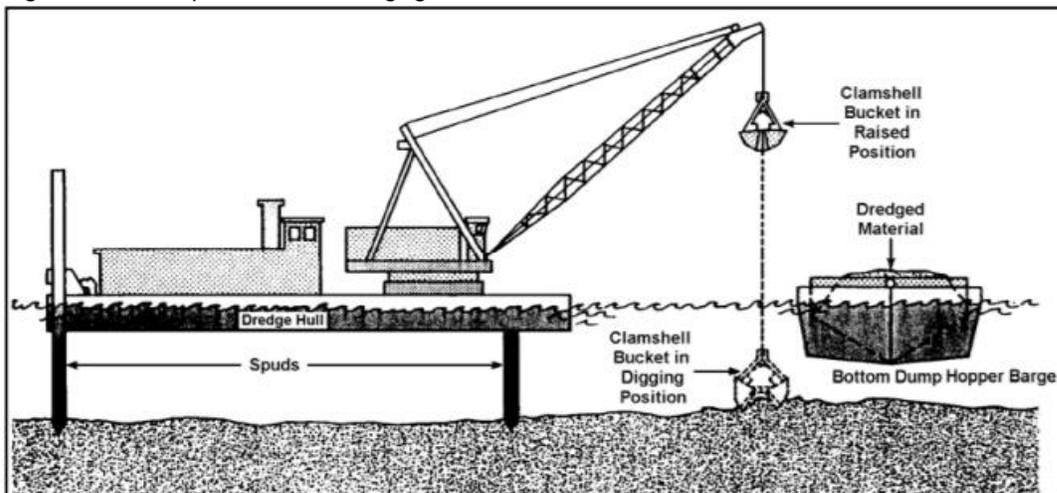
Figura 33: Locais da aplicação do método de dragagem mecânica no lago.



Fonte: Autoria própria (2017).

A Figura 34 mostra os componentes da dragagem mecânica:

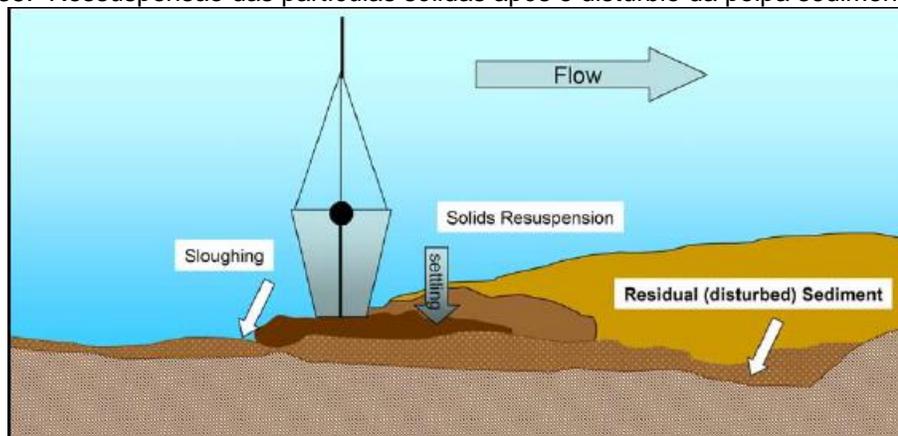
Figura 34: Componentes da dragagem mecânica



Fonte: Technical Guidelines for Environmental Dredging of Contaminated Sediments, 2008.

Apesar das vantagens dos métodos de dragagem, os impactos ambientais devem ser avaliados pelo uso na maquinaria. O revolvimento dos sedimentos (Figura 35) pode aumentar a turbidez da água alterando o ambiente lacustre. A diminuição da penetração da luz impossibilita o crescimento de vegetação aquática e implica na redução e substituição de espécies de peixes sensíveis por espécies mais tolerantes.

Figura 35: Ressuspensão das partículas sólidas após o distúrbio da polpa sedimentar.



Fonte: Technical Guidelines for Environmental Dredging of Contaminated Sediments, 2008.

Uma prevenção de impactos ecológicos em curto prazo durante a dragagem pode envolver o calendário do projeto para evitar impactos na qualidade da água durante a migração e períodos de reprodução de espécies sensíveis (PALERMO, 2008). Além dos

impactos ocasionados pela ressuspensão dos sedimentos, outras desvantagens podem ser apontadas nesse processo, tais como (Morais Brito, 2006): destruição, alteração e perda de habitat, interferência na reprodução de espécies aquáticas, interferência nas cadeias alimentares, deslocamento de espécies para outros locais, geração de ruídos e incômodos para as espécies florestais e pressão antrópica (caça e degradação da paisagem). A disposição final do material poderá ser realizada no próprio rio ou em suas margens, conforme a Resolução nº 344/2004 do CONAMA, ou em aterro regulamentado e autorizado, quando há a possibilidade de contaminação do ambiente pelo material dragado.

-Disposição em corpos hídricos abertos – Consiste na disposição do material dragado em oceanos, estuários, rios e lagos de forma que o material dragado não esteja isolado das águas adjacentes durante o processo. Geralmente, aplica-se à deposição de material limpo ou moderadamente contaminado.

-Disposição em locais confinados – Consiste na disposição do material dragado em um recinto especialmente projetado para o confinamento do mesmo, circundando a 51 m² de área de disposição e isolando o material contaminado das águas ao redor e do solo, durante e depois de efetuada a disposição.

-Tratamento – Pode ser definido como um meio de processar o material dragado contaminado com o intuito de reduzir a concentração dos contaminantes, enquadrando o mesmo nos procedimentos e normas de aceitação. São bastante variadas as formas de tratamento, que utilizam desde técnicas de separação à incineração.

-Uso benéfico – O material dragado é considerado modernamente como um recurso natural valioso, contrariando a visão ultrapassada que o considerava um resíduo inútil, a ser descartado. A estrutura de avaliação adotada pela Convenção de Londres a partir de 1995, é regulada através do DMAF (Dredged Material Assessment Framework), que endossa esta teoria, sugerindo a análise do possível uso benéfico do material dragado, antes da concessão de licença para a disposição no mar (CONAMA nº 344, 2004).

5.3.2 Medidas Mitigadoras

Uma primeira proposta é a construção de um muro de arrimo, o qual terá como objetivo evitar que o processo erosivo ganhe amplitude, impedindo que o deslizamento de terra não agrave mais o processo de assoreamento. O ponto mais crítico que chama atenção está nas proximidades da estrada pavimentada vindo da entrada do Parque. Aliada com sua declividade, essa estrada tem um potencial de carrear grande volume das águas da chuva que, além de aumentar o escoamento da superfície, parte da água infiltra no solo até sua saturação. Nesse estágio a capacidade máxima do solo em reter

a água é atingida e o potencial de um deslizamento e ruptura aumenta. Segundo Lozano (2016), quando as chuvas alimentam o lençol freático geram sua elevação e os níveis de água no subsolo reduzem as tensões efetivas dos solos saturados e, como consequência, reduzem o nível de segurança dos taludes, podendo levá-los à ruptura. Um segundo caso ocorre quando o umedecimento dos solos superficiais em excessivo provocam “franja de umedecimento” que vai descendo penetrando na camada superficial e muitas vezes não chegam a atingir o lençol freático, mas que podem provocar deslizamentos também devido ao aumento de peso. Na Figura 36, pode-se notar o desmoronamento do solo em virtude de sua sobrecarga. O muro de arrimo é recomendável para a área erodida das margens do lago.

Figura 36: Erosão ocasionada pela sobrecarga do solo



Fonte: Autoria própria (2017).

Atualmente a limpeza e gestão de bueiros no entorno do reservatório em análise são bem limitadas e muitas vezes ineficientes. Entupimentos, alagamentos e principalmente o carreamento de poluentes para os cursos hídricos. O sistema de bueiros ecológicos permitirá dar uma destinação adequada para os diversos tipos de resíduos

acumulados, minimizando a descargas de sedimento e lixo vindos das áreas urbanas. Boca-de-Lobo Ecológica ou bueiro ecológico é composta por caixa coletora de águas pluviais dotada de caixa de areia e grelha removível que impede a entrada de resíduos sólidos graúdos e com geometria que permite o armazenamento de resíduos em sua estrutura, possibilitando a coleta através do sistema público (CONSEMA 2009). Visto a influencia das descargas de galerias pluviais para dentro do reservatório, recomenda-se a substituição das bocas de lobo convencionais pelas boca de lobo ecológica. Ações de fiscalização devem também evitar a excessiva impermeabilização dos terrenos que impedem a infiltração das águas nos solos, bem como calçadas problemáticas e bueiros entupidos.

Com enfoque na utilização do Parque como instrumento de disseminação da Educação Ambiental, é importante que se elabore junto com as escolas, manuais, cartilhas e folders que apresentem de forma cumulativa, os conceitos básicos de proteção de uma unidade de conservação, visando sempre uma reflexão sobre como as ações do ser humano podem afetar o meio ambiente e a qualidade de vida dos seres que habitam esse meio.

6 CONCLUSÃO

A partir dos resultados levantados tanto pela batimetria como pela sondagem à barra mina, foi possível notar a influência das galerias pluviais localizadas ao norte do reservatório, onde foram registrados os menores valores de profundidade da coluna da água como os maiores valores de espessura de sedimento. Essas galerias pluviais podem ter influenciado também na formação de micro ilhas. Diante de um histórico de imagens de satélite, foi possível analisar que a maior das micro ilhas vem se expandindo e aos poucos se integrando a uma das margens do reservatório. Ao sul do reservatório, foram encontrados os maiores de valores de profundidade nos pontos centrais dos transectos e pequenos valores de profundidade próximo às margens no trecho localizado mais próximo à estrada pavimentada, mais precisamente em torno de outra micro ilha. A sondagem à barra mina apontou valores de pequena espessura de sedimento nessa área, mostrando que o sedimento depositado já se apresentava consolidado.

No que se diz respeito à temperatura da água, observou-se pequenas variações nos dados de coleta. Mesmo em pontos assoreadas foram encontradas pequenas variações. As primeiras coletas realizadas de manhã tiveram as menores temperaturas e picos de temperatura entre as 13:00 h e 14:00 h. A comparação de dados da superfície e do fundo da água mostraram diferenças inferiores a 1°C. Portanto, no período da coleta não apresentou zonas de estratificação térmica, o que se entende de uma boa mistura e transporte de massas verticais da água.

Para as análises de pH notou-se pequenas diferenças significativas para diferentes pontos do lago com valores de pH entre 6 e 8. Para turbidez, não houve alteração significativa nos dados que comprovassem alteração na qualidade da água sendo realizada uma análise comparativa de pontos onde foram feitas coletas tanto na superfície quanto no fundo, notando-se diferenças inferiores a 2 NTU de turbidez.

Quanto à condutividade elétrica, encontrou-se valores compreendidos entre 47,9 a 58,8 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$, sendo valores indicativos de baixas concentrações de sais dissolvidos na água.

Quanto à transparência da água, observou-se que grande porção do reservatório está em uma zona fótica, onde uma maior diversidade de organismo pode estar presente.

Em termos gerais, pode-se concluir que o reservatório apresentou-se assoreado, com camadas sedimentares muito superiores à coluna da água. Em contrapartida, a progressão do assoreamento não interferiu significativamente na qualidade da água para os parâmetros analisados nos dias 7 e 14 de maio de 2017.

Com relação aos objetivos propostos e os resultados obtidos nos trabalhos realizados em campo, entende-se a necessidade de medidas de recuperação ambiental no âmbito de reverter e minimizar a condição assoreada. Para isso, foi proposto um método combinado de recuperação utilizando a dragagem hidráulica de sucção, convenientes para áreas rasas e a dragagem mecânica para áreas pontuais, como em micro ilhas. Também foram propostas a substituição de bueiros convencionais por bueiros ecológicos, a construção de um muro de arrimo em áreas erodidas próxima a estrada pavimentada do parque e a aplicação de projetos educativos no âmbito de minimizar os impactos a curto, médio e a longo prazo.

REFERÊNCIAS

AVERETT, D. E., B. D. Perry, E. J. Torre, and J. A. Miller. **Review of removal, containment, and treatment technologies for remediation of contaminated sediments in the Great Lakes**. Prepared for U.S. Environmental Protection Agency - Great Lakes National Program Office, Chicago. 2000. Disponível em: <<http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a233946.pdf>> Acesso em: 18 Out 2017

BARBOSA, M.C. **Dredging and disposal of fine sediments in the state of Rio de Janeiro, Brazil**. Jornal off Azarados Material. Rio de Janeiro, Brasil, 2001.

BRAGA, C.C. **Distribuição espacial e temporal de sólidos em suspensão nos afluentes e reservatórios na usina hidrelétrica Barra dos Coqueiros -GO**. Dissertação. Universidade de Goias, Geografia/PPG-GEO. Jataí, 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Ciclo Hidrológico**. Brasília (DF), 2017. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos/aguas-subterraneas/ciclo-hidrologico>> Acesso em: 22 jul., 2017

BRASIL, Decreto nº 9.433, de 20 de julho de 2000. Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza, Brasília, DF, Jan 2000.

CABRERA, R.B.A. **Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor**. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2013/2013_uel_geo_pdp_roberto_braz_aparecido_cabrera.pdf> Acesso em: 30 jul. 2017

CADERNO DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DO PARANÁ. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. Brasília: MMA, 2006.

CARVALHO, N.O. FILIZOLA JUNIOR, N.P.; SANTOS, P.M.C; LIMA, J.E.F.W. **Guia de avaliação de assoreamento de reservatórios**. Agencia Nacional de Energia Elétrica, ANEEL, Superintendência de Estudos e Avaliação Hidrológicas. 11-85p. 2000.

CASTRO, R. M. C. **Evolução da ictiofauna de riachos sul-americanos: padrões gerais e possíveis processos.** In: CARAMASCHI, E. P. R.; MAZZONI, R.; PERESNETO, P. R. Ed. Ecologia de peixes de riachos. Rio de Janeiro, p.140 -151,2000. Disponível em: < <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2885951.pdf>> Acesso em: 11 set 2017

CONAMA , Conselho Nacional do Meio Ambiente, (2005) **Resolução n° 357.** Ministério do Meio Ambiente. Brasil. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf> >. Acesso em: 21 Jul.2017.

CONAMA , Conselho Nacional do Meio Ambiente, (2004) **Resolução n° 344.** Ministério do Meio Ambiente. Brasil. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=445>>. Acesso em: 08 Set .2017.

CONSEMA, CONSELHO MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE, (2009) **Resolução n°19.** Conselho Municipal do Meio Ambiente de Londrina. Disponível em: < http://www.londrina.pr.gov.br/dados/images/stories/Storage/consemma/Resolucoes/resolucao_consemma_19_bocas_lobo.pdf > Acesso em: 08 Dez. 2017

DOLIBAINA, P. C. **Estudo florístico e fitossociológico do Parque Municipal Arthur Thomas,** Londrina-PR. (Monografia de Bacharelado em Ciências Biológicas), Universidade Estadual de Londrina. Londrina, PR. 1992.

ESTEVES, F de A. **Fundamentos de Limnologia** Francisco de Assis 2ª Ed. – Rio de Janeiro : Interciência, 1998.

FERRETE. J.A, LEMOS. J.P, LIMA. S.C. **lagos artificiais e os fatores condicionantes e determinantes no processo saúde – doença.** Caminhos da geografia. Ouro Preto, p87-2000, 2004. Disponível em: < <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15361>> Acesso em: 20 Jun. 2017.

GALVES. W, JEREP. F.C, SHIBATTA, O.A. **Estudo da condição ambiental pelo levantamento da fauna de três riachos na região do Parque Estadual Mata dos Godoy (PEMG),** ed: Pan-American Journal of Aquatic Sciences Londrina, PR, Brasil, pg 55-65, 2007. Disponível em:

<[http://www.panamjas.org/pdf_artigos/PANAMJAS_2\(1\)_55-65.pdf](http://www.panamjas.org/pdf_artigos/PANAMJAS_2(1)_55-65.pdf)> Acesso em 12 ago de 2017.

GOES FILHO, HILDEBRANDO DE ARAUJO. **Dragagem e Gestão dos Sedimentos**, Rio de Janeiro, p. 29. 2004.

GUY, H. P. **Research needs regarding sediment and urbanization**. Journal of the hydraulics division ASCE V 93 No. HY 6 p. 247-254, 1967.

IBGE. **Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais**. Manual técnico de pedologia. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, p 41,1995. Disponível em: < http://mtc-m16c.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/ePrint@1905/2005/10.25.13.56/doc/paulo_eloisa.pdf> Acesso em: 30 Ago. 2017

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ – IAPAR. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1828>> Acesso em: 12 Mai 2017.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL – IPARDES. **Cobertura florestal e consumo de madeira, lenha e carvão nas micro regiões de Londrina, Maringá e Paranavaí: subsidio para uma política florestal no estado do Paraná**. Curitiba, 1993.

LEME, Edson J. A. **Manual prático de tratamento de águas residuárias**. São Carlos: EdUScar, 2010.

LONDRINA. Prefeitura Municipal de Londrina - PR. Secretaria Municipal do Ambiente, Londrina. Disponível: <http://www1.londrina.pr.gov.br/index.php?option=com_content&view=frontpageplus&Itemid=163> Acesso em: 12 Abr. 2017

LORENZO, Priscila P. **Caracterização dos impactos ambientais negativos e medidas mitigatórias do processo de assoreamento do Lago Igapó**, LONDRINA - PR. 2011. 80 f. Dissertação (Trabalho de conclusão de curso) –Centro Universitário Filadélfia, Londrina.

LOZANO, M. H. **Temporadas de chuva problemas previsto**. Disponível em: <<http://dynamisbr.com.br/2016/07/01/temporada-de-chuvas-problemas-previstos/#more-1184>> Acesso em: 15 Out. 2017.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. Curitiba: IBPT. p.350, 1968.

MCCAULL J. ,CROSSLAND J. **Water pollution**. New York, Harcourt Brace Jovanovich, p38-59.1974.

MEES, A. **Unidade 2: Qualidade de água em reservatórios**. Ecologia de reservatórios. 2011. Disponível em: < https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/bitstream/ana/74/4/Unidade_2.pdf> Acesso em: 18 jul 2017.

MYERS, N.; Mittermeier, R. A.; Mittermeier, 858 Arantes, A. A., Prado, J. & Ranaivosoa, M. A. Biodiversidade. **Biodiversity hotspots for conservation priorities**. Nature 403: p 853-858. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10706275> > Acesso em: 20 Ago. 2017.

MONTEIRO, C. A. F., **Clima**. In: Geografia do Brasil: Grande Região Sul. Rio de Janeiro: IBGE, 2 ed. v.4, Tomo I, p.114-166. 1963.

MURPHY, D. D. **Desafios à diversidade biológica em áreas urbanas**. In: E. O. Wilson (org.). Biodiversidade. Rio de Janeiro: Ed. Nova Fronteira, p 68-81. 1997.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara ,Koogan, p430, 1988.

OLIVEIRA, A.M.S. **O Papel da Geologia de Engenharia no Estudo do Assoreamento**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 8, 2009, São Paulo. Anais... São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 2009

OLIVEIRA, M.C **Matas ciliares e manejo das bacias hidrográficas no controle da erosão e na melhoria do uso das águas das chuvas**.Porto Seguro, BA: Alice, 2000. Disponível em: Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/134066/1/ID8737.pdf>> Acesso em: 22 jul. 2017

PAIQUERE. **Lago do Parque Arthur Thomas pode desaparecer com assoreamento.** Disponível em: <<http://www.paiquere.com.br/lago-do-parque-arthur-thomas-pode-desaparecer-com-assoreamento/>> Acesso em: 20 out. 2017

PALERMO, M.R. Technical Guidelines for Environmental Dredging of Contaminated Sediments. U.S. Environmental Protection Agency Office of Solid Waste and

PARANÁ, Ministério do Meio Ambiente. **Caderno da Região Hidrográfica do Paraná–** Brasília. p.25, 2006.

PARANÁ, Secretaria da Educação, Governo do Estado, PR. Disponível em: <<http://www.geografia.seed.pr.gov.br/modules/galeria/detalhe.php?foto=1570&evento=5>> Acesso em: 22 Mai 2017.

PONTOGENTE. **Dragagem.** Disponível em: <<https://portogente.com.br/portopedia/73040-dragagem>> Acesso em: 20 Set 2017.

RAMOS.C.L. Critérios indicativos para a caracterização da potencialidade do assoreamento em reservatórios urbanos. In: XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Belo Horizonte. p1-15. 1999.

RODERJAN, C.V; GALVÃO, F; KUNIYOSHI, Y,S; HATSCHBACH, G,G. **As unidades fitogeográficas do Estado do Paraná, Brasil.** Ciencia e Ambiente, v. 24, n 1, p 45-72, 2002.

ROSEBOOM, D.P, EVANS, R.L, ERICKSON, J.E, BROOKS, L.G. **An Inventory of Court Creek Watershed Characteristics That May Relate to Water Quality in the Watershed.** Document No. 83/23-A. Illinois Department of Energy and Natural Resources, Illinois State Water Survey, Peoria, Ill.1993, 90p. Disponível em: <<http://www.isws.illinois.edu/pubdoc/CR/ISWSCR-322a.pdf>> Acesso em: 12 Mar 2017

SILVA, A. R. C. B. **Impacto ambiental resultante das transformações espaciais na microbacia hidrográfica do ribeirão Cambé.** Monografia. Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Departamento de Geociências. Curitiba, 1994.

SORDI, G.N. **Impacto orçamentário da inserção de estratégias bioclimáticas de baixo custo em uma escola pública do Estado do Paraná**, Monografia de Pós Graduação (Construção em Obras Públicas), Universidade Federal do Paraná, PR Disponível em:

<<http://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/34365/SORDI,%20GISLENE%20TONETTE.pdf?sequence=1>> Acesso em: 20 out 2017

TOREZAN, J. M. **A Bacia do Rio Tibagi**. Nota sobre a vegetação da bacia do rio Tibagi. In: Bianchini, E.; M. E. Medri; J. A. Pimenta & O. A. Shibatta. Londrina. p.103-107, 2002. Disponível em: < <http://www.uel.br/pos/biologicas/pages/arquivos/pdf/Livro-A-Bacia-do-Tibagi.pdf>> Acesso em: 03 Mai. 2017

TUCCI, C. E. M. Collischonn, W. Drenagem urbana e controle de erosão. Porto Alegre Instituto de Pesquisas Hidráulicas - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/arroiodiluvio/conteudo-antigo/copy_of_sobre_o_arroiodiluvio/DRENAGEM%20URBANACON:TROLE%20DA%20EROSaO_TUCCI_COLLISCHONN.PDF> Acesso em: 12 set. 2017 Acesso em: 31 mai. 2017.

TUCCI, C E. M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**. Inundação Urbano –Recursos Hídricos. ed ministério das cidades, 2005.

TUCCI. C.E M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Editora da Universidade: ABHR. p 915, 1997.

VENANCIO , S. S. **Simulação Numérica aplicada ao assoreamento do reservatório Represa Velha**. p 168 . Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/272681523_Testes_de_simulacao_numerica_para_assoreamento_em_reservatorios_caso_da_Represa_Velha_-_SP> Acesso em: 20 Set 2017.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e tratamento de esgotos: 2ª Edição**. Belo Horizonte, v.1. p243, 1996.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Apêndice A 1 - Dados batimétricos e da sondagem à barra mina.....	74
-------------------------------------------------------------------	----

APÊNDICE B

Apêndice B 1– Perfil 1 da camada vertical do transecto 3.	75
Apêndice B 2 – Perfil 2 da camada vertical do transecto 4.	75
Apêndice B 3 – Perfil 3 da camada vertical do transecto 5.	75
Apêndice B 4 - Perfil 4 da camada vertical do transecto 6.	75
Apêndice B 5 - Perfil 5 da camada vertical do transecto 7	76
Apêndice B 6 - Perfil 6 da camada vertical do transecto 8	76
Apêndice B 7 - Perfil 7 da camada vertical do transecto 9	76
Apêndice B 8 - Perfil 8 da camada vertical do transecto 10	76
Apêndice B 9 - Perfil 9 da camada vertical do transecto 11	76
Apêndice B 10 - Perfil 10 da camada vertical do transecto 12	77
Apêndice B 11 - Perfil 11 da camada vertical do transecto 13	77
Apêndice B 12 - Perfil 12 da camada vertical do transecto 14	77

APÊNDICE C

Apêndice C 1– Comparação da temperatura superficial (°c) com a temperatura do fundo da coluna da água (°c) de um mesmo ponto.....	77
Apêndice C 2– Comportamento da temperatura (°c) em diferentes horários do dia.	77
Apêndice C 3 - Comportamento da temperatura (°c) em diferentes horários do dia.	78

APÊNDICE D

Apêndice D 1 - Ph médio dos transecto	80
---------------------------------------------	----

APÊNDICE E

Apêndice E 1 - Dados comparativo da turbidez (ntu) do fundo e superfície para pontos superiores a 1 metro. de profundidade..... 80

APÊNDICE F

Apêndice F 1 - valores referentes a condutividade elétrica ($\mu\text{s.cm}^{-1}$) dos pontos coletados 81

APÊNDICE G

Apêndice G 1 - dados comparativos da transparência (m) com profundidade da coluna da água(m)..... 82

Apêndice G 2 - dados comparativos da transparência(m) com profundidade da coluna da água(m)..... 83

Apêndice A - 1 Dados Batimétricos e da Sondagem à Barra Mina

Perfil	Pontos	Profundidade da coluna da água (m)	Espessura do sedimento (m)	
T1	P1	0.7	0.7	
T2	P2	0.2	0.2	
T3	P3	0.4	2.3	
	P4	0.15	3	
	P5	0.1	3.4	
	P6	0.5	1.7	
	P7	0.7	1.2	
	T4	P8	0.6	1.7
		P9	0.2	1
P10		0.9	1.8	
P11		0.9	2	
P12		0.6	1.5	
T5		P13	0.8	3.1
		P14	0.4	3.5
	P15	0.7	3.1	
	P16	0.7	2.3	
	P17	0.6	1.6	
T6	P18	0.7	1.9	
	P19	0.6	3.5	
	P20	0.7	3.2	
	P21	0.7	3	
	P22	0.7	0.85	
	T7	P23	0.7	3
P24		0.8	2.05	
P25		0.9	3	
P26		0.9	3	
P27		0.5	0.4	
T8		P28	0.4	2.3
	P29	1.5	3.1	
	P30	1.1	3	
	P31	1.3	1.1	
	P32	0.6	1.2	
	T9	P33	0.4	0.8
P34		1.5	1.9	
P35		1.6	3.2	
P36		1.4	2.5	
P37		0.6	1	
T10		P38	0.5	2.2
	P39	1.5	1.7	
	P40	1.5	1.5	
	P41	0.8	0.5	
	P42	0	0	
T11	P43	0.6	4	
	P44	1.4	2.5	
	P45	1.9	2	
	P46	0.7	0.7	
T12	P47	0.7	1.6	
	P48	1.3	1.7	
	P49	1.5	3	
	P50	0.3	0.3	
T13	P51	0.8	1.8	
	P52	1.3	2	
	P53	1.8	1.9	

(continuação)

Perfil	Pontos	Profundidade da coluna da água (m)	Espessura do sedimento (m)
T14	P54	1.5	0.5
	P55	2	2.6
	P56	0.5	0.5

Fonte: Autoria própria (2017).

Apêndice B 1 - Perfil 1 da camada vertical do transecto 3.

Pontos	Solo (m)	Espessura do sedimento (m)	Profundidade da lâmina d'água (m)
P3	2.3	2.3	0.4
P4	1.85	3	0.15
P5	1.5	3.4	0.1
P6	2.8	1.7	0.5
P7	3.1	1.2	0.7

Fonte: Autoria própria (2017).

Apêndice B 2 - Perfil 2 da camada vertical do transecto 4.

Pontos	Solo (m)	Espessura do sedimento (m)	Profundidade da lâmina d'água (m)
P9	3.8	1	0.2
P10	2.3	1.8	0.9
P11	2.1	2	0.9
P12	2.9	1.5	0.6

Fonte: Autoria própria (2017).

Apêndice B 3 - Perfil 3 da camada vertical do transecto 5.

Pontos	Solo (m)	Espessura do sedimento (m)	Profundidade da lâmina d'água (m)
P13	1.1	3.1	0.8
P14	1.1	3.5	0.4
P15	1.2	3.1	0.7
P16	2	2.3	0.7
P17	2.8	1.6	0.6

Fonte: Autoria própria (2017).

Apêndice B 4 - Perfil 4 da camada vertical do transecto 6.

Pontos	Solo (m)	Espessura do sedimento (m)	Profundidade da lâmina d'água (m)
P18	2.5	1.9	0.7
P19	1	3.5	0.6
P20	1.2	3.2	0.7
P21	1.4	3	0.7
P22	3.55	0.85	0.7

Fonte: Autoria própria (2017).

Apêndice B 5 - Perfil 5 da camada vertical do transecto 7

Pontos	Solo (m)	Espessura do sedimento (m)	Profundidade da lâmina d'água (m)
P23	1.3	3	0.7
P24	2.15	2.05	0.8
P25	1.1	3	0.9
P26	1.1	3	0.9
P27	4.1	0.4	0.5

Fonte: Autoria própria (2017).

Apêndice B 6 - Perfil 6 da camada vertical do transecto 8

Pontos	Solo (m)	Espessura do sedimento (m)	Profundidade da lâmina d'água (m)
P28	1.9	2.3	0.8
P29	1.5	3.1	0.4
P30	1.3	3	0.7
P31	3.2	1.1	0.7
P32	3.2	1.2	0.6

Fonte: Autoria própria (2017).

Apêndice B 7 - Perfil 7 da camada vertical do transecto 9

Pontos	Solo (m)	Espessura do sedimento (m)	Profundidade da lâmina d'água (m)
P33	3.8	0.8	0.4
P34	1.6	1.9	1.5
P35	0.2	3.2	1.6
P36	1.1	2.5	1.4
P37	3.4	1	0.6

Fonte: Autoria própria (2017).

Apêndice B 8 - Perfil 8 da camada vertical do transecto 10

Pontos	Solo (m)	Espessura do sedimento (m)	Profundidade da lâmina d'água (m)
P38	2.3	2.2	0.5
P39	1.8	1.7	1.5
P40	2	1.5	1.5
P41	3.7	0.5	0.8
P42	5	0	0

Fonte: Autoria própria (2017).

Apêndice B 9 - Perfil 9 da camada vertical do transecto 11

Pontos	Solo (m)	Espessura do sedimento (m)	Profundidade da lâmina d'água (m)
P43	0.4	4	0.6
P44	1.1	2.5	1.4
P45	1.1	2	1.9
P46	3.6	0.7	0.7

Fonte: Autoria própria (2017).

Apêndice B 10 - Perfil 10 da camada vertical do transecto 12

Pontos	Solo (m)	Espessura do sedimento (m)	Profundidade da lâmina d'água (m)
P47	2.8	1.6	0.7
P48	2	1.7	1.3
P49	0.5	3	1.5
P50	4.4	0.3	0.3

Fonte: Autoria própria (2017)

Apêndice B 11 - Perfil 11 da camada vertical do transecto 13

Pontos	Solo (m)	Espessura do sedimento (m)	Profundidade da lâmina d'água (m)
P51	2.4	1.8	0.8
P52	1.7	2	1.3
P53	1.3	1.9	1.8

Fonte: Autoria própria (2017).

Apêndice B 12 - Perfil 12 da camada vertical do transecto 14

Pontos	Solo (m)	Espessura do sedimento (m)	Profundidade da lâmina d'água (m)
P8	3	0.5	1.5
P9	2.2	2.6	2
P10	4	0.5	0.5

Fonte: Autoria própria (2017).

Apêndice C 1 - Comparação da temperatura superficial (°C) com a temperatura do fundo da coluna da água (°C) de um mesmo ponto.

Pontos	Temperatura da superfície da água (°C)	Temperatura do fundo da água (°C)
P29	21.79	21.5
P30	21.64	21.9
P31	21.5	21.45
P34	22.17	22.28
P35	22.16	22.03
P36	22.04	21.89
P39	23.02	22.82
P40	23.13	23.45
P44	22.96	22.92
P45	22.72	22.5
P48	23.8	23.4
P49	22.63	22.1
P52	22.97	22.32
P53	22.18	22.82
P54	22.73	21.11
P55	21.79	21.18

Fonte: Autoria própria (2017).

Apêndice C 2 - Comportamento da temperatura (°C) em diferentes horários do dia.

Pontos	Horário da coleta (h)	Temperatura da água (°C)
P1	10:48	21.37
P2	11:23	21.71

(continuação)

Pontos	Horário da coleta (h)	Temperatura da água (°C)
P3	11:50	21.65
P4	12:03	21.75
P5	12:20	21.89
P6	12:31	22
P7	12:58	22.69
P8	13:31	22.44
P9	13:37	24.2
P10	13:59	23.3
P11	14:24	23.65
P12	14:29	23.5
P13	15:08	23.7
P14	15:18	23.3
P15	15:25	23.5
P16	15:32	23.77
P17	15:41	23.8
P18	16:07	23.77
P19	16:15	23.14
P20	16:20	23.23
P21	16:27	23.3
P22	16:34	23.3
P23	17:04	22
P24	17:12	22.6
P25	17:20	22.8
P26	17:26	22.91
P27	17:30	22.9

Fonte: Autoria própria (2017).

Apêndice C 3 - Comportamento da temperatura (°C) em diferentes horários do dia.

Pontos	Horário da coleta (h)	Temperatura da água (°C)
P28	10:28	21.33
P29	10:40	21.45
P30	10:50	21.64
P31	11:01	21.79
P32	11:15	21.92
P33	11:41	21.95
P34	11:51	22.04
P35	12:02	22.16
P36	12:13	22.17
P37	12:27	22.5
P38	12:47	23.15
P39	12:58	23.02
P40	13:15	23.13
P41	13:30	22.87
P42	13:38	24.1
P43	14:48	22.7
P44	15:01	22.96
P45	15:18	22.72
P46	15:22	22.9
P47	15:41	22.89
P48	15:55	23.8

(Continuação)

Pontos	Horário da coleta (h)	Temperatura da água (°C)
P49	16:02	22.63
P50	16:11	22.7
P51	16:22	22.63
P52	16:27	22.97
P53	16:46	22.18
P54	17:23	22.73
P55	17:30	21.79

Fonte: Autoria própria (2017).

Apêndice C 4 - Relação da temperatura da água (°C) com a profundidade da lamina da água (m).

Pontos	Profundidade da lamina da água (m)	Temperatura da água (°C)
P1	0.7	21.37
P2	0.2	21.71
P3	0.4	21.65
P4	0.15	21.75
P5	0.1	21.89
P6	0.5	22
P7	0.7	22.69
P8	0.6	22.44
P9	0.2	24.2
P10	0.9	23.3
P11	0.9	23.65
P12	0.6	23.5
P13	0.8	23.7
P14	0.4	23.3
P15	0.7	23.5
P16	0.7	23.77
P17	0.6	23.8
P18	0.7	23.77
P19	0.6	23.14
P20	0.7	23.23
P21	0.7	23.3
P22	0.7	23.3
P23	0.7	22
P24	0.8	22.6
P25	0.9	22.8
P26	0.9	22.91
P27	0.5	22.9
P28	0.4	21.92
P29	1.5	21.79
P30	1.1	21.64
P31	1.3	21.5
P32	0.6	21.33
P33	0.4	22.5
P34	1.5	22.17
P35	1.6	22.16
P36	1.4	22.04
P37	0.6	21.95
P38	0.5	23.15
P39	1.5	23.02
P40	1.5	23.13
P41	0.8	22.87

(continuação)

Pontos	Profundidade da lamina da água (m)	Temperatura da água (°C)
P42	0	24.1
P43	0.6	22.7
P44	1.4	22.96
P45	1.9	22.72
P46	0.7	22.9
P47	0.7	22.89
P48	1.3	23.8
P49	1.5	22.63
P50	0.3	22.7
P51	0.8	22.63
P52	1.3	22.97
P53	1.8	22.18
P54	1.5	22.73
P55	2	21.79
P56	0.5	21.3

Fonte: Autoria própria (2017).

Apêndice D 1 - Ph médio dos transecto

Médias dos Pontos de cada transecto	pH
T1	6.86
T2	7.12
T3	6.9
T4	7.1
T5	7.12
T6	7.08
T7	6.98
T8	6.83
T9	6.905
T10	7.33
T11	7.325
T12	7.285
T13	7.08
T14	7.7

Fonte: Autoria própria (2017).

Apêndice E 1 - Dados comparativo da turbidez (NTU) do fundo e superfície para pontos superiores a 1 metro de profundidade

Pontos superiores a 1 metro de profundidade	Fundo da coluna da água (NTU)	Superfície da água (NTU)
P29	2.38	1.47
P30	2.02	1.57
P31	2.23	1.61
P34	2.02	1.71
P35	2.61	1.87
P36	1.67	1.8
P39	1.92	1.46
P40	1.56	1.87
P44	2.53	2.32
P45	2.12	1.65
P48	2.5	1.86

(continuação)

Pontos superiores a 1 metro de profundidade	Fundo da coluna da água (NTU)	Superfície da água (NTU)
P49	2.02	1.67
P52	1.92	1.67
P53	1.82	1.69
P54	1.79	1.64
P55	2.01	1.61

Fonte: Autoria própria (2017).

Apêndice F 1 - Valores referentes a condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}$) dos pontos coletados

Pontos	Condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)
P1	57.7
P2	54.4
P3	53.1
P4	54
P5	54.8
P6	53.2
P7	53.7
P8	55.8
P9	56
P10	56.5
P11	55.3
P12	55.5
P13	53
P14	54.7
P15	54
P16	54.5
P17	55.3
P18	51.8
P19	52.8
P20	53
P21	51.1
P22	52
P23	56.6
P24	54.5
P25	52.3
P26	54.1
P27	53.2
P28	50.1
P29	51.5
P29 F	51.1
P30	52.4
P30 F	51.7
P31	51.4
P31 F	53.3
P32	50.6
P33	54
P34	52.2
P34 F	51.9
P35	53.3
P35 F	55.5

(continuação)

Pontos	Condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)
P36	54.9
P36 F	53.6
P37	51
P38	55.1
P39	55.5
P39 F	53.2
P40	51.1
P40 F	52.9
P41	57
P42	54.4
P43	50.1
P44	51.8
P44 F	49.3
P45	53.1
P45 F	54.4
P46	55.5
P47	47.9
P48	51.3
P48 F	54.1
P49	52.7
P49 F	58
P50	50.3
P51	53.1
P52	55.2
P52 F	51.1
P53	55.8
P53 F	52.3
P54	55.5
P54 F	54
P55	52.1
P55 F	53.3
P56	49.9

Fonte: Autoria própria (2017).

Apêndice G 1 - Dados comparativos da transparência (m) com profundidade da coluna da água(m).

Pontos	Transparência da água (m)	Profundidade da lamina da água (m)
P1	0.7	0.7
P2	0.2	0.2
P3	0.4	0.4
P4	0.15	0.15
P5	0.1	0.1
P6	0.5	0.5
P7	0.7	0.7
P8	0.6	0.6
P9	0.2	0.2
P10	0.9	0.9
P11	0.9	0.9
P12	0.6	0.6
P13	0.8	0.8
P14	0.4	0.4

(continuação)

Pontos	Transparência da água (m)	Profundidade da lamina da água (m)
P15	0.7	0.7
P16	0.7	0.7
P17	0.6	0.6
P18	0.7	0.7
P19	0.6	0.6
P20	0.7	0.7
P21	0.7	0.7
P22	0.7	0.7
P23	0.7	0.7
P24	0.8	0.8
P25	0.9	0.9
P26	0.8	0.9
P27	0.5	0.5

Fonte: Aatoria Própria (2017)

Apêndice G 2 - Dados comparativos da transparência(m) com profundidade da coluna da água(m)

Pontos	Transparência da água (m)	Profundidade da lamina da água (m)
P28	0.4	0.4
P29	0.8	1.5
P30	0.8	1.1
P31	1	1.3
P32	0.6	0.6
P33	0.4	0.4
P34	0.7	1.5
P35	0.8	1.6
P36	0.8	1.4
P37	0.6	0.6
P38	0.5	0.5
P39	0.8	1.5
P40	0.8	1.5
P41	0.8	0.8
P42	0	0
P43	0.6	0.6
P44	0.7	1.4
P45	0.9	1.9
P46	0.7	0.7
P47	0.7	0.7
P48	0.9	1.3
P49	0.8	1.5
P50	0.3	0.3
P51	0.8	0.8
P52	0.8	1.3
P53	0.9	1.8
P54	0.8	1.5
P55	0.7	2
P56	0.5	0.5

Fonte: Aatoria própria (2017).