

Geoprocessamento como Ferramenta para Auxílio na Valoração Econômica dos Serviços Ambientais Prestados pelas Áreas Florestadas da Bacia da Represa Billings

Luiz Rogério Mantelli ^{1,2}
Waverli Maia Matarazzo-Neuberger ²
Vicente Manzione Filho ²
Dorival Santana Cardoso ²

¹ Universidade de São Paulo - USP/IB
Rua do Matão, 321 - Trav.14 - 05508-900 - São Paulo - SP, Brasil
mantelli@ib.usp.br

² Universidade Metodista de São Paulo - UMESP
Av. Dom Jaime de Barros Câmara, 1000 - 09895-400 - Bairro Planalto
São Bernardo do Campo - SP, Brasil
{waverli.neuberger, vicente.filho}@metodista.br
aquapethouse@yahoo.com.br

Abstract. The valuation of environmental services given by the forests has as objective to quantify the costs of the benefits that the diverse functions of these ecosystems bring in general for life, as creation and regulation of microclimates, water retention and regulation, control of the ground erosion and maintenance of its fertility, CO₂ absorption and the diverse recreational uses, among others. The objective of the present work is to valuate in these services given for the Billings Reservoir Watershed. For such, three different areas will be analyzed, one located in a total degraded region (urban area), another one in spread occupation region and the last in an area considered conserved. Geoprocessing tools and remote sensing techniques will be used to produce land use and occupation maps for all the Billings Dam Watershed. The results obtained singularly in each studied area could be generalized, through the replication of its attributes. Also a component of environmental education is foreseen to disseminate the obtained results for the civil society. We expect that this actions help to base public politics of valuation in water spring areas, as much for the cities as for the particular owners, who keep the integrity of its properties. For now, the Landsat-5/TM processed picture pointed that, approximately 43,8% of the watershed land use is classified as conserved areas. However, data of 1999 had shown 53% of vegetation coverage in the region, a stimulant perspective.

Palavras-chave: Environmental valuation, Billings Dam, Forest Environmental Services.

1. Introdução

Os serviços ambientais e os ecossistemas que os produzem são essenciais para o funcionamento de todo o sistema que suporta a vida no planeta Terra. Eles contribuem para a manutenção da vida humana e de suas atividades, tanto direta quanto indiretamente e, portanto, representam parte do valor econômico total do planeta. Estudo realizado por Costanza et al. (1997) revela que considerando 17 serviços ambientais prestados por todos os biomas que compõem nosso planeta o valor anual médio estimado desses serviços é de US\$ 33 trilhões, praticamente o dobro do Produto Interno Bruto de toda a economia mundial que é de US\$ 18 trilhões por ano.

Os valores que compõem esse cálculo são prestados pelos seguintes serviços: regulação da composição química da atmosfera; regulação do clima mundial e local incluindo parâmetros como temperatura, precipitação e outros processos climáticos mediados pela biosfera, tanto em nível local, quanto global; regulação de distúrbios através da capacidade de manter o equilíbrio e integridade do sistema em resposta à flutuações ambientais; regulação do ciclo hidrológico; estocagem e retenção de água; controle da erosão e retenção de sedimentos; processos de formação dos solos; ciclagem de nutrientes, incluindo estocagem, ciclagem interna, processamento e aquisição de

nutrientes; tratamento de efluentes através da recuperação de nutrientes e remoção do excesso de compostos do ambiente; polinização; controle biológico das populações através de regulação da dinâmica trófica; refúgio para espécies residentes e migrantes; produção de alimento; produção de matérias primas; fonte de recursos genéticos representados por espécies biológicas e seus produtos; oportunidades para prática de atividades recreativas e diferentes usos culturais.

A necessidade de conceituar o valor econômico do meio ambiente, bem como de desenvolver técnicas para estimar esse valor, surge, basicamente, do fato incontestável de que a maioria dos bens e serviços ambientais e das funções providas ao homem pelo ambiente não é transacionada pelo mercado. Pode-se, inclusive, ponderar que a necessidade de estimar valores para os ativos ambientais atende as necessidades da adoção de medidas que visem utilização sustentável do recurso (Marques e Comune, 1996).

Sob uma ótica mais restrita, pode-se assumir que os bens e serviços econômicos, de forma geral, utilizam o meio ambiente – ar, água e solo – impactando sua capacidade assimilativa acima de sua capacidade de regeneração. Isso implica que aqueles bens e serviços detêm custos de produção que são compostos de fatores comercializados no mercado (terra, capital e trabalho) e, portanto, com preços explícitos e fatores não comercializados no mercado - os bens e serviços ambientais. Também, por essa razão, necessário se torna avaliar adequadamente os recursos ambientais, pois os preços dos bens econômicos não refletem o verdadeiro valor da totalidade dos recursos usados na sua produção. Isso porque os mercados falham em alocar eficientemente os recursos, ou dito de outra forma, há uma divergência entre os custos privados e sociais. As decisões tomadas somente com bases nos custos privados, assumindo custo zero para o recurso ambiental, fazem com que a demanda pelo fator de custo zero fique acima do nível de eficiência econômica, podendo levar aquele recurso à completa exaustão ou a degradação total (Marques e Comune, 1996).

A percepção dos serviços ambientais prestados pelas florestas tem mudado bastante, devido a iniciativas locais e internacionais que estão atribuindo valor a esses serviços. Tradicionalmente as florestas são consideradas fontes de madeira e outros produtos de extrativismo, tais como plantas medicinais e ornamentais. Os serviços ecológicos que esses ecossistemas prestam tem sido negligenciados. Essa visão tem mudado consideravelmente com o desenvolvimento de pesquisas avaliando o papel das florestas no seqüestro de carbono (Ramirez et al., 2002 e Palumbo et al. , 2004). Florestas são também importantes produtoras de água, reguladoras de clima e exercem papel importante no controle da erosão e manutenção do solo. Nos cálculos feitos por Costanza et al. (1997) as florestas tropicais do mundo prestam serviços ambientais por ano equivalentes a U\$ 3.813 x 10⁹ ou U\$ 2.007 por hectare por ano. Os principais serviços calculados por esses autores são regulação climática (US\$ 141,00 por hectare por ano), controle da erosão (U\$ 96,00 por hectare por ano), ciclagem de nutrientes (US\$ 361,00 por hectare por ano) e produção de matérias primas (US\$ 138,00 por hectare por ano). Todos os demais serviços citados no início da introdução também foram cotados, mas representam parcelas menores do total de serviços prestados.

2. Objetivo

O objetivo principal do presente trabalho é mensurar e valorar os serviços ambientais prestados pela Bacia da Represa Billings, avaliando, por amostragem a produção e suprimento de água, absorção de gases do efeito estufa, principalmente CO₂, regulação de microclima, controle da erosão e assoreamento e manutenção da fertilidade do solo e oferecimento de condições para desenvolvimento de atividades de lazer.

3. Justificativa

A despeito dos inegáveis serviços ambientais prestados pelas áreas de mananciais da Região Metropolitana de São Paulo, já em parte reconhecido pelas legislações específicas que incidem sobre essas áreas discriminadas no quadro abaixo reproduzido, os esforços até o momento não tem garantido a conservação adequada para preservação desses recursos.

Entre os anos de 1989 e 1999, a Bacia Hidrográfica da Billings perdeu mais de 6% de sua cobertura vegetal, enquanto a expansão urbana foi da ordem de 48%. Pior, mais de 37% da ocupação urbana registrada ocorreu em áreas que possuem sérias ou severas restrições ambientais. São encostas íngremes, regiões de aluvião ou de várzea. Apenas 12% do crescimento da mancha urbana ocorreu em áreas favoráveis. Os movimentos de terra, tais como abertura de estradas e terraplanagem e construções não autorizadas figuram no topo das ocorrências irregulares, respondendo por 70% dos 988 registros efetuados no período de 1978 a 1998 (Capobianco, 2002).

Apesar do avanço da degradação, o fato de a Bacia Hidrográfica da Billings apresentar mais de 53% de seu território recoberto por vegetação nativa, lhe assegura condições ambientais favoráveis à garantia de produção de água (Capobianco, 2002). Essa característica garante ainda que todos os serviços ambientais prestados pelas florestas podem ter forte influência na mancha urbana constituída pela Região Metropolitana de São Paulo, com destaque para a região do Grande ABC, pela proximidade com as áreas florestadas.

Para isso, no entanto, é necessário controlar imediatamente a ocupação desordenada e paralisar o processo de contaminação da Represa pelo despejo de esgoto. Um futuro mais promissor para a Billings depende da revisão do modelo tecnocrata e utilitarista que imperou até hoje na gestão dos recursos hídricos no Brasil. Um modelo que ignora que a água de boa qualidade é um recurso finito e que prioriza certos usos, como geração de energia, saneamento e transporte, em detrimento de outros mais nobres, como o abastecimento (Capobianco, 2002).

É preciso também aumentar o conhecimento sobre os serviços ambientais prestados pela Mata Atlântica, assim como valora-los para inverter a lógica perversa de que a floresta vale mais no chão, enquanto madeira e área a ser utilizada. A valoração dos serviços ambientais prestados por essas áreas poderá subsidiar políticas públicas que venham a recompensar com justiça as áreas prestadoras desses serviços, tanto do ponto de vista do município como de proprietários particulares que lutam para conservarem as características originais das áreas, nesse quadro de devastação. A ampla disseminação das informações sobre a valoração dos serviços ambientais prestados pela Bacia da Billings deverá estimular a sociedade a exigir a implementação de novos padrões de gestão da Bacia Hidrográfica da Billings e poderá fornecer subsídios úteis à elaboração de políticas públicas para a sua conservação e recuperação.

4. Área de Estudo

A Represa Billings situa-se na Região Metropolitana de São Paulo nas proximidades da Serra do Mar, abrangendo os municípios de São Paulo, Diadema, São Bernardo do

Campo, Santo André, Ribeirão Pires e Rio Grande da Serra nas seguintes coordenadas geográficas: -23°42' e -23°45' de latitude S e 46°27' e 46°42' de longitude W. A altitude varia de 728,0 m, nível mínimo e 746,5m, nível máximo. Trata-se de reservatório de contorno irregular que inunda uma área máxima de 127 km², perfazendo um perímetro ao redor de 900 km e armazenando um volume máximo de 1,2 . 10⁸m³ de água (Rocha, 1984). Seu espelho de água corresponde a 18% da área total de sua bacia hidrográfica (Capobianco, 2002).

A Bacia Hidrográfica da Billings ocupa um território de 58.280,32 hectares (582,8 km²), localizado na porção sudeste da Região Metropolitana de São Paulo, fazendo limite, a oeste, com a Bacia Hidrográfica da Guarapiranga e, ao sul, com a Serra do Mar e ao norte pelas áreas de drenagem do Tamanduateí, Guaió e Taiacupeba, todos afluentes do rio Tietê. Sua área de drenagem abrange integralmente o município de Rio Grande da Serra e parcialmente os municípios de Diadema, Ribeirão Pires, Santo André, São Bernardo do Campo e São Paulo. A bacia tem como principais contribuintes os rios Grande, Pequeno, Capivari, Pedra Branca, Taquacetuba, Alvarenga, Bororé e Tocaia. A vazão média natural é de 14 m³.s⁻¹ (Capobianco, 2002).

Segundo a análise do uso do solo, realizada pelo Instituto Socioambiental (ISA), em 1999 cerca de 53% de seu território encontrava-se coberto por vegetação natural, principalmente por Mata Atlântica secundária em estágio médio e avançado de regeneração. As porções sudeste, sul e sudoeste da Bacia são as que apresentam maiores quantidades de vegetação. O avanço da urbanização e de outras atividades antrópicas, entretanto, tem levado ao desmatamento acelerado. Em alguns trechos da Bacia, a vegetação começa a ficar restrita a manchas isoladas ao longo do reservatório. Existem sub-bacias com elevada concentração de urbanização, como é o caso da região do município de Diadema, porção norte da Bacia, onde a vegetação é praticamente inexistente (Capobianco, 2002).

A população residente na Bacia da Billings, em 1996, era de 716 mil habitantes. O município de São Paulo concentrava mais da metade dos habitantes da região, seguido por São Bernardo do Campo e Ribeirão Pires. Os usos do solo para fins urbanos na Bacia Hidrográfica da Billings caracterizam-se por tipos distintos de ocupações, com densidades demográficas, necessidades de infra-estrutura e equipamentos urbanos diversos. A análise da distribuição e ocorrência de algumas dessas tipologias demonstra claramente uma dinâmica de ocupação intensa e caracterizada por atividades irregulares, como invasões, favelas e loteamentos clandestinos. Os loteamentos residenciais são bastante frequentes na região. Na maioria dos casos este tipo de ocupação sofre alterações drásticas ao longo dos anos. O adensamento excessivo decorrente do aumento do número de casas e áreas construídas, promovido de forma irregular em relação ao projeto originalmente aprovado, leva à perda de suas características e comprometimento da infra-estrutura de saneamento, quando existente (Capobianco, 2002).

A Bacia Hidrográfica da Billings apresentava, em 1999, 14,63% de seu território ocupado por usos urbanos, separados em duas categorias: áreas de ocupação consolidada e áreas de ocupação não consolidada. Foram identificadas, ainda, localidades ocupadas por chácaras, condomínios de baixa densidade e outros usos residenciais não urbanos que, em alguns casos, estão sujeitos a pressões de áreas de ocupação não consolidada adjacentes. Estas categorias de uso do solo, agrupadas sob a denominação de áreas de ocupação dispersa correspondem a 5,6% da Bacia da Billings e tendem a se transformar em áreas urbanas em médio prazo (Capobianco, 2002).

A análise dos dados relativos aos levantamentos de uso do solo na Bacia Hidrográfica da Billings no ano de 1985, realizado pela SMA (SMA, 1999), e nos anos 1989 e em 1999, elaborados pelo ISA, permitiu quantificar e localizar as áreas de reserva ecológica

da região. Segundo esta análise, 58,5% da Bacia Hidrográfica da Billings tornou-se reserva ecológica a partir da edição da Resolução Conama nº 04/85, estando, portanto, sob proteção integral a partir de 1985 (Capobianco, 2002).

5. Material e Métodos

Para efeito de cálculo dos serviços ambientais prestados pelas áreas de mananciais conservadas da Represa Billings foram escolhidas como objeto de estudo três diferentes áreas, localizadas nos Braços do Rio Grande e do Rio Pequeno, devido à facilidade de acesso e ao estado de conservação geral desses braços. Deve-se salientar também que é no Braço do Rio Grande que ocorre a principal captação de água do reservatório. Nesse braço também podem ser encontrados todos os estágios de ocupação urbana citados na introdução, bem como áreas ainda florestadas, assim como no Braço do Rio Pequeno. As áreas escolhidas possuem como características comuns: parcela da área em primeira categoria, acesso restrito e controlado, declividade pouco acentuada e duas ou mais nascentes próximas ao espelho d'água do reservatório. Ainda, para efeito de comparação as áreas diferem em relação à cobertura vegetal. A primeira (Área 1) está inteiramente ocupada por vegetação nativa em estágio secundário, em perfeito estado de conservação e com continuidade com maciço florestal. A segunda área (Área 2) possui cobertura vegetal mista, que pode ser resultado de reflorestamento ou estágios sucessionais de recuperação da mata atlântica e finalmente a terceira (Área 3), que está desmatada total ou parcialmente e com ocupação urbana esparsa estabelecida (Figura 1).

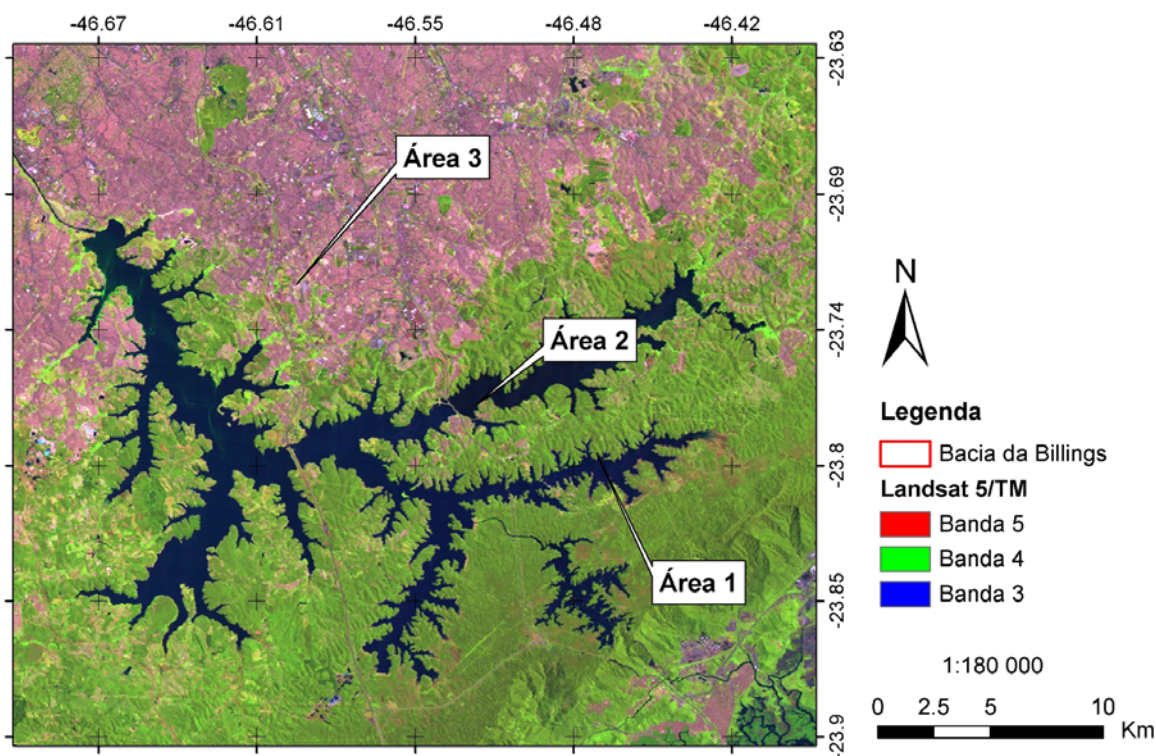


Figura 1. Localização das áreas estudadas na Bacia Hidrográfica da Represa Billings. Notar que a Área 1 está inserida numa região com maior percentual de área conservada, a Área 2 está localizada num contexto de uso e ocupação misto (ocupação esparsa) e que a Área 3, está localizada próximo aos grandes centros urbanos da Região Metropolitana de São Paulo.

Duas nascentes de cada área serão estudadas. Esse estudo deverá avaliar a vazão de água pelo período de um ano. Essa vazão será medida quinzenalmente a partir de cálculos apropriados. Quanto à avaliação da qualidade da água os seguintes parâmetros serão

avaliados: pH, turbidez, oxigênio dissolvido, temperatura, salinidade e condutividade. As medidas serão feitas com aparelho WATER QUALITY CHECKER, modelo U10, fabricado pela Horiba, em todas as nascentes estudadas. Fosfato, nitrogênio amoniacal, DBO e DQO serão avaliados em laboratório usando-se os reagentes específicos. Serão adotados valores de mercado de água tratada para o litro de água produzido.

Para avaliação de microclima serão realizadas medidas de temperatura, umidade relativa do ar, pluviosidade, direção e velocidade do vento por estações meteorológicas WMR918 instaladas em cada área de trabalho. Essas estações deverão permanecer na área de estudo pelo período de um ano para que sejam avaliadas variações sazonais desses parâmetros. A estação meteorológica citada capta continuamente as informações acima arroladas e esses registros são acumulados em formato digital, podendo ser posteriormente transferidos para um microcomputador. Serão adotados para valoração dos fatores climáticos os custos energéticos em BTUs necessários para a obtenção do delta de temperatura promovido pelas florestas.

Andersen (1996) estimou que florestas primárias tropicais estocam 140 milhões de toneladas de carbono por hectare, florestas em estágios sucessionais de recuperação 55 milhões de toneladas por hectare e pastagens somente 10. Cálculos feitos para florestas da Costa Rica indicam que florestas primárias estocam de 75,15 a 127,3 milhões de toneladas de carbono por hectare e as florestas secundárias de 68,4 a 106,6. Esses dados indicam que as florestas secundárias podem ser importantes sumidouros de carbono, embora tenham sido menos estudadas que as florestas primárias. No presente trabalho avaliaremos a capacidade de estocagem e absorção de carbono das florestas secundárias da Bacia da Represa Billings. Para tanto será adotada a metodologia descrita pela COPPE/UFRJ em 2005.

Análises de solo de cada área de estudo serão realizadas pela EMBRAPA de forma a caracterizar o tipo de solo, seu perfil, fertilidade, propriedades físicas e mineralógicas. Essas variáveis serão consideradas para valoração da manutenção da fertilidade do solo e para o controle de erosão. Medidas físicas de assoreamento serão realizadas nos córregos estudados em cada área de amostragem. Serão usados para valorar os serviços prestados pela floresta os custos para desassoreamento e contenção de erosão e o valor comercial de terra produtiva.

Para valorar o uso recreativo das áreas de estudo será utilizado o método de avaliação contingencial. Esse método baseia-se na aplicação de questionários previamente elaborados e que visam obter um valor de uso indireto desse atributo. Esse método tem como objetivo trazer a tona os valores expressos pelos indivíduos em termos da disposição a pagar pela melhoria ou manutenção da qualidade de uma determinada área. Baseia-se nas preferências dos consumidores, que, na ausência de mercado, é averiguado através de questionários (Marques e Comune, 1996).

Será possível replicar os dados obtidos para todas as variáveis nas áreas de estudo com auxílio de técnicas de sensoriamento remoto e ferramentas de geoprocessamento. Para tanto será feito um estudo individualizado de cada área de estudo, considerando-se relevo, cobertura vegetal e hidrografia. A reprodutibilidade dessas características pela área total da bacia será investigada utilizando-se um SIG (Sistema de Informação Geográfica). Para isso, imagens Landsat 5/TM e/ou CBERS 2/CCD serão classificadas utilizando-se classificadores supervisionados por pixel e por região, (MAXVER e Bhattacharya) de modo a obter mapas de uso e ocupação do solo que representem de forma adequada, as áreas selecionadas para estudo, ou seja, com classes para áreas conservadas, de ocupação esparsa e totalmente degradadas, correspondentes aos centros urbanos. Para auxiliar nesse procedimento será aplicado o modelo linear de mistura espectral (Shimabukuro e Smith, 1991). Os valores encontrados serão aplicados em equações para determinação de

biomassa, bem como para extrapolação dos resultados singulares de cada unidade de estudo.

Dessa forma os valores obtidos pelos serviços ambientais mensurados nessas áreas de estudo poderão ser reproduzidos para a bacia como um todo. Isso permitirá uma estimativa da valoração dos serviços ambientais prestados pela Bacia da Represa Billings.

Ao final do trabalho será elaborada uma cartilha contendo os principais resultados obtidos em linguagem acessível e que deverá ser disponibilizada para a sociedade civil. O objetivo dessa cartilha será fornecer os elementos necessários para fomentar a discussão dos resultados obtidos e de suas implicações no futuro da gestão e planejamento da Bacia da Represa Billings.

6. Resultados Preliminares

Apesar do projeto ainda estar em andamento, a classificação das imagens e geração do mapa atual de uso e cobertura do solo já foi realizada com base em imagens Landsat 5/TM, obtidas em 13/10/2005, utilizando-se a metodologia proposta (modelo linear de mistura espectral e classificador supervisionado MAXVER).

O resultado desse procedimento está expresso na figura 2, a seguir.

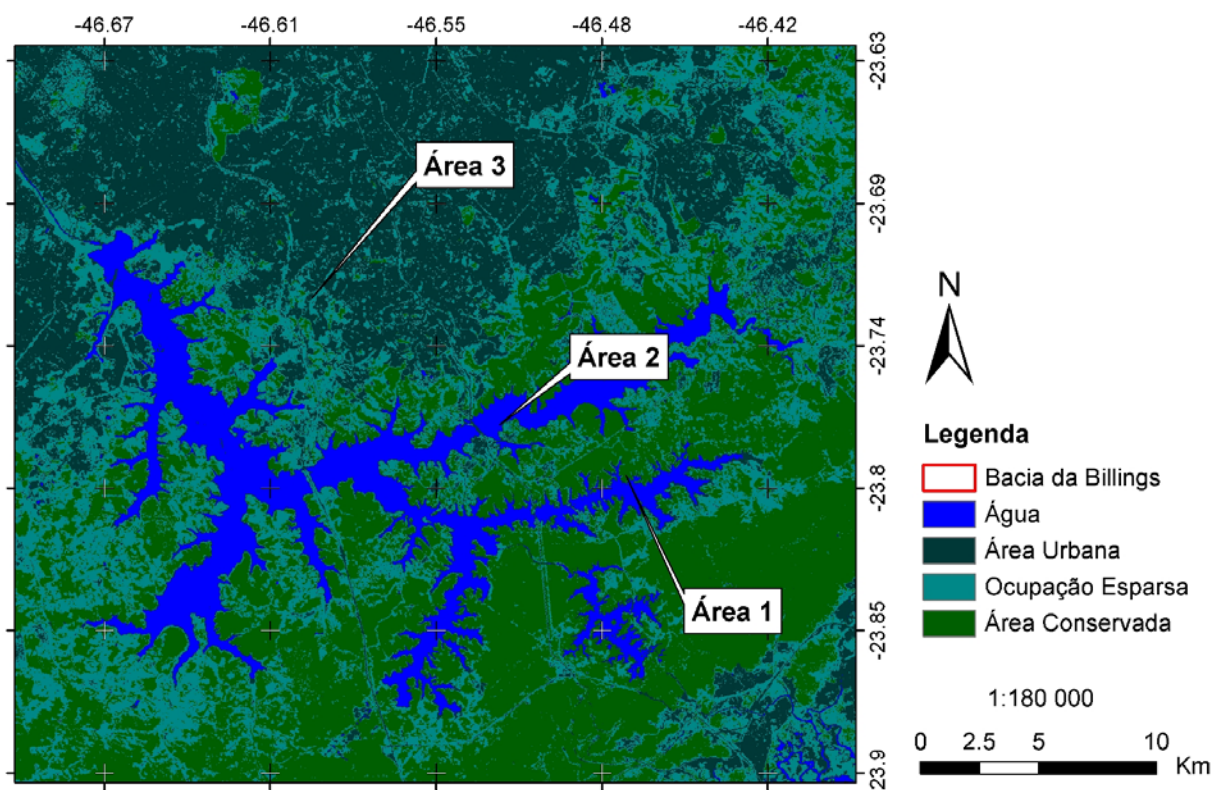


Figura 2. Resultado do processo de classificação com base no classificador supervisionado MAXVER. Notar a distribuição das classes estudada: a maior parte da Bacia Hidrográfica da Represa Billings é composta de vegetação nativa em estágio secundário (43,8% da área).

Como pode ser observado, apesar de estar próxima a grandes centros urbanos da Região Metropolitana da São Paulo, a maior parte da Bacia da Represa Billings está contida em área conservadas (43,8%), seguida por áreas de ocupação esparsa (30,24%) e, por último, áreas degradadas (11,09%). A lâmina d'água, na data estudada, representou 14,87% da área total da bacia (583,44 km²), de acordo com o vetor utilizado para recorte da imagem gerada pelo classificador (Capobianco, 2002).

No entanto, esta é uma perspectiva alentadora já que, a menos de 10 anos, a área da bacia coberta por vegetação nativa, era de 53% (Capobianco, 2002). Por isso, há de se trabalhar para recuperação dessas áreas e estabelecimento de níveis sustentáveis de ocupação a médio e longo prazo.

Agradecimentos

Ao Fundo Estadual de Recursos Hídricos – FEHIDRO, pelo auxílio financeiro.

Referências Bibliográficas

Capobianco, J. P. R. Billings 2000 : ameaças e perspectivas para o maior reservatório de água da região metropolitana de São Paulo : relatório do diagnóstico socioambiental participativo da bacia hidrográfica da Billings no período 1989-99. São Paulo: **Instituto Socioambiental**, 2002.

Costanza, R., d'Arge, R., Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P e van den Belt, M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, p. 253-260, 1997.

Marques, J.F. e Comune, A.E. A teoria neoclássica e a valoração ambiental. In: Romeiro, A.R., Reydon, B.P. e Leonardi, M.L.A. **Economia do Meio Ambiente: teoria, políticas e a gestão de espaços regionais**. Campinas: UNICAMP, 1996.

Palumbo, A.V., McCarthy, J.F., Amonette, J.E., Fisher, L.S., Wullschleger, S.D. e Daniels, W.L. Prospects for enhancing carbon sequestration and reclamation of degraded lands with fossil-fuel combustion by-products. **Advances in Environmental Research**, v.8, p. 425-438, 2004.

Ramirez, O.A., Carpio, C.E., Ortiz, R. e Finnegan, B. Economic value of the carbon sink services of tropical secondary forests and its management implications. **Environmental and Resources Economics**, v. 21, p. 23-46, 2002.

Rocha, A.A. **A ecologia, os aspectos sanitários e de saúde pública da Represa Billings na região metropolitana de São Paulo: uma contribuição à sua recuperação**. 1984. Tese (Livre de docência) - Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, São Paulo. 1984.

Shimabukuro, Y.E.; Smith, J.A. The least-squares mixing models to generate fraction images derived from remote sensing multispectral data. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 29, n. 1, p. 16-20, 1991.