

## **ATRIBUIÇÃO DA TIPOLOGIA “GEOLOGIA” DA DIRETIVA QUADRO DA ÁGUA (DQA) PARA OS RESERVATÓRIOS PAULISTAS DO SISTEMA CANTAREIRA**

**Vinicius Ricaro Kumazawa**

Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, São Paulo, Brasil  
E-mail: [viniciuskumazawa@hotmail.com](mailto:viniciuskumazawa@hotmail.com)

**Marcelo Luiz Martins Pompêo**

Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, São Paulo, Brasil  
E-mail: [mpompeo@ib.usp.br](mailto:mpompeo@ib.usp.br)

**Marisa Dantas Bitencourt Pereira**

Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, São Paulo, Brasil  
E-mail: [tencourt@ib.usp.br](mailto:tencourt@ib.usp.br)

### **Resumo**

O crescimento populacional exige água em abundância e qualidade para atender as necessidades do ser humano na produção de alimentos, para o próprio consumo ou no setor industriário. Juntamente com o uso desse recurso natural há o despejo após seu uso e não há na mesma proporção o saneamento básico desse ciclo. Visando o alcance do bom estado/potencial ecológico das águas com o mínimo de degradação, pretende-se aplicar a Diretiva Quadro da Água, a gestão dos recursos hídricos da União Europeia, no Sistema Cantareira do Estado de São Paulo. Dessa forma, esse estudo exibe a geologia dominante dos reservatórios envolvidos para contribuir nos diferentes tipos que possivelmente possa existir de agrupamentos com características similares ao integrar com as outras variáveis obrigatórias como altitude, latitude, longitude e dimensão.

**Palavras-chave:** Sistema Cantareira; Reservatórios; Diretiva Quadro da Água (DQA); Geologia.

## **ATTRIBUTION OF THE TYPOLOGY "GEOLOGY" OF THE WATER FRAMEWORK DIRECTIVE (WFD) FOR THE RESERVOIRS OF THE CANTAREIRA SYSTEM OF SÃO PAULO**

### **Abstract**

Population growth requires water in abundance and quality to meet human needs in food production, for consumption or in the industrial sector. Along with the use of this natural resource there is the disposal after its use and there is not in the same proportion the basic sanitation of this cycle. Aiming at the reach of good ecological status/potential of the waters with minimum degradation, it is intended to apply the Water Framework Directive, the management of the water resources of the European Union, in the Cantareira System of the State of São Paulo. Thus, this study shows the dominant geology of the reservoirs involved to contribute to the different types that may possibly exist of clusters with similar characteristics when integrating with other mandatory variables such as altitude, latitude, longitude and dimension.

**Keywords:** Cantareira System; Reservoirs; Water Framework Directive (WFD); Geology.

## **ASIGNACIÓN DEL TIPO “GEOLOGÍA” DE LA DIRECTIVA MARCO DEL AGUA (DMA) PARA LOS EMBALSES DEL SISTEMA CANTAREIRA**

### **Resumen**

Crecimiento de la población requiere agua abundante y de calidad para satisfacer las necesidades humanas en la producción de alimentos para su propio consumo o la sector industrial. Junto con el uso de este recurso natural existe desalojo después de su uso y no hay la misma proporción que el saneamiento este ciclo. Dirigido a un buen estado de potencial/ecológica del agua con una mínima degradación, tenemos la intención de aplicar la Directiva Marco del Agua, la gestión de los recursos hídricos de la Unión Europea, en el Sistema Cantareira del estado de São Paulo. Por lo tanto, este estudio muestra los embalses involucradas geológicos dominantes para contribuir de diferentes tipos que posiblemente pueden existir en grupos con características similares para integrarse con otras variables obligatorias como la altitud, latitud, longitud y dimensión.

**Palabras-clave:** Sistema Cantareira; Embalses; Directiva Marco del Agua (DMA); Geología.

### **Introdução**

Para preservar os ciclos de vida, a biodiversidade dos organismos e a sobrevivência da espécie humana são essenciais a quantidade e a qualidade das águas doces continentais no planeta. Água de boa qualidade é necessário para manter a sustentabilidade e a saúde humana, assim como a qualidade de vida de populações urbanas e rurais (TUNDISI, 2005). No Brasil, os reservatórios têm a característica de geração de energia e armazenamento de água para abastecimento público além, sobretudo, das finalidades múltiplas, como prevenção de cheias nas vastas regiões do país, garantia da perenidade de cursos d’água como no Nordeste, recreação como nos lagos de Paranoá em Brasília e paisagismo em Pampulha (MELLO, 2014). Todo reservatório encontra-se dentro de uma bacia hidrográfica, que é palco das interações humanas. Certamente, os impactos da atividade antrópica, como os usos diferenciados do solo, atividades agrícolas e construção de residências por exemplo, vão refletir na bacia hidrográfica afetando por consequência a qualidade da água nos corpos hídricos que nela se inserem.

Ocupar um espaço geográfico presume o uso do solo para que seja possível a concretização da vida do homem no ambiente. A falta de planejamento desses usos juntamente com a ambição humana por desenvolvimento econômico manifestado em suas diversas formas de exploração do ambiente natural contribuem para o surgimento de problemas no espaço urbano e rural, gerando desmatamento e ocupação irregular através da especulação imobiliária. A cidade é um elemento de representação da organização espacial, o seu uso e ocupação do solo são os processos determinantes para o adensamento demográfico, a zona urbana modifica o meio físico, a paisagem e o ciclo hidrológico pelo

processo intenso de urbanização desequilibrando de forma geral o ecossistema (FONTOURA, 2013).

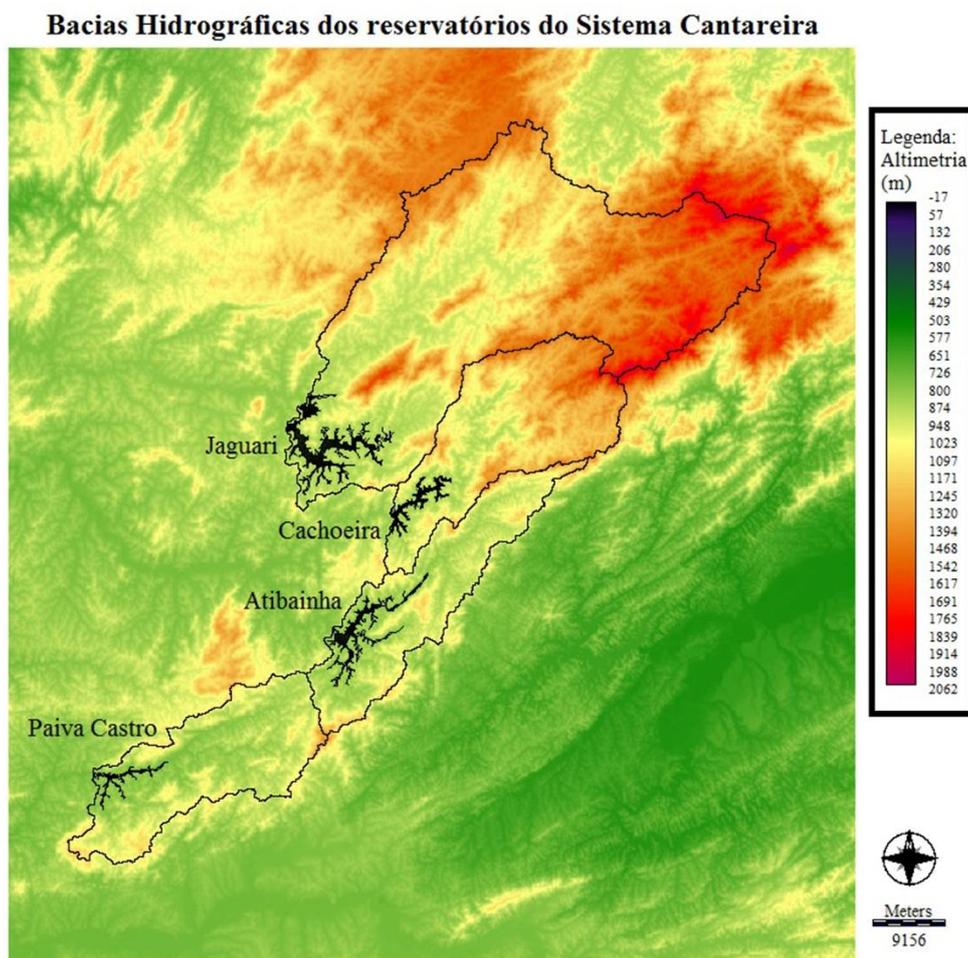
Sabendo que as atividades humanas alteram o ciclo hidrológico, é necessário que se tenha água em padrões adequados de qualidade condizentes com a sustentabilidade das comunidades aquáticas bem como água potável qualificada ao consumo humano e animal. No Brasil, em especial no estado de São Paulo, uma série de índices de avaliação da qualidade da água são aplicados como o Índice de Qualidade das Águas (IQA), o Índice de Qualidade das Águas Brutas para Fins de Abastecimento Público (IAP), o Índice de Proteção da Vida Aquática (IVA), e o Índice de Estado Trófico (IET). Estes índices em geral são indicativos das pressões que os corpos hídricos estão sujeitos. O IQA, a título de exemplo, foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água bruta com o objetivo de ter, após tratamento, o seu uso para o abastecimento público. As variáveis utilizadas para se calcular o IQA são em sua maioria indicadores de contaminação gerada pelo lançamento de esgotos domésticos (ANA, 2015).

Os recursos hídricos estão inseridos em um sistema aberto e a qualidade das águas é dependente de vários elementos que interferem nesse sistema, tanto elementos associados a impactos antrópicos quanto elementos associados à composição natural ecossistêmica. Tendo como exemplo um componente importante que impacta em sua qualidade é a unidade geológica em que o reservatório está inserido. Nesse sentido, a Diretiva Quadro da Água (DQA) tem como um dos fatores essenciais para o estabelecimento de uma tipologia para reservatórios a geologia. Isso porque a geologia é um dos fatores do meio físico necessários ao planejamento ambiental já que apresenta interação nas relações litoestruturais com o relevo e os solos. Em função de suas características mineralógicas, texturais e estruturais, os corpos rochosos respondem diferentemente à ação dos processos exógenos, influenciando no modelado do relevo e tipos de solo (BOTELHO, 2005).

Esse trabalho é um subprojeto que está atrelado em um trabalho maior objetivando a possibilidade de aplicação da DQA no Estado de São Paulo, que pode ser encontrado em Cardoso-Silva et al. (2013). Para esse artigo, a etapa do processo de aplicação da DQA que norteará o seu desenvolvimento é a tipologia. Dessa forma, o objetivo desse trabalho é aplicar uma variável da etapa tipologia de implementação da DQA, que é a “geologia” de forma a analisar e caracterizar essa variável através do mapa geológico do Estado de São Paulo da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) de 2006 nos reservatórios do Sistema

Cantareira (Figura 01) utilizando as técnicas do Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento na delimitação das bacias hidrográficas desses reservatórios.

**Figura 01.** Localização dos reservatórios e suas correspondentes bacias hidrográficas da área de estudo.



Fonte: Kumazawa, V. R. (2016).

### **O Recurso Natural “Água” e a Bacia Hidrográfica como unidade de estudo para os Recursos Hídricos**

Os vários usos múltiplos da água e as permanentes necessidades dela aliados ao crescimento populacional e às demandas agrícolas e industriais têm gerado forte pressão sobre os recursos hídricos. Irrigação na agricultura, abastecimento público, hidroeletricidade, diversificados usos industriais, recreação, turismo e paisagem, transporte e navegação, pesca, mineração e aquicultura são alguns dos principais usos múltiplos da água na preservação das funções vitais dos seres vivos. Desses usos, hoje, 70% de água disponível é usado para produção alimentar no Brasil e no mundo (ONU, 2016; TUNDISI et al., 2015).

O fato do Estado de São Paulo ter uma maior abrangência de coleta e tratamento de esgoto com relação aos outros estados brasileiros; mais quantidade de pontos de monitoramento de qualidade de água; mais pesquisas sendo desenvolvidas nessa vertente e o monitoramento da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) nesses reservatórios justifica-se a escolha dessa região e desses reservatórios para aplicar a DQA, que conforme suas premissas essas são algumas das exigências de sua implementação para o funcionamento pleno dessa gestão.

Entende-se por bacia hidrográfica um conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes com a existência de cabeceiras ou nascentes, divisores d’água ou interflúvio e as vertentes (GUERRA; GUERRA, 2005). Deve-se incluir também nesse conceito a noção de dinamismo, por causa das transformações que decorrem nas linhas divisoras de água sob o efeito dos agentes erosivos, alargando ou diminuindo a área da bacia (GUERRA; GUERRA, 2005).

Se é na bacia hidrográfica que as atividades humanas acontecem, conclui-se que é no exutório que irá abrigar todo o reflexo nas águas do que se faz dentro de cada bacia, conforme destaca Lima (2009) ao crer que é

Um tanto óbvio dizer que a relação entre o que se faz numa bacia hidrográfica em termos de ocupação, uso dos recursos naturais, movimentação de solo, erosão, impermeabilização, desmatamentos, emissão de poluentes exerce impactos diretos na quantidade e qualidade da água disponível na bacia (LIMA, 2009, p. 143).

Sendo assim, Botelho e Silva (2012) entendem as bacias hidrográficas como células básicas de análise ambiental, pois possibilitam conhecer e avaliar seus diversos constituintes e os processos e interações que nela ocorrem. A visão sistêmica e integrada do ambiente está implícita na adoção desta unidade fundamental. Dessa forma, a bacia hidrográfica, uma unidade fisiográfica para o planejamento dos recursos hídricos, constitui-se em um sistema aberto.

A Lei Federal Nº 9.433 de 1997 instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) e deu diretrizes gerais para a gestão das águas brasileiras assegurando a disponibilidade de água em condições apropriadas para as gerações futuras. Um dos fundamentos da lei que merecem destaque é a adoção da bacia hidrográfica como unidade territorial para implementação da PNRH (BRASIL, 1997).

Sabendo que os recursos hídricos têm sua gestão organizada por bacias hidrográficas e que as complexidades em defrontar com a configuração geográfica, visto que os recursos hídricos necessitam da gestão compartilhada com a administração pública, órgãos de saneamento, instituições vinculadas à atividade agrícola, gestão ambiental entre outros, e a cada um desses setores concerne a uma divisão administrativa distinta da bacia hidrográfica (PORTO; PORTO, 2008), há uma reflexão a ser estabelecida. As fronteiras das Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHIs) não necessariamente correspondem com a realidade local em que ela está imposta, como exemplo para elucidação peguemos a UGRHI 6 – Alto Tietê, onde constata-se duas divergências: os limites das bacias da Guarapiranga e Complexo Billings não estão completamente dentro do limite dessa UGRHI e toda a bacia do Paiva Castro encontra-se nessa mesma UGRHI, sendo que essa bacia é uma das integrantes do Sistema Produtor Cantareira, cujas bacias restantes localizam-se na UGRHI 5 – Piracicaba/Capivari/Jundiá. Expostas essas realidades, os questionamentos permanecem com relação em que há o embasamento na delimitação dos Comitês e das UGRHIs. Nesse sentido, Bernardi et al., (2012) expõem que muitas vezes as divisões das bacias hidrográficas não levam em conta apenas aspectos físicos, mas também políticos. Essa conceituação vem sendo abordada incorretamente, visto que as redes hidrográficas sobrepõem limites entre Estados. Destarte, existe um cuidado em delimitar uma área hidrográfica sobrepondo às divisões políticas. A intenção é obter um melhor gerenciamento das águas pelo fato de trabalhar com toda a região coletora.

A Lei Estadual Paulista Nº 7.663 de 1991 estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos (PERH) bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SigRH), no Plano Estadual de Recursos Hídricos consta as 22 UGRHIs com dimensões e características que permitam e justifiquem o gerenciamento descentralizado dos recursos hídricos. Com essa realidade, é imprescindível que a bacia hidrográfica seja tomada como referência nos estudos e planejamentos dos recursos hídricos. Em alguns casos, como os fronteiros, pode ser que uma determinada bacia tenha mais de uma UGRHI envolvida em sua gestão.

A rede hidrográfica, responsável pela drenagem de uma bacia possui formatos espaciais que exprimem a estrutura geológica e composição da morfogenética da área da bacia. A bacia hidrográfica pode ser investigada de acordo com as serventias de usos pela sociedade. Numa escala de prioridade para a gestão da água temos: drenagem da bacia, abastecimento humano e saneamento básico, manutenção da ictiofauna, geração de energia,

produção de alimentos, outros usos diversos e navegação (ROCHA, 2008). No decorrer do tempo geológico, a dinâmica da drenagem germina mudanças na topografia do terreno, aumentando ou diminuindo as rugosidades, os aclives e declives provocando uma certa evolução do relevo. Entrementes, a ocupação desordenada do território contíguo das bacias hidrográficas, com vertiginosas mudanças resultantes das atividades humanas, acelera os desequilíbrios nos solos, nas vertentes e encostas, nos vales fluviais e em toda a drenagem da bacia (ROCHA, 2008).

### **A Diretiva Quadro da Água**

A Diretiva do Parlamento e do Conselho para o Estabelecimento de um Quadro para a Ação Comum no Domínio da Política da Água, popularmente conhecida por Diretiva Quadro da Água (CE, 2000), é o modelo de gestão dos recursos hídricos implantado em 2000 na Comunidade Europeia que tem como objetivo estabelecer um enquadramento para a proteção das águas que evite a contínua degradação. Além disso, ela visa a proteção, melhora e recuperação do estado dos ecossistemas aquáticos. (CE, 2000) Como meta a Diretiva visa alcançar um bom estado das águas de todas os corpos hídricos até 2015 (fim do primeiro ciclo de gestão), com prorrogação para 2021 e 2027, fim do segundo e terceiro ciclo de gestão. (EC, 2016) Para águas de superfície, o “bom estado” é determinado por um “bom estado ecológico” e um “bom estado químico”. O estado ecológico é determinado por elementos de qualidade biológica, com o amparo dos elementos hidromorfológicos e elementos de qualidade físico-químicas. Entende-se como “bom estado ecológico” quando os valores dos elementos da qualidade biológica das águas de superfície mostram baixos níveis de distorção resultante da atividade humana e em condições não perturbadas só se desviam ligeiramente do mesmo tipo de massa de água. (CIS, 2003d). A unidade de planejamento, gestão e execução das medidas destinadas a garantir a proteção dos corpos hídricos tem como referência a bacia hidrográfica (CE, 2000).

Como todo modelo de gerenciamento há a abrangência dos aspectos econômicos e administrativos (CIS, 2003a), certamente a DQA também discute esses aspectos. Entretanto, o foco dessa pesquisa destina-se aos elementos ecológicos, mais especificamente os de ordem geológica e geomorfológica. A DQA possui seis etapas ecológicas de implementação, conhecidas como “Tipologia”, “Condições de Referência”, “Estados Ecológicos”, “Análises das Pressões e Impactos na bacia”, “Monitoramento” e “Intercalibração”.

Para que haja a caracterização dos tipos de massas de águas de superfície, deve-se identificar a categoria de águas de superfície (rios, lagos, águas de transição ou águas costeiras, massa de água superficial artificial ou massa de água superficial fortemente modificada). A DQA aborda as duas categorias de águas: as de superfície e subterrânea, entretanto, essa pesquisa dará atenção apenas nas de superfície, visto que o objeto de estudo desse trabalho são os reservatórios. Identificada a categoria de águas de superfície, essa será diferenciada por tipos. Esses tipos são definidos usando o Sistema A ou o Sistema B. (CE, 2000), cabe aos Estados Membros decidirem qual sistema usar. Sabe-se que a maioria dos Estados Membros indicaram que preferem utilizar o Sistema B (CIS, 2003d).

A tipologia é uma das primeiras etapas na implementação da DQA e a proposta da tipologia permite as condições de referência específicas a serem estabelecidas. Sendo assim, a tipologia tem consequências para todos os aspectos operacionais subsequentes da implementação da DQA. A tipologia final deve ser submetida para a Comissão um mapa no formato de Sistema de Informação Geográfica (SIG) da localização geográfica dos tipos até 2004 (CIS, 2003c).

Os dois sistemas são praticamente os mesmos nos fatores obrigatórios que devem ser usados em ambos: posição geográfica, altitude, tamanho, geologia e para lagos, a profundidade. A diferença é que o Sistema A prescreve como os corpos de água serão caracterizados espacialmente (ecorregiões), e no que diz respeito à altitude específica, intervalos de tamanho e profundidade, e o Sistema B além de faltar o item ecorregião, permite o uso de fatores adicionais. (CIS, 2003d). O Parlamento Europeu e o Conselho da União Europeia (2000) citam os sistemas A e B da tipologia para os tipos de massas de águas de superfície: rios, lagos, águas de transição e águas costeiras. Todavia, os reservatórios possuem uma combinação das características de rios e lagos, a montante e jusante, respectivamente. Por esse motivo, as tipologias do Sistema A e B de rios e lagos serão a base para adaptar essa metodologia ao ambiente de um reservatório e também à realidade brasileira.

Os reservatórios são considerados prováveis a resultar em um corpo de água sendo designado como Corpos de Água Fortemente Modificados, tal qual a definição da Estratégia de Implementação Comum (2003b), que diz que os Corpos de Água Fortemente Modificados são corpos de água os quais, como resultado de alterações físicas derivadas da atividade humana, são substancialmente modificadas as características e não podem, portanto, encontrar “bom estado ecológico”. O seu objetivo ambiental torna-se o alcance de um “bom potencial ecológico” e “bom estado químico” até 2015.

Com relação à legislação brasileira no tocante dos recursos hídricos, tanto a lei federal de N° 9.433 de 1997 quanto a estadual paulista de N° 7.663 de 1991 abordam a gestão com propriedade de usos da água, diferentemente da legislação europeia que enfoca sua gestão na boa qualidade ecológica e química dos corpos hídricos. A validar, a lei 9.433/1997 traz os seguintes instrumentos:

*II – o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água;*

*III – a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos.*

Quanto ao enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes, visa-se:

*I – assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas.*

Segundo essa lei, as classes de corpos de água são decretadas pela legislação ambiental, nesse caso a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) N° 357 de 2005 dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como o estabelecimento de outras providências. O Capítulo II aborda a classificação dos corpos de águas doces, salobras e salinas, segundo a qualidade exigida para os seus usos preponderantes, em treze classes de qualidade. As águas doces são classificadas em classe especial, classe 1, classe 2, classe 3 e classe 4; sendo a classe 4 a menos restritiva e a classe especial mais restritiva com relação ao consumo humano.

## **Material e Métodos**

Os materiais utilizados foram as imagens *Global Land Survey - Land Remote Sensing Satellite 5* (GLS-Landsat 5), o mapa geomorfológico do Estado de São Paulo digitalizado de Ross & Moroz (1997) bem como o mesmo mapa na versão impressa na escala 1:500.000 como base para consulta. Os portais eletrônicos “DataGEO – Sistema Ambiental Paulista” e o “Portal SigRH – Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo” contribuíram na localização dos reservatórios. O mapa geológico do Estado de São Paulo da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) de 2006 na escala 1:750.000 auxiliou na identificação dos componentes geológicos dos reservatórios estudados.

Com base no mapa geomorfológico do Estado de São Paulo (ROSS & MOROZ, 1997) gerado no AutoCAD (dwg.), foi feita a conversão dos polígonos para o formato *shapefile* (shp.) a ser trabalhado no *software* ArcGIS 10.3, que é uma ferramenta de Sistema de Informação Geográfica. Nessa conversão, toda a base geomorfológica foi ajustada para a projeção *Universal Transversa de Mercator* (UTM 23S) e datum horizontal *World Geodetic System* 1984 (WGS84). A partir desses dados georreferenciados, agora em ambiente de SIG, toda a operação seguinte foi executada no *software* Idrisi Selva, após a conversão do formato *shapefile* (shp.) para vetor (vct.) do Idrisi Selva.

Os procedimentos supracitados basearam-se na técnica do Geoprocessamento. Amparado pelos fundamentos de Sensoriamento Remoto, foram coletadas imagens de satélite GLS-Landsat 5 que consiste em imagens nas faixas do *Thematic Mapper* (TM) e do *Enhanced Thematic Mapper* (ETM) e com as bandas espectrais do visível, do infravermelho próximo e do infravermelho médio, bem como sua respectiva imagem *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) datadas de 2004, 2005, 2006 e 2010, todas cedidas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Foram feitas composições coloridas utilizando as bandas 3, 4 e 5 do GLS. Em seguida foi digitalizado o contorno de cada reservatório (função *digitize*).

A identificação dos reservatórios e a correspondência de suas respectivas UGRHIs foi obtida com o auxílio dos portais eletrônicos “DataGEO” e o “Portal SigRH”. De posse do vetor do contorno do corpo d’água e da respectiva imagem SRTM obteve-se o limite da bacia de captação de cada represa, devido ao algoritmo *Watershed* do Idrisi Selva. Com o vetor do reservatório foi feita a conversão para raster e extraído os limites da bacia hidrográfica onde está inserido o referido reservatório a partir da imagem SRTM ortoretificado com GLS.

A obtenção das informações pertinentes, tais como as linhas divisórias das texturas geomorfológicas, localizadas dentro de cada bacia é extraída pela ferramenta clip do ArcGIS, por isso há a conversão dos arquivos vct. para shp. e novamente para vct. dando continuidade a próxima etapa que foi a digitalização das texturas geomorfológicas de cada bacia para que o Idrisi conseguisse aferir o tamanho de cada textura em hectare e, por fim, a elaboração dos mapas dos reservatórios. Nesse processo há a inserção das propriedades do mapa como título, legenda, escala cartográfica, orientação (Norte), projeção e datum, além da rede de drenagem na escala 1:50.000 do ano de 2013 fornecida pelo DataGEO. Para tratar a imagem

do mapa e deixá-lo o mais polido possível, a edição dos mapas foi executada no programa Adobe Photoshop CS6.

Ao todo há três texturas geomorfológicas nas bacias estudadas e cada bacia hidrográfica foi digitalizada de acordo com sua textura com o propósito de se auferir a medição em hectare da área de cada componente geomorfológico. No entanto, o Idrisi permite esse comando em imagens. Por isso, foi feita a conversão do vetor polígono para raster. Após a confecção dos mapas, os mesmos foram convertidos para o datum Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas 2000 (SIRGAS 2000). Optou-se pela conversão no final, pois todas as bases que se tinha nesse trabalho estavam em WGS 84 e a fim de evitar incongruências durante a execução essa foi a metodologia adotada.

### **Resultados e Discussão**

A DQA considera a geologia dominante como um dos aspectos da tipologia para implementação desse modelo de gestão de recursos hídricos. Esse trabalho aborda previamente elementos geomorfológicos, pois como acreditam Ross & Moroz (1997), a primeira realidade relevante é ter explícito que o relevo é apenas um dos constituintes da litosfera e que está intimamente associado com as rochas que o sustenta e com os solos que o recobre. Também consideram de grande dimensão, ter um discernimento essencial com o formato desigual do relevo, que é processado através do desempenho simultâneo e desigual das dinâmicas climáticas e da estrutura da litosfera, do mesmo modo que tanto o clima quanto a estrutura não se comportam permanentemente sempre iguais, ou seja, ao longo do tempo e no espaço ambos se modificam continuamente. Sendo assim, esses elementos viabilizam ponderar que o relevo e os demais integrantes da natureza são dinâmicos e em constante estado de evolução.

A morfometria e o substrato geológico das bacias que contêm os reservatórios são fatores determinantes nas interações entre os ecossistemas terrestres e aquáticos, que influenciam na qualidade de suas águas. A geomorfologia das bacias se reflete nos eventos físicos, químicos e biológicos que ocorrem nos reservatórios formados em seu interior (ASSIREU et al., 2004). Complementando essa ideia, Parron et al. (2009) admitem que as águas refletem os meios por onde atravessam, guardando estreita relação com os tipos de rochas drenadas e com os produtos das atividades humanas, adquiridos ao longo de seu trajeto.

Cunha (2005) salienta que a partir da década de 70, as contribuições da Geomorfologia Fluvial têm adotado uma perspectiva temporal para as mudanças fluviais e se preocupado com as modificações decorrentes da maior atuação do homem sobre o ambiente fluvial, em especial modificando-o com a construção de obras de engenharia ou usos indevidos na bacia hidrográfica.

No caso da geologia, o campo de atividade dessa ciência é a porção da Terra constituída de rochas que, por sua vez, são as fontes de informações (POPP, 1998). Essas informações são fundamentais para descrever a suposta qualidade biogeológica da água. Salienta-se que há outros fatores interferentes nesse quesito, como os usos e ocupações que se fazem desse solo. Uma rocha é um agregado natural de um ou mais minerais. Os minerais são sólidos cristalinos inorgânicos que ocorrem na natureza e têm propriedades físicas e químicas definidas. Os minerais são constituídos por elementos químicos como oxigênio, silício e alumínio e os elementos, por sua vez, são constituídos de átomos (WICANDER; MONROE, 2009) Para melhor compreensão da geologia dominante dos reservatórios estudados nessa pesquisa Andrade et al. (2009) fornecem uma preliminar da constituição rochosa terrestre ao afirmarem que a crosta terrestre é composta em sua totalidade por praticamente oito elementos químicos como o oxigênio, silício, alumínio, ferro, cálcio, sódio, potássio e magnésio e que mais de 70% da crosta é formada por oxigênio e silício, torna os silicatos a classe predominante de minerais. São eles: feldspato, quartzo, olivinas, piroxênios, anfibólios, granadas e micas.

A fim de contextualizar o atual embasamento geológico do sudeste brasileiro, Hasui (2010) descreve esse momento histórico por meio da introdução do Ciclo dos Supercontinentes, sendo considerado atualmente o mais antigo o Supercontinente Colúmbia. Essas massas continentais existentes se aglutinaram formando cinturões orogênicos e fechando o ciclo tectônico que na América do Sul é chamado Transamazônico. Os rifteamentos, sedimentação e ativo magmatismo anorogênico, principalmente com intrusão de granitos e diques de diabásio atingiram de forma extensiva a região do sudeste brasileiro. Fecharam-se os oceanos Adamastor, de Goiás e Borborema localizados entre a América do Sul e a África, resultando na concepção dos sistemas orogênicos Mantiqueira, Tocantins e Borborema.

Os mapas dos reservatórios do Sistema Cantareira contêm em suas legendas o código da morfologia com seus respectivos índices de dissecação do relevo seguido do tamanho da extensão territorial da bacia hidrográfica em hectare. O primeiro dígito do índice

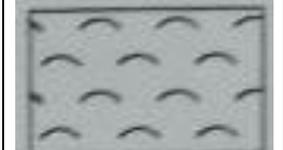
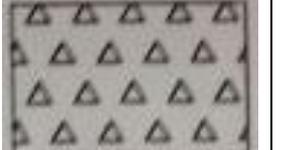
de dissecação do relevo corresponde ao entalhamento dos vales e o segundo dígito indica a dimensão interfluvial média ou densidade de drenagem. Para esse artigo não haverá a discussão dessa matriz do índice de dissecação do relevo, pois não é o propósito dele. O significado dos códigos da morfologia está exposto no Quadro 01. As colorações amarelo, vermelho e verde dos mapas referem-se aos três diferentes tipos de texturas geomorfológicas dessa área de estudo, que correspondem aos Índices de dissecação do relevo e fragilidade proposto por Ross & Moroz (1997) conforme ilustra o Quadro 02 e em seguida com o Quadro 3 como expansão das informações referentes ao Quadro 02.

**Quadro 01.** Morfologia dos relevos.

MORFOLOGIA	
A - Relevos de Agradação	D - Relevos de Denudação
Apf - Planícies Fluviais	Da - Formas de topos aguçados
	Dc - Formas de topos convexos
	Dt - Formas de topos tabulares (planos)

Fonte: Ross & Moroz (1997).

**Quadro 02.** Associação da cor do mapa com a dissecação e fragilidade do relevo.

Parâmetro de dissecação e fragilidade do relevo			
Cor no mapa			
Símbolo			

Organização: Vinicius Ricaro Kumazawa.

**Quadro 03.** Parâmetros e Níveis de fragilidade do relevo e solo.

Parâmetros da Fragilidade Potencial		Níveis de fragilidade potencial
Índices Crescentes de Dissecação do relevo e fragilidade	Índices crescentes de fragilidade dos solos	
	Nitossolo ou Argissolo, (Argissolo/Luvisolo/Nitossolo) Vermelho Amarelo médio argiloso, Latossolo Vermelho Amarelo médio arenoso	MÉDIA, Formas de dissecação média a alta, com vales entalhados e densidade de drenagem média a alta. Áreas sujeitas a forte atividade erosiva.

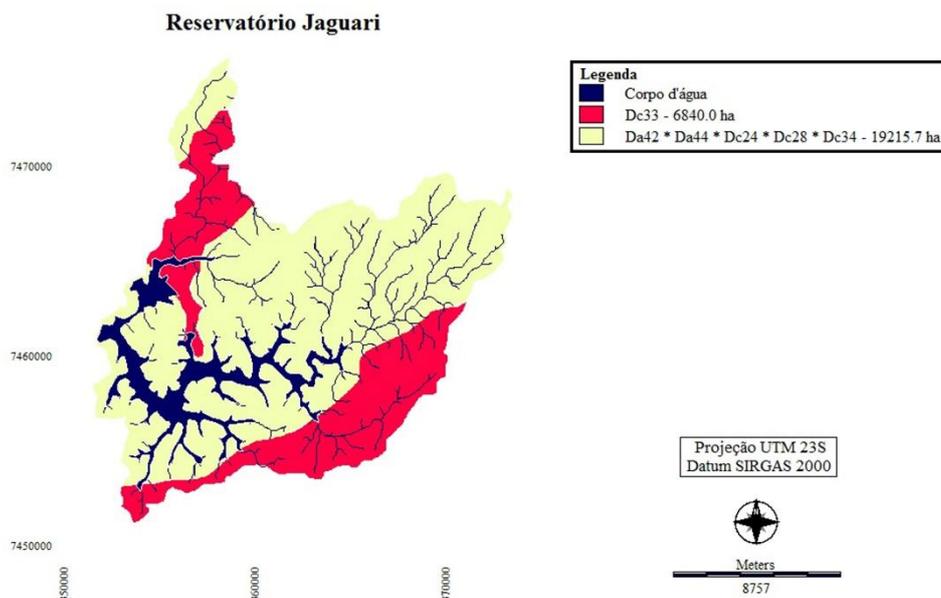
	Cambissolos, (Argissolo/Luvisolo/Nitossolo) Vermelho Amarelo médio arenoso, Latossolo Vermelho Amarelo médio arenoso, Neossolos	ALTA, Formas muito dissecadas, com vales entalhados associados a vales pouco entalhados, com alta densidade de drenagem. Áreas sujeitas a processos erosivos agressivos, com probabilidade de ocorrência de movimentos de massa e erosão linear com voçorocas.
	Cambissolos, (Argissolo/Luvisolo/Nitossolo) com cascalhos, Neossolos	MUITO ALTA, Formas de dissecação muito intensa, com vales de entalhamento pequena e densidade de drenagem alta ou vales muito entalhados, com densidades de drenagem menores. Áreas sujeitas a processos erosivos agressivos, inclusive com movimentos de massa.

**Fonte:** Ross & Moroz (1997); Santos et al. (2006); Jacomine (2008).

O primeiro quadro abaixo de cada mapa refere-se à ordem taxonômica de Ross & Moroz (1997) e a cor das unidades remete a cor da legenda do mapa. Isto é, a cor da tabela é a expansão das informações do mapa. O segundo quadro emite informações de contexto puramente geológico.

A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) é abastecida por oito sistemas produtores de água, entre eles estão o Alto Cotia, Baixo Cotia, Guarapiranga, Rio Grande, Rio Claro, Alto Tietê, Ribeirão da Estiva e o Cantareira (SABESP, 2016). O Sistema Cantareira consiste no maior sistema produtor de águas encarregado por abastecer aproximadamente 9 milhões de pessoas na capital e parte de alguns municípios vizinhos (ANA, 2016). Segue o reservatório Jaguari – UGRHI 5 (Figura 2 e Quadro 4) com os seus dados.

**Figura 02.** Reservatório Jaguari e sua bacia hidrográfica da parte do território paulista.



Fonte: Kumazawa, V. R. (2016).

**Quadro 04.** Estrutura geológica da bacia Jaguari.

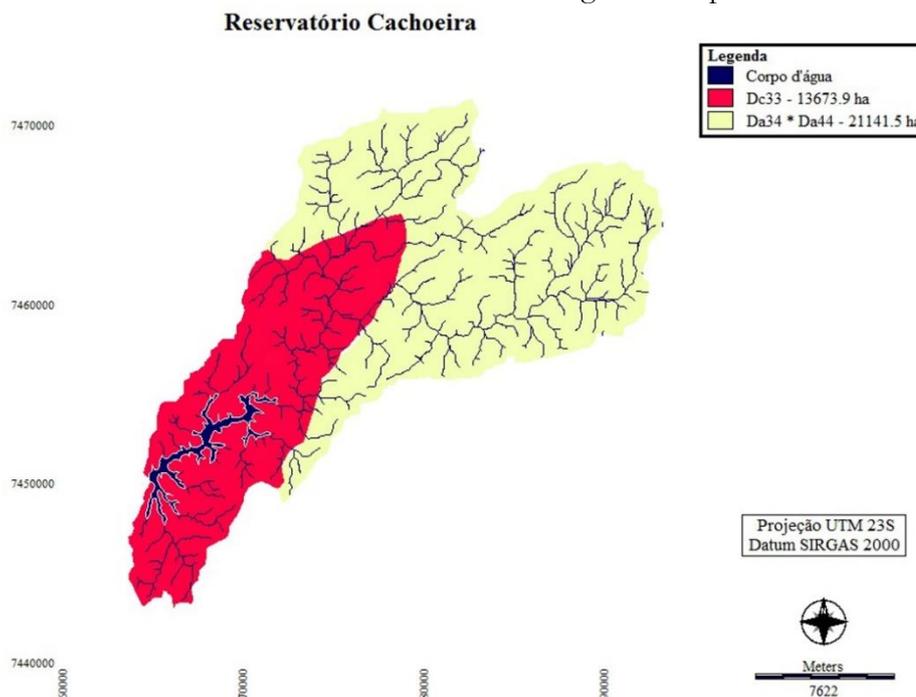
<b>RESERVATÓRIO JAGUARI</b>		
<b>Éon</b>	<b>Era</b>	<b>Período</b>
Proterozoico	Neoproterozoico	Ediacariano
Proterozoico	Neoproterozoico	Criogeniano
<b>UNIDADE LITOSTRATIGRÁFICA</b>	Província Tocantins, Terreno Socorro-Guaxupé, Magmatismo relacionado ao Orógeno Socorro-Guaxupé	
	<b>Granitos peralcalinos, tipo A (NP3sy3A): Piracaia (pc)</b>	
	<b>Granitos foliados e ortognaisses, calcialcalinos, tipo I (NP3sy11): Socorro-Bragança Paulista (bp)</b>	
	Província Tocantins, Terreno Socorro-Guaxupé, Complexo Varginha-Guaxupé	
<b>Unidade ortognáissica migmatítica intermediária (NPvog):</b> biotita-hornblenda nebulito de composição granodiorítica, granítica, sienítica e monzonítica, granito gnáissico anatótico metaluminoso, comumente porfirítico.		
<b>Domínio Tectônico</b>		
<b>Orógeno Socorro-Guaxupé</b> - Magmatismo metaluminoso sin a tardi-orogênico - Neoproterozoico		
<b>Terreno Socorro-Guaxupé</b> - Domínio de Arco Magmático - Neoproterozoico		
<b>Orógeno Paranapiacaba</b> - Magmatismo metaluminoso sin a tardi-orogênico - Neoproterozoico		

Fonte: CPRM, 2006.

Essa bacia está localizada nos Planaltos de Serra Negra/Lindoia e Planalto e Serra da Mantiqueira (ROSS & MOROZ, 1997). Constata-se que o reservatório de Jaguari tem como geologia dominante os granitos e migmatitos com o feldspato em suas composições. O granito, formado a partir do resfriamento do quartzo e feldspato, é uma **rocha plutônica**

ou **rocha ígnea intrusiva**, pois é formada quando o magma se resfria e se cristaliza sob a superfície. Essa rocha é ácida e rica em sódio, potássio e alumínio, portanto félsico (WICANDER; MONROE, op cit.). Dessa forma, pode-se concluir que há metais presentes nesse recurso hídrico como alumínio, potássio, sódio, cálcio, bário, ferro, chumbo, rubídio e céσιο. Na sequência apresenta-se o reservatório Cachoeira – UGRHI 5 (Figura 03 e Quadro 05).

**Figura 03.** Reservatório Cachoeira e sua bacia hidrográfica da parte do território paulista.



Fonte: Kumazawa, V. R. (2016).

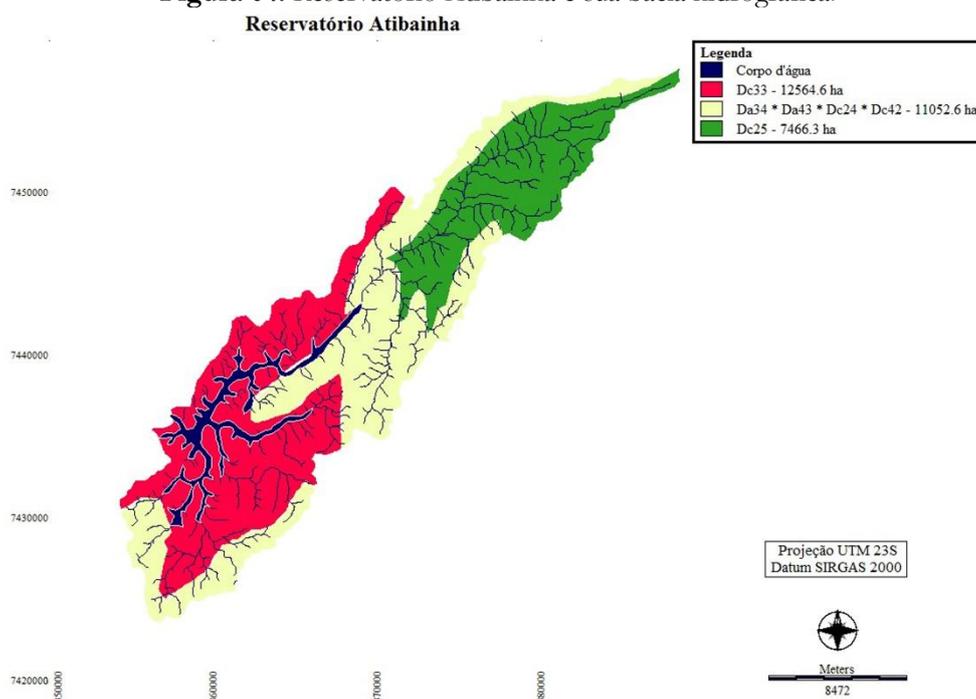
**Quadro 05.** Estrutura geológica da bacia Cachoeira.

RESERVATÓRIO CACHOEIRA		
Éon	Era	Período
Proterozoico	Neoproterozoico	Criogeniano
<b>UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA</b>	Província Tocantins, Terreno Socorro-Guaxupé, Complexo Varginha-Guaxupé	
	<b>Unidade paragnáissica migmatítica superior (NPvm):</b> (cordierita)-granada-(silimanita)-biotita-gnaiss bandado com leucossoma a biotita e granada, micaxisto restrito; nebulito gnaissico-granítico e ortognaisses intrusivos, metapsamito com metacarbonato e gnaiss calciossilicático subordinados; intercalações de gnaisses básico a intermediário e metabásica.	
	<b>Unidade ortognáissica migmatítica intermediária (NPvog):</b> biotita-hornblenda nebulito de composição granodiorítica, granítica, sienítica e monzonítica, granito gnaissico anatótico metaluminoso, comumente porfirítico.	
<b>Domínio Tectônico</b>		
<b>Terreno Socorro-Guaxupé - Domínio de Arco Magmático - Neoproterozoico</b>		

**Fonte:** CPRM, 2006.

O reservatório Cachoeira está localizado no rio homônimo do município de Piracaia, a coloração vermelha da Figura 03 encontra-se no Planalto de Jundiá e o amarelo no Planalto e Serra da Mantiqueira (ROSS & MOROZ, 1997). Nesse reservatório predomina a característica de granitos, gnaisses e migmatitos. Tanto a bacia do Jaguari quanto a do Cachoeira apresentam a área da bacia referente ao território paulista. Há a continuação dessa bacia em terrenos mineiros. Entretanto, obtém-se como produto as Figuras 02 e 03 porque há como base geomorfológica do Estado de São Paulo o respaldo para extrair as informações e busca-se ser fiel com a metodologia proposta que é a caracterização geológica conforme propõe a DQA na tentativa de aplicá-la ao Estado de São Paulo. A seguir, aparece o reservatório Atibainha – UGRHI 5 (Figura 04 e Quadro 06)

**Figura 04.** Reservatório Atibainha e sua bacia hidrográfica.



**Fonte:** Kumazawa, V. R. (2016).

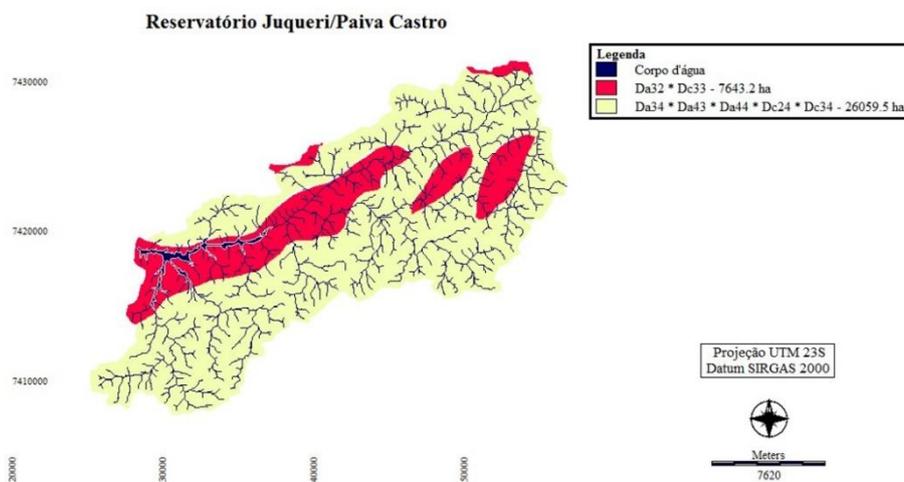
**Quadro 06.** Estrutura geológica da bacia Atibainha.

RESERVATÓRIO ATIBAINHA		
Éon	Era	Período
Proterozoico	Neoproterozoico	Ediacariano
Proterozoico	Neoproterozoico	Criogeniano
Proterozoico	Mesoproterozoico	Ectasiano
UNIDADE LITOSTRATIGRÁFICA	Província Mantiqueira, Terreno Apiaí, Formação Iporanga	
	<b>Granitos foliados, calcialcalinos, tipo 1 (NP3pγ2l):</b> Pedra Branca (pe)	
	<b>Granitoides foliados, quimicamente indiferenciados (NP3pγ2):</b> Jundiuvira (ju)	
	Província Tocantins, Terreno Socorro-Guaxupé, Magmatismo relacionado ao Orógeno Socorro-Guaxupé	
	<b>Granitos foliados peraluminosos, tipo S (NP3sγ1S):</b> Nazaré Paulista (np)	
	Província Tocantins, Terreno Socorro-Guaxupé, Complexo Varginha-Guaxupé	
	<b>Unidade paragnáissica migmatítica superior (NPvm):</b> (cordierita)-granada-(silimanita)-biotita-gnaiss bandado com leucossoma a biotita e granada, micaxisto restrito; nebulito gnaissico-granítico e ortognaisses intrusivos, metapsamito com metacarbonato e gnaiss calciossilicático subordinados; intercalações de gnaisses básico a intermediário e metabásica.	
	Super Grupo Açungui, Subgrupo Lageado	
<b>Grupo Serra do Itaberaba (MP2si):</b> xisto, rocha calcissilicática, metapelito, metabasito, metandesito, metatufo, metamáfica		
<b>Domínio Tectônico</b>		
<b>Orógeno Socorro-Guaxupé</b> - Magmatismo peraluminoso sin a tardi-orogênico - Neoproterozoico		
<b>Terreno Socorro-Guaxupé</b> - Domínio de Arco Magmático - Neoproterozoico		
<b>Orógeno Paranapiacaba</b> - Magmatismo metaluminoso sin a tardi-orogênico - Neoproterozoico		
<b>Terreno Apiaí</b> - Remanescente de bacia oceânica - Mesoproterozoico		

Fonte: CPRM, 2006.

O reservatório Atibainha está assentado no Planalto de Jundiá e as partes em verde e amarelo do restante da bacia no Planalto e Serra da Mantiqueira (ROSS & MOROZ, 1997). Localizado no rio Atibainha e município de Nazaré Paulista, sua sustentação geológica são três diferentes tipos, com dominância das graníticas, conforme retrata o Quadro 06. Por fim, há a descrição do reservatório Juqueri/Paiva Castro – UGRHI 6.

**Figura 05.** Reservatório Juqueri/Paiva Castro e sua bacia hidrográfica.



Fonte: Kumazawa, V. R. (2016).

**Quadro 07.** Estrutura geológica da bacia Paiva Castro.

RESERVATÓRIO PAIVA CASTRO		
Éon	Era	Período
Proterozoico	Neoproterozoico	Ediacariano
<b>UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA</b>	Província Mantiqueira, Terreno Apiaí, Grupo São Roque	
	<b>Formação Estrada dos Romeiros (NP3srer):</b> biotita-sericita filito, por vezes bandado ou com lentes de filito metarenito, metarcóseo, quartzito, calcissilicática, anfíbolito, metabásica e quartzito fino que grada para microconglomerado; metarritmito, metarenito que grada para metassiltito, com intercalações de metarenito hematítico e ortoquartzito, metarenito bandado e metagrauvaca.	
	Província Tocantins, Terreno Socorro-Guaxupé, Magmatismo relacionado ao Orógeno Socorro-Guaxupé	
	<b>Granitos foliados e ortognaisses, calcialcalinos, tipo 1 (NP3sy11): Mairiporã (ma)</b>	
<b>Domínio Tectônico</b>		
<b>Orógeno Socorro-Guaxupé</b> - Magmatismo metaluminoso sin a tardi-orogênico - Neoproterozoico		
<b>Terreno Apiaí</b> - Bacia relacionada a arco magmático - Neoproterozoico		
<b>Terreno Apiaí</b> - Remanescente de bacia oceânica - Mesoproterozoico		

Fonte: CPRM, 2006.

O reservatório Juqueri está localizado no município de Mairiporã nos Planaltos de Jundiá e Planalto e Serra da Mantiqueira (ROSS & MOROZ, 1997) e tem em sua composição geológica:

—A biotita e a sericita, que são minerais do grupo das micas;

\_Rochas com cálcio e silício com fragmentos hematíticos, que é o principal mineral de ferro, que pode conter titânio;

\_A grauvaca é uma rocha sedimentar constituída de fragmentos arenosos, geralmente quartzo, e quantidade significativa de material argiloso;

\_Nessa bacia foi detectado também o granito.

Observa-se que a unidade litoestratigráfica “NPvog” está presente nos reservatórios Cachoeira e Jaguari e o “NPvm” no Cachoeira e Atibainha. Fica evidente que em todos os reservatórios o embasamento geológico é composto por minerais que possuem em sua solidificação metais que certamente com o contato na coluna da água haverá a interação dos metais com o recurso hídrico sendo como um dos elementos influenciadores da qualidade da água. Os metais existentes nos minerais das rochas presentes nessa área de estudo são: alumínio (Al), ferro (Fe), potássio (K), magnésio (Mg), sódio (Na), titânio (Ti), cálcio (Ca), bário (Ba), chumbo (Pb), rubídio (Rb), céσιο (Cs), manganês (Mn) e cromo (Cr). Para detectar dados quantitativos referentes a esses metais no ambiente aquático necessita-se de procedimentos analíticos a partir da coleta de água e ter feito a leitura no espectrofotômetro de absorção atômica (CHIBA et al., 2011).

O elemento ou metal traço é importante no funcionamento biológico dos seres vivos. Alguns elementos podem ser altamente tóxicos para as diversas formas de vida, outros são considerados essenciais, entretanto, mesmo alguns metais sendo considerados essenciais podem se tornar tóxicos em concentrações elevadas (TEMPLETON et al., 2000). Esse elemento no ambiente aquático é um contaminante ambiental estável e persistente visto que não pode ser degradado ou destruído (CARDOSO-SILVA, 2013).

### **Considerações Finais**

Fica evidente que para que haja um adequado uso múltiplo dos reservatórios há a intrínseca relação com a demanda de um sistema de superintendência eficaz dos recursos hídricos, em razão de suas interações com a bacia de contribuição, uma unidade geográfica espacial que reflete o histórico de seus processos a jusante dela, visto que é no relevo que proporciona condições para que a população se estabeleça e desenvolva suas atividades, derivando daí valores econômicos e sociais que lhes são atribuídos (MARQUES, 2005).

Abordar a bacia hidrográfica como unidade de gerenciamento e planejamento, conforme expressa o princípio básico de gestão de recursos hídricos na Lei 9.433 (art. 1º),

revela uma escolha certa, em razão das integrações antrópicas e ambientais que ocorrem nesse espaço. Todas essas dinâmicas que ocorrem na bacia de drenagem repercutem suas consequências no ponto final da bacia que são os rios, lagos e represas.

A DQA é um recurso de gestão ambiental inovador, profícuo e competente. Suas pormenorizações como ferramenta de avaliação de implementação, as tipologias, demonstram um estudo aprofundado de todos os elementos naturais, o que evidencia o holismo operante, assim como é de fato a realidade na natureza. Dessa forma, os requisitos exigidos são fiéis aos fenômenos decorrentes no meio ambiente.

O uso do SIG atrelado às imagens de satélite indica viabilidade e consistência para o planejamento e estudo das bacias. Tratar a natureza geológica dos terrenos banhados pelos reservatórios e os tipos de rochas que condicionam a drenagem é tão fundamental quanto os outros elementos de análise, visto que os minerais das rochas se desagregam e são carregados e interagidos pela fluidez das águas na configuração da rede hidrográfica, ou seja, a dissolução de materiais influencia na qualidade da água.

## Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Portal da Qualidade das Águas**. Indicadores de qualidade - Índice de Qualidade das Águas. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx#>. Acesso em: 19 maio 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Sistema Cantareira**. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/saladesituacao/v2/SistemaCantareira.aspx>. Acesso em: 09 nov. 2016.

ANDRADE, F. R. D. et al. A Terra sólida: minerais e rochas. In: **Decifrando a Terra**. TEIXEIRA, W.; FAIRCHILD, T. R.; TOLEDO, M. C. M.; TAIOLI, F. (orgs.) 2. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009.

ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE SÃO PAULO. Disponível em: <http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/1991/lei-7663-30.12.1991.html>. Acesso em: 03 jun. 2016

ASSIREU, A. T.; LORENZZETTI, J. A.; NOVO, E. M. L. M.; STECH, J. L.; BRAGA, C. Z. F.; LIMA, I. B. T. **Aplicação do Operador de Fragmentação Assimétrica (FA) na caracterização de controles geomorfológicos em reservatórios hidroelétricos**. Revista Brasileira de Geociências, Volume 34, 2004.

BERNARDI, E. C. S.; PANZIERA, A. G.; BURIOL, G. A.; SWAROWSKY, A. **Bacia Hidrográfica Como Unidade de Gestão Ambiental**. Disciplinarum Scientia. Série: Ciências Naturais e Tecnológicas, v. 13, p. 159-168, 2012.

BOTELHO, R. G. M. Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (Orgs.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 2ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. (orgs.) **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 6ed. p. 153-192. 2012.

BRASIL, GOVERNO FEDERAL, **LEGISLAÇÃO**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm). Acesso em 20 jun. 2016

CARDOSO-SILVA, S; FERREIRA, T; POMPÊO, M. L. M. Diretiva Quadro D'Água: uma revisão crítica e a possibilidade de aplicação ao Brasil. **Revista Ambiente & Sociedade**. São Paulo – SP, Vol. 16, nº 1, p. 39-58. 2013.

CARDOSO-SILVA, S. **Metais no Meio Ambiente Aquático**. Portal de Ecologia Aquática. 2013. Disponível em: [http://ecologia.ib.usp.br/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=125&Itemid=420](http://ecologia.ib.usp.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=125&Itemid=420). Acesso em: 23 nov. 2016.

CE – Comissão Europeia . **Directiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 23 de Outubro de 2000 que estabelece um quadro de acção comunitária no domínio da política da água**. Jornal Oficial das Comunidades Europeias 22 de Dezembro de 2000 L 327/1.

CHIBA, W. A. C.; PASSERINI, M. D.; BAILO, J. A. F.; TORRES, J. C.; TUNDISI, J. G. **Seasonal study of contamination by metal in water and sediment in a sub-basin in the southeast of Brazil**. Brazilian Journal of Biology, vol. 71, n.4. 2011

CIS - Common Implementation Strategy For The Water Framework Directive (2000/60/EC). Guidance Document N° 1. **Economics and the environment. The implementation challenge of the Water Framework Directive**. 270p. 2003a.

CIS - Common Implementation Strategy For The Water Framework Directive (2000/60/EC). Guidance Document N° 4. **Identification and Designation of Heavily Modified and Artificial Water Bodies**. 108p. 2003b.

CIS - Common Implementation Strategy For The Water Framework Directive (2000/60/EC). Guidance Document N° 5. **Transitional and Coastal Waters. Typology, Reference Conditions and Classification Systems**. 107p. 2003c.

CIS - Common Implementation Strategy For The Water Framework Directive (2000/60/EC). Guidance Document N° 10. **River and Lakes – Typology, reference conditions and classification systems**. 87p. 2003d.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil, **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**, 2006.

CUNHA, S. B. Geomorfologia Fluvial. In: Guerra, A. J. T; Cunha, S. B. (orgs) **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 6ed. p.211-252. 2005.

EC - European Commission/Environment/Water/Water Framework Directive. Disponível em: [http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/info/timetable\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/info/timetable_en.htm). Acesso em 27 jun. 2016.

FONTOURA, L. N. J. Planejamento urbano-ambiental: o uso e ocupação do solo no Distrito Federal. In: **Revista Especialize On-Line IPOG**, Brasília – DF, Vol. 1, nº05, jul /2013.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 4 ed. 648p. 2005.