



**CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS E SUAS IMPLICAÇÕES
NO ACÚMULO DE SEDIMENTOS EM RESERVATÓRIOS: O
CASO DA REPRESA HEDBERG, IPERÓ/SP.**

**MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS AND IMPLICATIONS IN
SEDIMENT ACCUMULATION IN RESERVOIRS: THE CASE OF
HEDBERG DAM, IPERÓ / SP.**

Darllan Collins da Cunha e Silva
Universidade Estadual Paulista - UNESP
São Paulo, SP, Brasil
e-mail: darllanamb@yahoo.com.br

Jomil Costa Abreu Sales
Universidade Estadual Paulista - UNESP
São Paulo, SP, Brasil
e-mail: jomilc@gmail.com

José Luiz Albuquerque Filho
Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT
Brasil
e-mail: albuzelu@ipt.br

Roberto Wagner Lourenço
Universidade Estadual Paulista - UNESP
São Paulo, SP, Brasil
e-mail: robertow@sorocaba.unesp.br

Recebido em: 31/07/2015

Aceito em: 04/11/2015

Resumo

Sedimentos resultantes de processos erosivos são um dos principais responsáveis pelo assoreamento e, em muitos casos, eutrofização de ambientes aquáticos. Desta forma, o presente estudo avaliou espacialmente o grau de degradação de um reservatório, por meio da avaliação físico-química e limnológica, bem como por modelagem hidrológica e hidráulica, visando à caracterização e o diagnóstico do problema como ferramenta de subsídio a ações mitigadoras. Os resultados obtidos mostraram que o reservatório tem um volume hídrico aproximado de 500.000 m³ e um índice de Desenvolvimento de Perímetro de 2,28, indicando um grau mediano de irregularidade das margens.

O relevo do fundo do reservatório apresentou as maiores profundidades na orientação de centro-oeste a nordeste e de nordeste a norte, estando a região mais profunda à cerca de 120 m da barragem e declividade média e máxima de aproximadamente 30% e 52%. A condutividade e temperatura para a região limnética e litorânea estavam acima dos níveis de tolerância sugeridos pelo órgão ambiental, indicando grande quantidade de íons dissolvidos, podendo ser provenientes de esgoto doméstico e erosão do solo. Também foi possível identificar a proliferação de algas e macrófitas, podendo indicar a presença de processos de hipereutrofização. Para a melhoria qualitativa do reservatório, intervenções de desassoreamento e recomposição da mata ciliar de alguns setores da represa devem ser realizados, o que pode melhorar as condições da qualidade da água. A metodologia adotada mostrou-se bastante eficiente para quantificar sedimentos em reservatórios e de grande relevância para a elaboração de programas de gestão e manejo de reservatórios.

Palavras-chave: Processos erosivos; qualidade da água; sedimentos; reservatórios.

Abstract

Sediments resulting from erosion are a silting major contributor, in many cases, causing aquatic environments eutrophication. Thus, this study evaluated spatially the degradation degree of a reservoir, by physicochemical evaluation, limnological, as well as hydrological and hydraulic modeling, aiming the problem characterization and diagnosis as a subsidy tool to mitigating actions. The results showed that the water reservoir has a substantial water volume around 500,000 m³ and a 2.28 perimeter development index, indicating a margins moderate irregularity degree. The reservoir bottom relief showed the deepest areas in the guidance of west-central to northeast and from northeast to north, being the deepest region is around 120 m from the dam, with average and maximum slope of approximately 30% and 52%. The limnetic and coastal region conductivity and temperature were above the tolerance levels suggested by the environmental agency indicating a large amount of dissolved ions, which may come from sewage or soil erosion. It was also possible to identify the algae and macrophytes proliferation, which may indicate the presence of hypertrophication process. For the qualitative improvement of the reservoir, dredging interventions and restoration of riparian vegetation in the dam surroundings areas should be performed, thus improving water quality conditions. The methodology proved to be very efficient to quantify sediment in reservoirs and great relevance to managing programs development and reservoirs management.

Keys words: Erosion; water quality; sediments; reservoirs.

1. INTRODUÇÃO

A qualidade e quantidade de água dos rios de uma bacia de drenagem sofrem muitas alterações devido às ações antrópicas provocadas pelo crescimento populacional, industrial e agrícola associados a eventos climáticos naturais. Estas alterações são verificadas pelos processos de lançamento de esgotos domésticos e industriais sem tratamento, pela contaminação por herbicidas, pesticidas, adubos e fertilizantes utilizados na agricultura e pela erosão (TUCCI, 2008).

Os processos erosivos, além de serem os maiores responsáveis pelo transporte dos sedimentos pelas encostas das montanhas, são os principais responsáveis pelos processos de assoreamento dos cursos d'água (CARVALHO, 2000; QUILBÉ, 2006). Estes processos acontecem quando a quantidade de solo ocorre em proporções maiores que a capacidade máxima dos receptores de os transportarem, fazendo com que estes se depositem causando entre outras coisas o entulhamento e entupimento dos canais e a eutrofização do ambiente aquático (QUILBÉ, 2006; PINESE JÚNIOR, 2008).

Quando isso ocorre, a morfometria do ambiente aquático acaba se modificando e, esta modificação exerce uma influência substancial nas características físicas, químicas e biológicas da água, afetando os padrões de mistura da coluna de água, o conteúdo de calor e o tempo de residência da água, os processos de erosão, de transporte e acumulação dos sedimentos e nutrientes, ainda a produtividade biológica e o consumo de oxigênio (BEZERRA-NETO; PINTO-COELHO, 2002; USACE-US, 2004; QUILBÉ, 2006; DUAN, 2013).

Estudos batimétricos e do relevo de ambientes aquáticos tem sido realizados de forma sistêmica e são fundamentais para o conhecimento básico sobre a estrutura do corpo d'água e compreensão da maneira como os parâmetros morfométricos atuam sobre o relevo e o funcionamento do ecossistema aquático (FURNANS; AUSTIN, 2008).

Resck (2007) estudou a batimetria e a morfometria da represa da Pampulha, Minas Gerais, Brasil, e avaliou 22.183 pontos com precisão submétrica permitindo identificar várias depressões pontuais, as quais se

mostraram correlacionadas com parâmetros físicos-químicos. Miranda (2007) realizou a digitalização e análise multitemporal das cartas náuticas de 1962 e 2003 da Baía do Guajará – Belém/PA, Brasil, estudando a dinâmica das modificações morfológicas e batimétricas da área, como deslocamento de canais, e as alterações no relevo de fundo, que permitiu identificar setores com assoreamento bastante significativo, os quais foram configurados como áreas de risco à navegação e a atividade portuária.

Higgins *et al.* (2007), avaliaram a sequência histórica batimétrica e reconstruíram as mudanças de distribuição dos sedimentos do estuário de San Pablo em São Francisco/Califórnia entre 1978 ao ano de 2000, comparando a reconstrução dos períodos derivados do perfil de medição de sedimentos e Cs e Pb utilizando um modelo bacteriológico, enquanto que, Estigoni (2009) comparou diferentes metodologias de levantamentos batimétricos realizados no reservatório da usina hidrelétrica do Lobo, na Região central do Estado de São Paulo, Brasil, utilizando ferramentas de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) para calcular o nível de assoreamento da usina.

No entanto, a maior parte dos métodos se concentrou em estudar as características físico-químicas dos sedimentos e da água, deixando em segundo plano a quantificação dos sedimentos depositados nos cursos d'água. Porém, a quantificação dos sedimentos é de grande importância para o desenvolvimento de programas de desassoreamento e remoção de carga poluidora, etapas de processos de recuperação e revitalização de ambientes aquáticos danificados (QUILBÉ, 2006; FURNANS; AUSTIN, 2008, SILVA; PAIVA; SANTOS, 2009).

Desta forma, buscou-se avaliar o grau de degradação de um reservatório utilizando ferramentas de análise espacial de Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) para apoiar o estabelecimento de programas que recuperem sua capacidade de manter as suas demandas, em função das características morfométricas, caracterização físico-química ambiental e limnológica.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Área de Estudo

A metodologia proposta foi aplicada em uma represa localizada no Rio Ipanema, que por sua vez é um dos principais afluentes do Rio Sorocaba, localizado no Estado de São Paulo, Brasil (Figura 1). A represa é denominada como Represa Hedberg e tem relativa importância visto que atualmente sofre um intenso processo de deterioração e degradação resultante de atividade antrópicas desenvolvidas em regiões urbanas e rurais, o que tem provocado a substancial concentração de macrófitas e material sedimentológico observáveis em suspensão e bancos de areia. Além disso, a represa está inserida em uma importante área de conservação denominada Floresta Nacional de Ipanema (FLONA de Ipanema), cuja principal função é a preservação dos mananciais da região (SILVEIRA *et al.*, 2005).

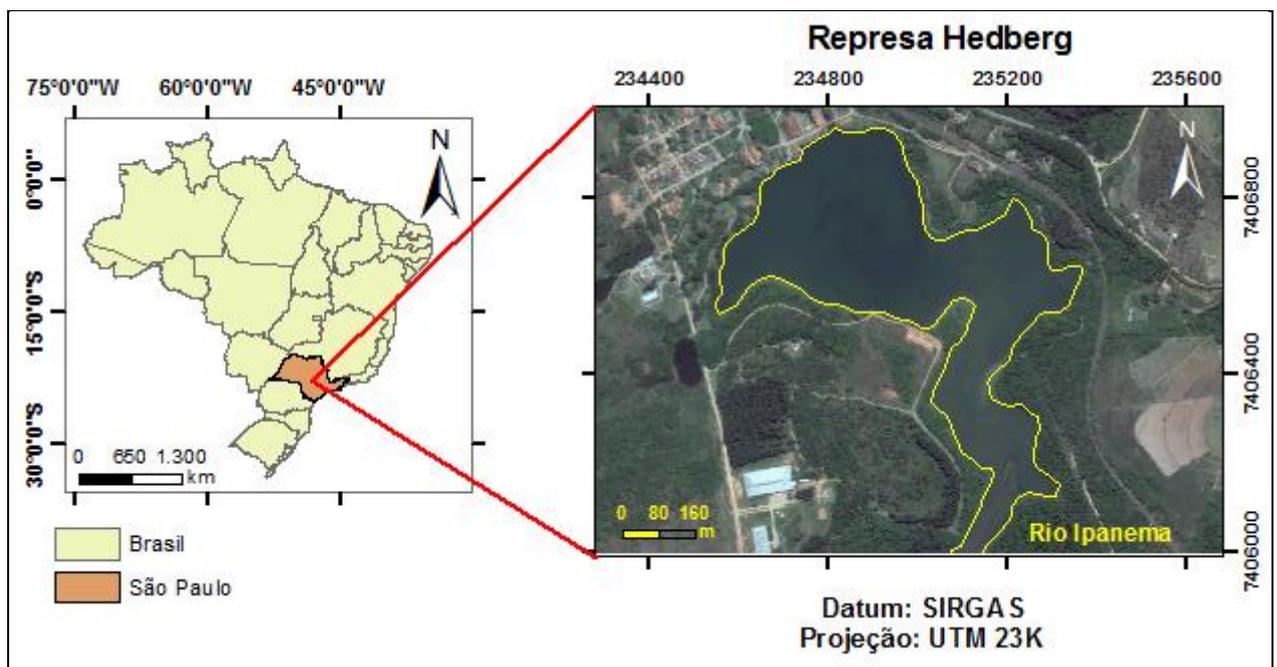


Figura 1. Localização da área de estudo

Estudos fitossociológicos realizados por Albuquerque (1999) na FLONA de Ipanema descrevem a vegetação composta por espécies características de Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila Mista, Cerrado *lato senso* e Floresta Ombrófila Densa. É formado por áreas com características

fitofisionômicas e edáficas distintas, sendo que a vegetação do sopé difere daquela existente no topo do Morro. Além disso, vale ressaltar que além da vegetação nativa, possui reflorestamento com eucalipto (FÁVERO, 2001; FÁVERO, 2004).

Com relação ao meio físico Ranzani *et al.* (1965) cartografou, na escala 1:10.000, 21 tipos diferentes de solos na FLONA de Ipanema, organizados em quatro grandes grupos predominantes na Unidade de Conservação que são: Latossolos vermelho escuro, solos podizólicos amarelo, litossolo e solos aluviais e hidromórficos.

Segundo Fávero (2004) os usos da terra encontrados atualmente na FLONA de Ipanema, são: 1.388ha de cobertura florestal secundária (27%); cerca de 2.300 ha divididos entre vegetação herbácea pioneira, capoeiras, várzeas e cerrado (45%); 220ha de reflorestamentos com *Eucalyptus sp* (4%); 1.148ha ocupados por integrantes do Movimento dos Sem Terra - MST (23%); e cerca de 50ha para sede administrativa, vila residencial e sítios histórico-arqueológicos (1%).

Segundo estudo realizado por Fatoreto (2011), o Índice de Qualidade de Água do parque e das comunidades do entorno, de acordo com parâmetros estabelecidos pela CONAMA 357/05, são classificados entre Boa e Ótima. Porém, foram detectados na represa, além de pontos de lançamento de esgoto, vegetação de macrófitas e taboas, além de grande quantidade de sedimentos (FATORETO, 2011; GALINDO; ALMEIDA, 2013).

2.2. Aquisição dos dados

Os pontos de amostragem para coleta das medidas de profundidade (*Zm*) foram definidos sobre levantamento aerofotogramétrico realizado no ano de 2010 em escala de 1:10.000 contendo a delimitação do perímetro da represa. Para a sistematização dos procedimentos de amostragem foi utilizado o programa ArcGIS 10.1. Foi utilizada uma embarcação de alumínio de aproximadamente 5 metros para o deslocamento dentro da represa e uma trena de fibra de vidro de 50 m com peso de aproximadamente 500 g de chumbo na extremidade para medir as profundidades.

O sistema de coleta das medidas de profundidades foi tomado em 15 perfis perpendiculares ao eixo de maior comprimento da represa, totalizando 63 pontos de amostragem (Figura 2).

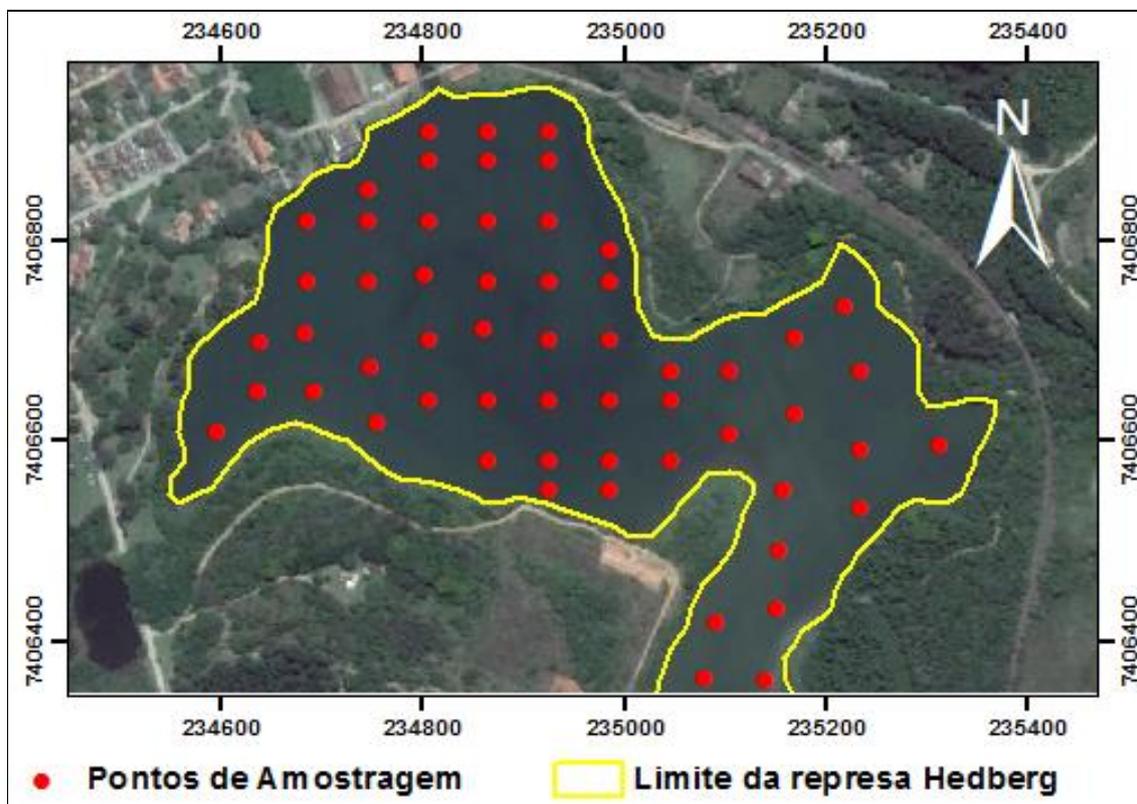


Figura 2. Localização dos pontos de amostragens na área de estudo

2.3. Determinação dos parâmetros morfométricos

Para obtenção do modelo de elevação e geração do mapa batimétrico e de declividades do fundo da represa Hedberg foi aplicada uma análise geoestatística por meio da interpolação dos dados pelo método da Krigagem ordinária. Trata-se de um processo que tem por finalidade a extração de uma função de correlação entre os valores situados numa determinada vizinhança e direção no espaço amostrado. A interpolação é realizada por meio das médias móveis, levando-se em conta a interdependência das amostras determinada por uma função denominada semivariograma (LANDIM, 2000; LOURENÇO *et al.*, 2004; TATALOVICH *et al.*, 2006; SOUZA *et al.*, 2010; YAMAMOTO; LANDIM, 2013).

Os parâmetros morfométricos primários da represa foram calculados a partir de procedimentos analíticos utilizando como base a linha contínua que delimita a área da represa sobre a Aerofoto. Foram medidos os seguintes parâmetros: área superficial (A_s), perímetro (P), comprimento máximo (C_m) e largura máxima (L_m).

Em seguida foi calculado o volume do relevo no reservatório (V_r) a partir da área de corte vertical entre a profundidade mínima (Z_{min}) e a profundidade máxima (Z_m) da seguinte forma:

Onde o padrão dos coeficientes é $\{1,2,2,2, \dots, 2,2,1\}$:

$$A_i = \frac{\Delta x}{2} [Z_{i,1} + 2Z_{i,2} + 2Z_{i,3} \dots + 2Z_{i,n-1} + Z_{i,n}] \quad (1)$$

$$V_r = \frac{\Delta y}{2} [A_1 + 2A_2 + 2A_3 \dots + 2A_{n-1} + A_n] \quad (2)$$

onde,

Δx é o espaçamento entre colunas da grade de coordenadas;

Δy é o espaçamento entre linhas da grade de coordenadas;

A_i é a área da superfície de corte vertical do relevo;

$Z_{i,j}$ são os valores encontrados para a profundidade (m) do reservatório;

V_r é o volume do relevo no reservatório (m^3).

O volume hídrico (V_a) foi calculado da seguinte forma:

$$V_a = (A_s * Z_m) - V_r \quad (3)$$

onde,

V_r é o volume do relevo no reservatório (m^3),

A_s é a área superficial do reservatório (m^2),

Z_m é a profundidade máxima (m) do reservatório.

A profundidade média (\bar{Z}) foi calculada da seguinte forma:

$$\bar{Z} = V_a / A_s \quad (4)$$

onde,

V_a é volume hídrico,

A_s é a área superficial do reservatório.

A forma da represa (F) foi calculada da seguinte forma:

$$F = [(6 * \bar{Z}) / Z_m] - 3 \quad (5)$$

onde,

\bar{Z} é a profundidade média,

Z_m é a profundidade máxima (m) do reservatório,

6 e 3 são constantes.

O índice de desenvolvimento de volume (D_v) foi calculado da seguinte forma:

$$D_v = (3 \cdot \bar{Z}) / Z_m \quad (6)$$

onde,

\bar{Z} é a profundidade média,

Z_m é a profundidade máxima (m) do reservatório,

3 é uma constante.

O índice de desenvolvimento de perímetro (D_p) foi calculado da seguinte forma:

$$D_p = P / (2 \cdot \pi \cdot R) \quad (7)$$

onde,

P é o perímetro da represa,

R é o raio maior (m) da represa,

2 e π são constantes.

A declividade média (α), foi calculada da seguinte forma:

$$\alpha = \{[(l_0/2) + l_1 + l_2 + \dots + l_{n-1} + (l_n/2)] \cdot Z_m\} / (10 \cdot A_s \cdot n) \quad (8)$$

onde,

l_0, l_1, \dots, l_n é o comprimento (Km) das linhas de contorno,

n é o número de linhas de contorno,

A_s é a área superficial do reservatório.

2.4. Qualidade da Água

A qualidade físico-química da água foi medida *in situ*. Para a caracterização foram realizadas 63 amostragens, distribuídas, nos mesmos pontos onde foram medidas as profundidades. Foi medido a da temperatura (°C), condutividade específica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) e pH, nos dias 26 e 27 de outubro de 2014, entre 9 e 15 horas. Para as determinações dos parâmetros foi utilizado um condutivímetro e um *phmetro* portátil ambos da marca *Hanna Instruments*,

além de um Oxímetro/Termômetro da marca *Phyme*. A interpretação dos resultados dessas amostragens foi baseada na Resolução CONAMA 357/05 e nos índices estabelecidos pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Morfometria

Os valores das variáveis morfométricas são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Características morfométricas da represa Hedberg

Parâmetros	Resultados
Área superficial (A)	232.691,97 m ²
Perímetro (P)	3.934,36 m
Volume de água (Va)	501.000 m ³
Volume do relevo no reservatório (Vr)	797.000 m ³
Comprimento máximo (Cm)	779,64 m
Largura máxima (Lm)	445,87 m
Profundidade máxima (Zm)	5,58 m
Profundidade média (\bar{Z})	2,90 m
$\bar{Z}:Zm$	0,52
Índice de desenvolvimento de volume (D _v)	1,56
Índice de desenvolvimento de perímetro (D _p)	2,28
Forma (F)	0,12
Declividade máxima (α)	52 %

A configuração da bacia do reservatório pode ser evidenciada pelo índice de desenvolvimento de volume (D_v). Lagos ou represas que apresentem D_v igual a 1, tem sua bacia com a forma aproximada de um cone. À medida

que o D_v afasta-se do valor 1, os lagos e represas vão assumindo formas convexas ($D_v < 1$) ou côncavas ($D_v > 1$). De acordo com Brighenti et al. (2011), lagos rasos e com grande área apresentam um D_v elevado, como é o caso da represa em estudo, o que favorece a evaporação da água indicando neste caso que o reservatório está sofrendo assoreamento devido ao acúmulo de sedimentos oriundos de processos erosivos. Outra maneira de se avaliar a configuração da bacia é pela razão da profundidade média sobre profundidade máxima ($\bar{Z}:Z_m$) e o valor dessa relação para um cone ideal é de 0,333 (NETO; PINTO-COELHO, 2008). Para a represa Hedberg, a forma cônica da bacia de acumulação do reservatório não foi evidenciada (Tabela 1).

A represa apresentou um volume hídrico bem expressivo, com cerca de 500.000 m³, ou seja, 5×10^{-4} km³. Todavia, quando este volume é comparado com o da Represa de Itupararanga localizada no município de Votorantim-SP este valor é bem pequeno, pois a represa de Itupararanga apresenta um volume de 286 milhões de m³. Essa comparação é interessante, pois os dois reservatórios estão inseridos na mesma região e são fontes de abastecimento de água para população localizada nessa região.

O desenvolvimento de perímetro (D_p), também chamado de desenvolvimento da margem, indica a variação do contorno das margens. Se o resultado do D_p de um lago qualquer é igual à 1, este possui forma totalmente circular. No entanto, qualquer alteração no contorno do perímetro fará com que o valor de D_p supere o valor de 1, sendo tanto maior quanto mais forte for o grau de irregularidade do contorno superficial do lago (SPERLING, 1999; USACE-US, 2004; FURNANS; AUSTIN, 2008).

A represa Hedberg apresentou um índice de desenvolvimento de perímetro, $D_p = 2,28$, o que indica um grau mediano de irregularidade das margens. Exemplos de lagos nessa categoria são: a Lagoa Carioca situada no Parque Estadual do Rio Doce (PERD), Estado de Minas Gerais, com $D_p = 1,29$ (BEZERRA-NETO; PINTO-COELHO, 2008) e o lago Parque Norte, Colômbia, com $D_p = 1,31$ (RAMIREZ, 2000).

Quanto maior o D_p , maior será a superfície de interferência dos ventos, contribuindo positivamente para a oxigenação da água, através de trocas de

calor, porém a ocorrência de erosão é maior, pois o aumento da irregularidade contribui para o aumento da erosão e, conseqüentemente, maior propensão ao acúmulo de sedimentos na represa (FURNANS; AUSTIN, 2008). A partir dessa informação, percebe-se que a represa de Hedberg tem uma propensão à ocorrência de erosão.

O relevo de fundo da represa Hedberg apresenta as maiores profundidades com orientação de centro-oeste a nordeste e de nordeste a norte, estando a região mais profunda localizada a cerca de 120 m da barragem (Figuras 3 e 4).

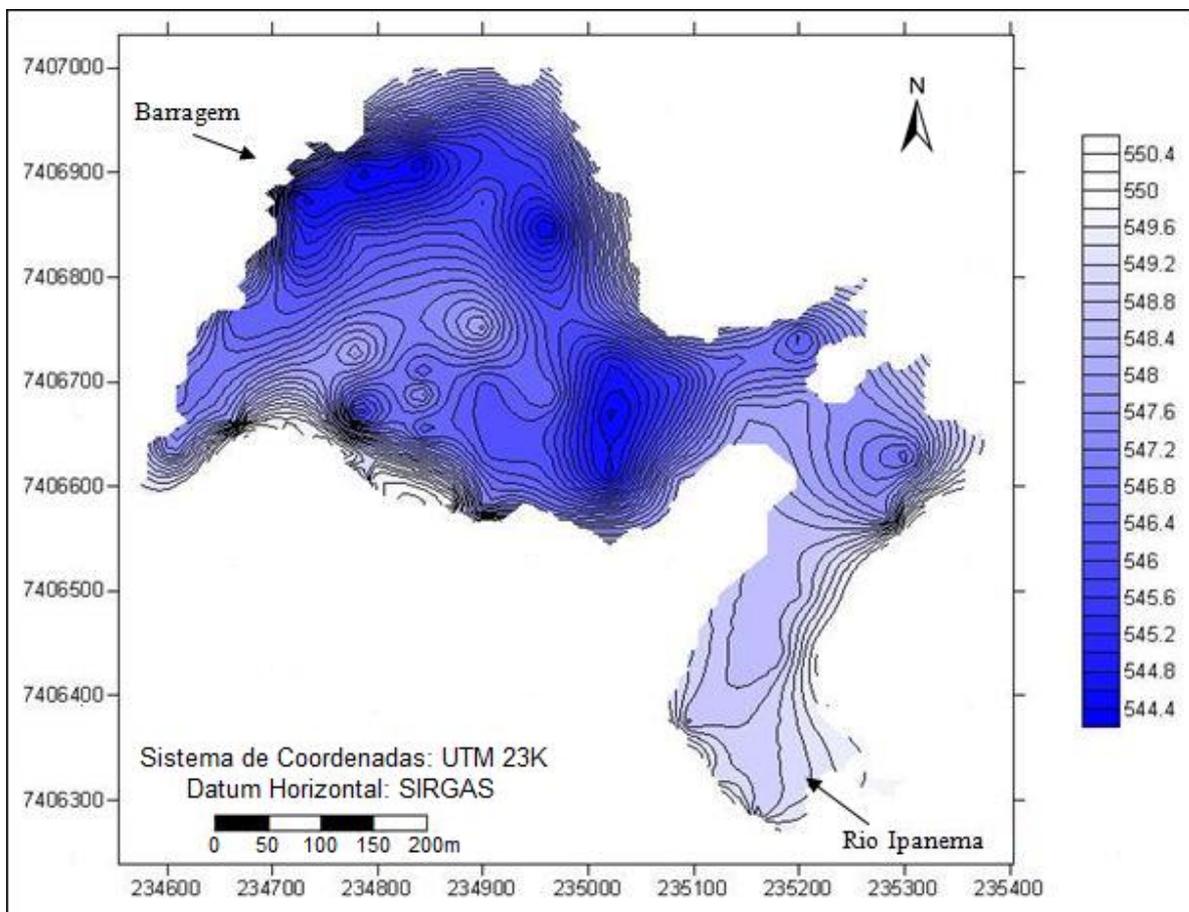


Figura 3. Mapa batimétrico da Represa Hedberg

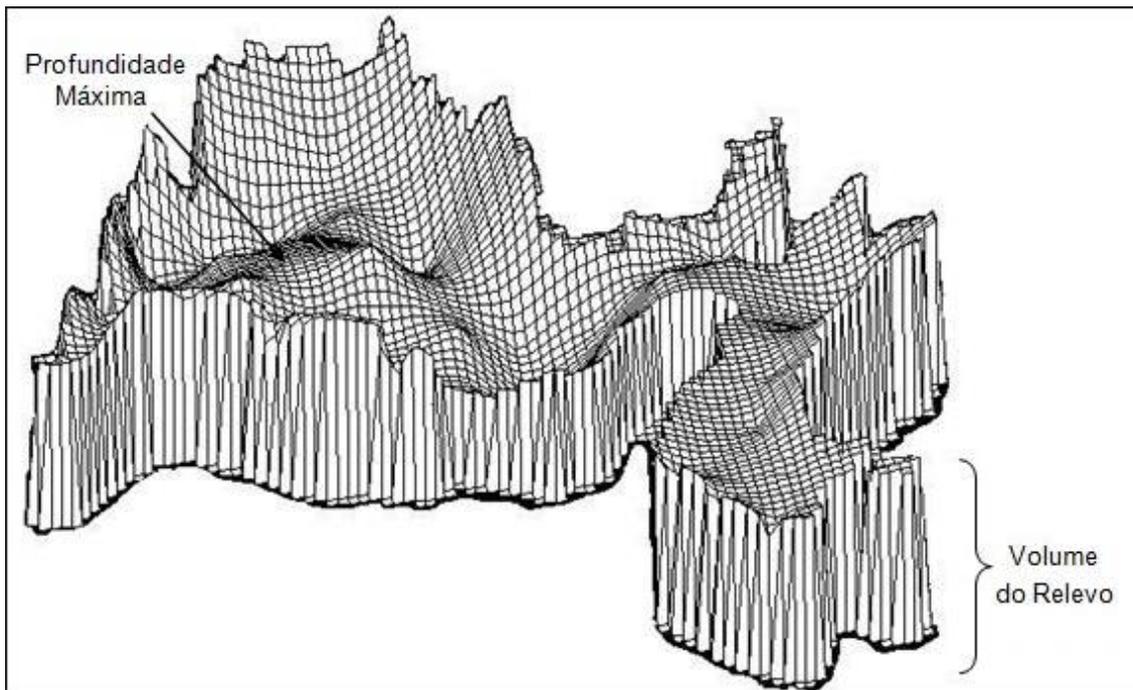


Figura 4. Volume do relevo no reservatório da Represa Hedberg

A represa apresentou profundidades média e máxima (Figura 4) relativamente baixas, de 2,9 e 5,8 m, respectivamente. Esses valores indicam a fragilidade da represa Hedberg caso o volume de sedimentos transportados para esse reservatório seja alto, uma vez que, sua capacidade acúmulo é pequena (SPERLING, 1999). Nogueira e Matsumura-Tundisi (1994), Pierini e Thomaz (2009) e Aldama-Rojas *et al.* (2011), enfatizaram a importância desses fatores morfométricos (baixos \bar{Z} e Z_m) e das características da área do entorno (margens desprotegidas de vegetação) em seus estudos para a manutenção da estabilidade física do sistema.

A represa apresenta uma declividade média de aproximadamente 30% e declividade máxima de 52% nas margens (Figura 5) e menores declividades na região central e no local de deságue do rio Ipanema dentro da Hedberg. Segundo Silva *et al.* (2007) quando se tem um relevo com declividade entre 20-45%, é atribuído a este o nome de forte ondulado, pois é caracterizado pela topografia movimentada, formada por outeiros e/ou morros com declives fortes. Assim, o relevo da represa Hedberg pode ser classificado como forte ondulado, características de locais com concentração de banco de sedimentos.

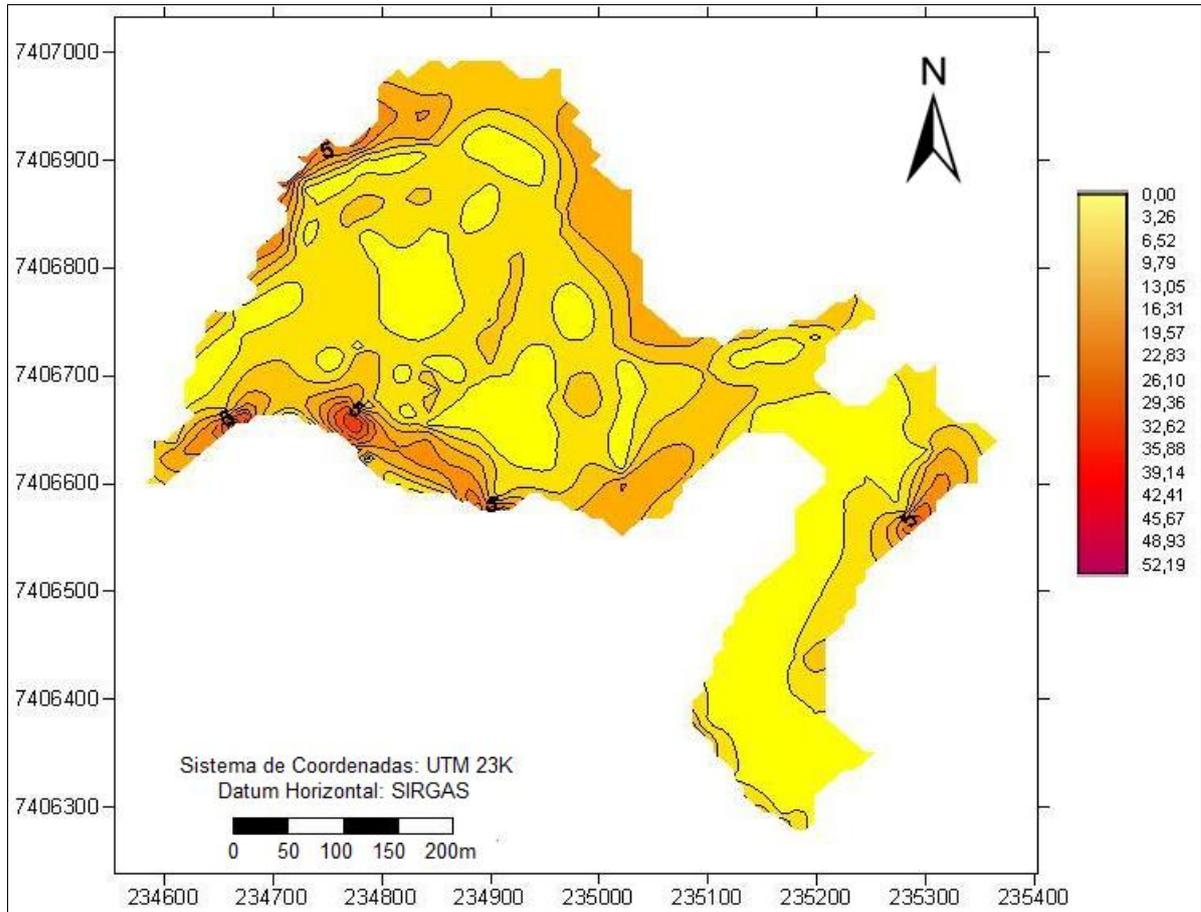


Figura 5. Declividade da represa Hedberg

Essa forte declividade da margem da represa e a conexão direta com o rio Ipanema definem características morfométricas consideradas por Sperling (1999) como indicadoras de um intenso carreamento de material em direção ao fundo e, em médio prazo, essa deposição de sedimentos poderá planificar o fundo do reservatório, aumentando o espelho de água e, conseqüentemente, favorecer a evaporação de água, diminuindo assim a quantidade de água disponível no reservatório, além de aumentar a incidência de enchentes e transbordos na barragem.

A topografia da represa em análise com a superposição do corpo d'água pode ser visualizada na Figura 6 que representa esses dados de forma tridimensional.

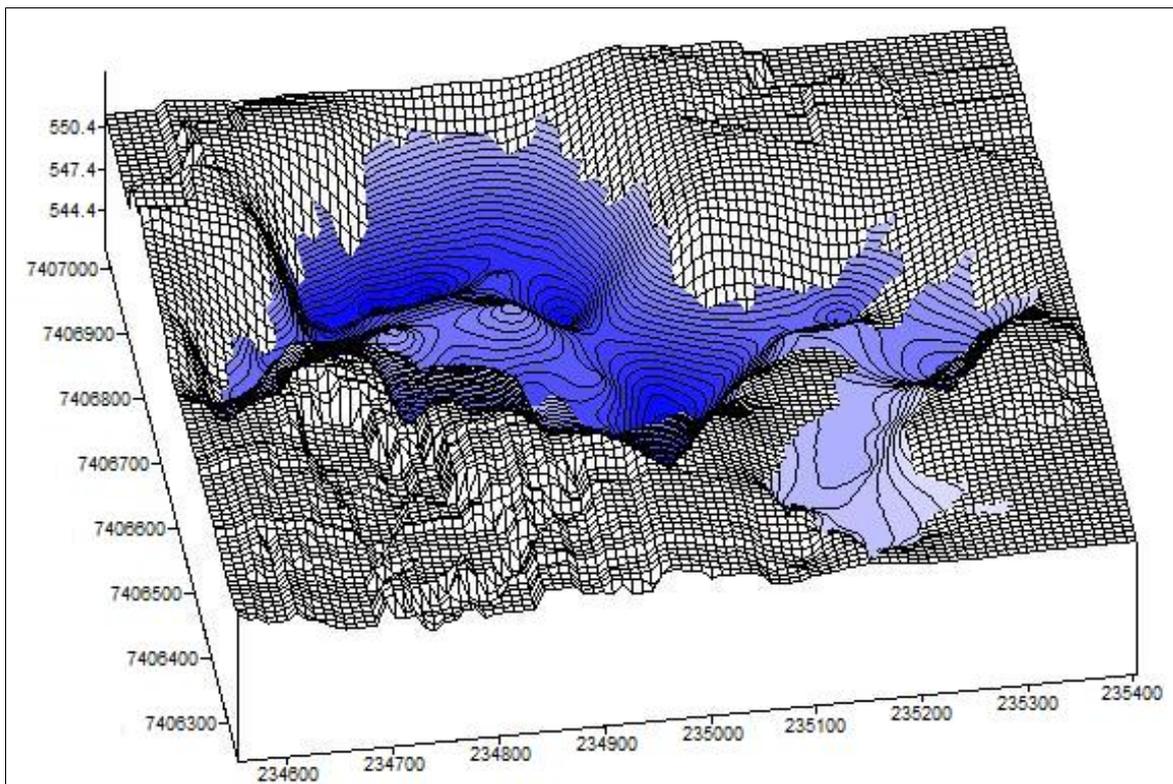


Figura 6. Topografia e corpo d'água da área de estudo

3.2. Qualidade da água

Os resultados obtidos para os parâmetros de qualidade da água para as regiões limnética e litorânea da área de estudo é apresentado nas Tabelas 3 e 4, respectivamente.

Tabela 3. Região limnética da Represa Hedberg.

Parâmetros	Máximo	Mínimo	Média
Condutividade ($\mu\text{S/cm}$)	120	100	110
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	28,1	22,7	25,3
pH	9,5	7,2	8,4

Tabela 4. Região litorânea da Represa Hedberg.

Parâmetros	Máximo	Mínimo	Média
Condutividade ($\mu\text{S/cm}$)	120	100	110
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	29,5	22,1	25,4
pH	9,6	6,7	8,0

As condutividades encontradas para a região limnética e litorânea de todas as amostras se apresentaram acima do instruído pela CETESB (2015) que é de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, indicando que as águas estão com a sua qualidade afetada por uma grande quantidade de íons dissolvidos, que podem ser de origem de esgoto urbano ou erosão do solo.

Com relação ao uso do solo no entorno da represa, aproximadamente 20% de seu perímetro apresenta ocupação urbana situada nas extremidades da barragem, isto é, na região noroeste, o que influencia na qualidade da água na região de deságue do reservatório. O restante do perímetro do reservatório é dominado por matas ciliares com largura mínima de 30 metros a partir das margens, com exceção de uma pequena faixa de 135 metros que apresenta uma largura mínima inferior a 5 metros e a presença de solo exposto, o que pode vir a comprometer a qualidade da água em épocas chuvosas devido ao carreamento de sedimentos para o reservatório, uma vez que, essa largura não garante todas as funções ecológicas das matas ciliares.

Foram registrados os maiores índices de temperatura para a região litorânea. Isto ocorre porque a incidência luminosa nesta região possui maior intensidade em toda coluna d'água, pois a altura entre o relevo e a lâmina d'água é mais baixa que na região limnética. As temperaturas médias variaram em torno de 25°C. Estes valores são elevados quando comparados ao do lago Paranoá, localizada na cidade de Brasília/DF, Brasil, o qual apresenta uma temperatura média em torno de 22°C a 23°C para o mesmo período de amostragem (BAPTISTA; ARAÚJO NETO, 2013).

4. CONCLUSÃO

Como mostrado na Figura 3, a área de estudo apresenta uma considerável área afetada pela erosão, tendo as maiores dimensões erosivas na região do deságue do rio Ipanema e na região central. Este fato pode ser explicado pelo deflúvio que é mais intenso na região de desembocadura, pela fragilidade do solo e/ou ausência ou diminuição da mata ciliar. Consequentemente, nas mesmas áreas onde ocorre intenso processo de

erosão são também presenciados menores declividades (Figura 5), pois nestes locais estão ocorrendo a sedimentação dos fragmentos rochosos e do solo.

Para a melhoria qualitativa das águas deste corpo d'água, recomenda-se uma intervenção de desassoreamento e recomposição da mata ciliar em alguns trechos no entorno da represa, melhorando assim as condições da qualidade da água.

Uma influência significativa sobre o corpo d'água pode ser evidenciado através do valor obtido para o desenvolvimento de perímetro (Dp). Quanto maior o Dp maior será interferência dos ventos, contribuindo para a oxigenação da água, através de trocas de calor. Outro fator também relacionado com o Dp é a erosão, pois o aumento da irregularidade contribui para o aumento da erosão.

Avaliando a condutividade e as temperaturas registradas para a represa em estudo, pode-se concluir que as águas estão ligeiramente degradadas, pois foi constatada uma grande quantidade de íons dissolvidos e temperaturas elevadas, através das análises *in situ*.

Outro fator que caracteriza a degradação das águas é a ploriferação de macrófitas e algas presentes no local. Estas se desenvolvem em regiões com enriquecimento de nutrientes acentuado, geralmente em corpos classificados como hipereutróficos.

Por fim, o estudo utilizando técnicas de geoprocessamento demonstrou ser de grande importância para a caracterização da morfometria e detecção de anomalias em corpos hídricos, podendo ser importantes instrumentos de ajuda na recuperação, gestão e tomada de decisão para garantir a sustentabilidade, tanto qualitativa quanto quantitativa dos recursos hídricos.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT por meio da FIPT pelo auxílio financeiro ao desenvolvimento do projeto.

6. REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, G. B. Floresta Nacional de Ipanema: **Caracterização da Vegetação em Dois Trechos Distintos do Morro de Araçoiaba, Iperó (SP)**. Piracicaba, Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)- ESALQ/USP, 1999. 186p.
- BAPTISTA, G. M. M.; ARAÚJO-NETO, M. D. O Processo de Eutrofização Artificial no Lago Paranoá, Brasília, DF. **Revista Geonomos**, v. 2, n. 2, p. 31-39, 2013.
- BEZERRA-NETO, J. F.; COELHO, R. M. P. A morfometria e o estado trófico de um reservatório urbano: lagoa do Nado, Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais. **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 2, p. 285-290, 2002.
- BEZERRA-NETO, J. F.; COELHO, R. M. P. A morfometria e o estado trófico de um reservatório urbano: lagoa do Nado, Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 24, p. 285-290, 2008.
- BEZERRA-NETO, J. F.; COELHO, R. M. P. New morphometric study of Lake Dom Helvécio, Parque Estadual do Rio Doce (PERD), Minas Gerais: utilization of advanced methodology for bathymetric mapping. **Acta Limnologica**, v. 20, n. 2, p. 117-130, 2008.
- BRIGHENTI, L. S. Parâmetros morfométricos da Lagoa Central (Lagoa Santa, Estado de Minas Gerais): comparação de duas metodologias. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 33, n. 3, p. 281-287, 2011.
- CARVALHO, N. **Guia de avaliação de assoreamento de reservatório (Aneel)**. Brasília. 2000. 140p.
- CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo – 2014**. São Paulo: CETESB, 2015.
- DUAN, W. Spatial and temporal trends in estimates of nutrient and suspended sediment loads in the Ishikari River, Japan, 1985 to 2010. **Science Of The Total Environment**, v. 462, n. 1, p. 499-508, 2013.
- ESTIGONI, M. V. Comparação de Diferentes Batimetrias do Reservatório da Usina Hidroelétrica do Lobo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 3., 2009, Campo Grande- Ms. **Anais**. XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Porto Alegre: ABRH. v. 1, p. 1–12, 2009.
- FATORETO, A. Z. Análise comparativa da qualidade da água para abastecimento na Floresta Nacional de Ipanema e das Comunidades Mursa e Smith. **Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade**, São Paulo, v. 6, n. 3, p.103-116, 2011.

FÁVERO, O. A. **Do Berço da Siderurgia Brasileira à Conservação de Recursos Naturais - Um Estudo da Paisagem da Floresta Nacional de Ipanema (Iperó/SP)**. Dissertação (Mestrado em Geografia Humana) – DG/FFLCH/USP, São Paulo. 2001. 257p.

FÁVERO, O. A.; NUCCI, J.; BIASI, M. Vegetação Natural Potencial e Mapeamento da Vegetação e Usos Atuais das Terras da Floresta Nacional de Ipanema, Iperó/SP: Conservação e Gestão Ambiental. **R. Ra'e Ga**, Curitiba, v. 8, n. 1, p.55-68, 2004.

FURNANS, J.; AUSTIN, B. Hydrographic survey methods for determining reservoir volume. **Environmental Modelling & Software**, v. 23, p. 139-146, 2008.

GALINDO, M. T.; ALMEIDA, V. P. Plantas aquáticas de duas represas da Floresta Nacional de Ipanema, Iperó, SP. **Revista Eletrônica de Biologia (REB)**, v. 6, n. 1, p. 102-113, 2013.

HIGGINS S. A.; JAFFE B. E.; FULLER C. C. Reconstructing sediment age profiles from historical bathymetry changes in San Pablo Bay, California. **Estuarine, Coastal And Shelf Science**, v. 73, n. 1, p.165-174, 2007.

LANDIM, P. M. B. **Introdução aos métodos de estimação espacial para confecção de mapas**. UNESP. Departamento de Geologia Aplicada – ICGE. Rio Claro, SP, 2000.

LOURENÇO, R. W. ; LANDIM, P. M. B. Mapeamento de áreas de risco à saúde pública por meio de métodos geoestatísticos. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 21, n.1, p. 109-118. 2004.

MIRANDA, A. G.; MENDES, A. C. Evolução batimétrica da Baía de Guajará, Belém/PA. Anais. XI Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário. Belém: **Anais XI Congresso da ABEQUA**. p. 1-3, 2007.

NOGUEIRA, M. G.; TUNDISI, M. T. Limnologia de um sistema artificial raso (Represa de Monjolinho - São Carlos, SP). I- Dinâmica das variáveis físicas e químicas. **Rev. Brasil. Biol.**, Rio de Janeiro, v. 54, n. 1, pp. 147-159, 1994.

PIERINI, S. A.; THOMAZ, S. M. Effects of limnological and morphometric factors upon Zmin, Zmax and width of Egeria spp stands in a tropical reservoir. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 52, n. 2, pp. 387-396, 2009.

PINESE JÚNIOR, J. F.; CRUZ L. M.; RODRIGUES, S. C. Monitoramento de erosão laminar em diferentes usos da terra, Uberlândia–MG. **Sociedade & Natureza**, v. 20, n. 2, pp.157-175, 2008.

QUILBÉ, R.; ROUSSEAU. A. N.; DUCHEMINB, M.; POULINA, A.; GANGBAZOC, G.; VILLENEUVE. J. P. Selecting a calculation method to

estimate sediment and nutrient loads in streams: Application to the Beaurivage River (Québec, Canadá). **Journal of hydrology**, v, 1, n. 1, p.1-16, 2006.

RAMIREZ, J. J. Variación diurna y estacional del contenido calórico, la estabilidad y el trabajo del viento en una laguna tropical. **Acta Limnologia Brasilensia**, Botucatu, v. 12, p. 39-54, 2000.

RANZANI, G. **Carta de Solos da Fazenda Ipanema**. Piracicaba. PROJETO ETA-70 (Ministério da Agricultura/Esritório Técnico da Agricultura/ESALQ-USP), p. 52. 1965.

RESCK, R, P.; BEZERRA NETO, J. F.; COELHO, R. M. P. Nova batimetria e avaliação de parâmetros morfométricos da Lagoa da Pampulha (Belo Horizonte, Brasil). **Geografias**, v. 3, n. 2, p.17-23, 2007.

ROJAS, G. A. Morphological, sediment and soil chemical characteristics of dry tropical shallow reservoirs in the Southern Mexican Highlands. **Journal of Limnology**, v. 70, n. 1, p. 139-144, 2011.

SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. **Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas**. Editora Rima, São Carlos – SP, Brasil, 2007. 153p.

SILVA, R. M.; PAIVA, F. M. L.; SANTOS, C. A. G. Análise do Grau de Erodibilidade e Perdas de Solo na Bacia do Rio Capiá baseado em SIG e Sensoriamento Remoto. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 02, n. 01, p.26-40, 2009.

SILVEIRA, T. A.; SILVA, D. S.; GUANDIQUE, M. E. G. Análise pluviométrica anual e mensal da bacia do rio Sorocaba. **Anais**. XVII Congresso de Iniciação Científica da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. 2005.

SOUZA, G. S.; LIMA, J. S. S.; XAVIER, A. C.; ROCHA, W. S. D. Krigagem ordinária e inverso do quadrado da distância aplicados na espacialização de atributos químicos de um argissolo. **Scientia Agraria**, v. 11, n. 1, p. 073-081, 2010.

SPERLING, E. **Morfologia de lagos e represas**. Belo Horizonte: Segrac, 1999. 137p.

TATALOVICH, Z.; WILSON, J. P.; COCKBURN, M. A comparison of thiessen polygon, kriging, and spline models of potential UV exposure. **Cartography and Geographic Information Science**, v. 33, n. 3, p. 217-231, 2006.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas: Desenvolvimento urbano. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008.

SILVA, D. C. C.; SALES, J. C. A.; FILHO, J. L. A.; LOURENÇO, R. W.
**CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA E SUAS IMPLICAÇÕES NO ACÚMULO DE SEDIMENTOS EM
RESERVATÓRIOS: O CASO DA REPRESA HEDBERG, IPERÓ/SP**

USACE – US. Army Corps of Engineers. Reservoir Sedimentation Surveys. In: **Engineering and Design. HIDROGRAPHIC SURVEYING**. Engineer Manual No 1110-2-1003. Department of the Army. Washington, DC, 2004.

YAMAMOTO, J. K.; LANDIM, P. M. B. **Geoestatística: conceitos e aplicações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. 215p.