

VINICIUS RICARO KUMAZAWA

**CONTRIBUIÇÃO AO ESTABELECIMENTO DAS TIPOLOGIAS DE
RESERVATÓRIOS DO ESTADO DE SÃO PAULO, CONFORME DIRETIVA
QUADRO DA ÁGUA (DQA) DA COMUNIDADE EUROPEIA: UMA
ABORDAGEM GEOLÓGICA E GEOMORFOLÓGICA DAS BACIAS**

Sorocaba
2017

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO em

*ciências
ambientais*

VINICIUS RICARO KUMAZAWA

**CONTRIBUIÇÃO AO ESTABELECIMENTO DAS TIPOLOGIAS DE
RESERVATÓRIOS DO ESTADO DE SÃO PAULO, CONFORME DIRETIVA
QUADRO DA ÁGUA (DQA) DA COMUNIDADE EUROPEIA: UMA
ABORDAGEM GEOLÓGICA E GEOMORFOLÓGICA DAS BACIAS**

Dissertação de Mestrado apresentada como
requisito para a obtenção do título de Mestre
em Ciências Ambientais da Universidade
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” na
Área de Concentração Diagnóstico,
Tratamento e Recuperação Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Luiz Martins
Pompêo

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Marisa Dantas
Bitencourt Pereira

Sorocaba
2017

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO em

ciências
ambientais



Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da Unesp
Instituto de Ciência e Tecnologia – Câmpus de Sorocaba

Kumazawa, Vinicius Ricaro.

Contribuição ao estabelecimento das tipologias de reservatórios do Estado de São Paulo, conforme Diretiva Quadro da Água (DQA) da Comunidade Europeia: uma abordagem geológica e geomorfológica das bacias / Vinicius Ricaro Kumazawa, 2017.

112 f.: il.

Orientador: Marcelo Luiz Martins Pompêo.

Coorientador: Marisa Dantas Bitencourt Pereira.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Instituto de Ciência e Tecnologia (Câmpus de Sorocaba), 2017.

1. Bacias hidrográficas - Administração. 2. Geologia. 3. Reservatórios. I. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Instituto de Ciência e Tecnologia (Câmpus de Sorocaba). II. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

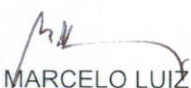
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: CONTRIBUIÇÃO AO ESTABELECIMENTO DAS TIPOLOGIAS DE RESERVATÓRIOS DO ESTADO DE SÃO PAULO, CONFORME DIRETIVA QUADRO DA ÁGUA (DQA) DA COMUNIDADE EUROPEIA: UMA ABORDAGEM GEOLÓGICA E GEOMORFOLÓGICA DAS BACIAS

AUTOR: VINICIUS RICARO KUMAZAWA

ORIENTADOR: MARCELO LUIZ MARTINS POMPÊO

COORIENTADORA: MARISA DANTAS BITENCOURT

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em CIÊNCIAS AMBIENTAIS, área: Diagnóstico, Tratamento e Recuperação Ambiental pela Comissão Examinadora:


Professor MS3 MARCELO LUIZ MARTINS POMPÊO
Ecologia / Universidade de São Paulo


Prof. Dr. MANUEL ENRIQUE G GUANDIQUE
Engenharia Ambiental / UNESP Sorocaba


Profa. Dra. ANA LÚCIA BRANDIMARTE
Ecologia / Universidade de São Paulo

Sorocaba, 01 de fevereiro de 2017

Ao Luiz e à Vanderci, minhas referências de cidadãos, por sempre me entusiasmar e fornecer, prioritariamente, as melhores circunstâncias para que todo o meu trabalho acontecesse.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por me guiar e dar sabedoria;

A minha família, pelo apoio e incentivo, buscando junto comigo os meus anseios;

Ao Prof. Marcelo e à Prof^a Marisa, meu orientador e coorientadora, dupla indispensável para a execução da pesquisa. Obrigado pelos esforços, paciência, conhecimento e por essa oportunidade;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo;

Agradeço as instalações do Laboratório de Ecologia da Paisagem e Conservação (LEPaC) do Departamento de Ecologia Geral do Instituto de Biociências (IB) da Universidade de São Paulo (USP), local onde a pesquisa foi desenvolvida;

Ao Welington Bispo, responsável do laboratório de informática do Departamento de Ecologia do IB da USP, um grande experiente, por colaborar na lapidação dos arquivos desse trabalho;

Aos professores do Instituto de Ciência e Tecnologia (ICT) da UNESP – Sorocaba e ao Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais da mesma universidade por prover significativamente recursos para os meus estudos;

Os agradecimentos se estendem também à Sheila por sanar, a todo momento, minhas dúvidas;

À Daniele pelos estudos conjuntos dos tópicos que sentia maiores dificuldades;

Aos meus primos e amigos, Artur, Cristina, Vitor e Midori, por todo carinho em permitir que eu pernoitasse em São Paulo nas minhas idas à USP;

O meu muito obrigado fica também a todos que contribuíram nas mais diversas formas na execução dessa pesquisa.

“Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”

Artigo 225 da Constituição Federal Brasileira

KUMAZAWA, V. R. Contribuição ao estabelecimento das tipologias de reservatórios do Estado de São Paulo, conforme Diretiva Quadro Da Água (DQA) da Comunidade Europeia: uma abordagem geológica e geomorfológica das bacias. 2016. 113f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba, UNESP – Universidade Estadual Paulista, Sorocaba, 2016.

RESUMO

A crescente demanda pelo uso dos recursos hídricos nas suas três esferas: agricultura, indústria e consumo humano é consequente do crescimento populacional e fortalecimento dessas atividades para suprir as necessidades humanas, que é exatamente o foco da gestão desse recurso que o Brasil enfrenta, os usos que se faz da água. Nesse sentido, a água como um bem essencial para que haja as mais diversas formas de vida na Terra, porém finito, carece de atenção especial. O aumento desordenado da urbanização juntamente com a carência de saneamento básico colaboram para que os corpos hídricos fiquem poluídos. Essa pesquisa é um subprojeto que está atrelado em um trabalho maior pretendendo implementar a Diretiva Quadro da Água (DQA) no Estado de São Paulo. A DQA é o modelo de gestão dos recursos hídricos da Comunidade Europeia que visa atingir o bom estado/potencial ecológico das águas com o mínimo de degradação. Diante do problema da deterioração da água e essa atual forma de gestão das águas, surge a necessidade de aplicar a DQA nos reservatórios paulistas tendo como a variável para a tipologia, a Geologia dominante da área de estudo, sendo esse, portanto, o objetivo do trabalho: descrição e caracterização geológica. Para tanto, foi necessário delimitar as bacias hidrográficas que abrangem esses reservatórios e extrair destas bacias as classes geológicas e geomorfológicas constantes da literatura. Foram analisadas 25 bacias de captação espalhadas sistematicamente por todo o Estado de São Paulo, dentre elas estão as da Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) 2, 4, 5, 6 e 13. Os materiais utilizados foram o uso de mapa geomorfológico (Ross & Moroz, 1997) e geológico (CPRM, 2006), imagens GLS-Landsat 5 juntamente com as da Missão Topográfica por Radar do Ônibus Espacial (SRTM) e os *softwares* Idrisi Selva e ArcGis 10.3. Com as imagens de satélite trabalhado no ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG) obteve-se as bacias hidrográficas e a partir desse produto foi feita a identificação e caracterização geomorfológica e geológica. Os resultados indicam 8 classes do Planalto Atlântico do “Cinturão Orogênico do Atlântico”, 2 classes do Planalto Ocidental Paulista e 1 classe da Depressão Periférica Paulista ambos da “Bacia Sedimentar do Paraná” e 3 classes da “Bacia Sedimentar Cenozoica/Depressão Tectônica”. Para a geologia foram identificadas 44 unidades litoestratigráficas sendo 14 unidades em comum entre 23 reservatórios e dessas unidades estabeleceu-se 14 tipologias. Apenas os reservatórios de Salto Grande e das Graças possuem todas as unidades geológicas exclusivas dentre as estudadas. Verificou-se que a unidade geológica mais antiga da Era Neo-Arqueano está presente no reservatório Santa Branca e o mais recente do Período Holoceno está nos reservatórios Lobo, Guarapiranga, Billings, Ponte Nova e Taiaçupeba.

Palavras-chaves: Diretiva Quadro da Água (DQA). Reservatórios Paulistas. Geologia. Bacias Hidrográficas.

KUMAZAWA, V. R. Contribution to the establishment of typologies of the reservoirs from the state of São Paulo, according to the Water Framework Directive (WFD) of European Community: a geological and geomorphological approach of watersheds. 2016. 113f. Dissertation (Master's degree Environmental Sciences) – Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba, UNESP – Universidade Estadual Paulista, Sorocaba, 2016.

ABSTRACT

The increasing demand for the use of water resources in its three areas: agriculture, industry and human consumption is a consequence of population growth and strengthening of these activities to meet human needs, that is exactly the focus of the management of this resource Brazil faces, the uses of water. In this sense, water as an essential resource to have the most diverse forms of life on Earth, but finite, needs special attention. This uncontrolled increase in urbanization coupled with the lack of basic sanitation collaborate to water bodies get polluted. This research is a subproject that is tied in a larger work, which intends to implement the Water Framework Directive (WFD) in the State of São Paulo. WFD is the management model of water resources of the European Community which aims to achieve good ecological status/potential of the waters with minimum degradation. As we face problems with deterioration and its current way of management, the need arises to apply the WFD in São Paulo's reservoirs having as variable for typology, the dominant Geology of the area of study and this is, therefore, the objective of the research: geological description and characterization. In order to reach the goal, it is necessary to set the watersheds limits, which embraces these reservoirs and extract from them the geological and geomorphological classes from literature. There are 25 watersheds which were analyzed throughout the state of São Paulo, among them are the Hydrographic Unit for Water Resources Management (UGRHI) 2, 4, 5, 6 e 13. The following materials were used: geomorphological (Ross & Moroz, 1997) and geological (CPRM, 2006) maps, GLS-Landsat 5 images together with Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) and also Idrisi Jungle and ArcGis 10.3 softwares. Through the satellite images worked in the Geographic Information System (GIS) area the watersheds were obtained and from that product the geomorphological and geological identification and characterization were done. The results indicate 8 classes of the Atlantic Plateau of the "Atlantic Orogenic Belt", 2 classes of the Paulista Western Plateau and 1 class of the Paulista Peripheral Depression both of the "Paraná Sedimentary Basin" and 3 classes of the "Cenozoic Sedimentary Basin/Tectonic Depression". For the geology were identified 44 lithostratigraphic units and 14 units in common among 23 reservoirs and from these units were established 14 typologies. Only the reservoirs of Salto Grande and Graças have all the unique geological units among those studied. It was verified that the oldest geological unit of the Age Neo-Arqueano is present in the Santa Branca reservoir and the most recent of the Holocene Period is in the Lobo, Guarapiranga, Billings, Ponte Nova and Taiaçupeba reservoirs.

Keywords: Water Framework Directive (WFD). São Paulo reservoirs. Geology. Watershed.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
2.1. RESERVATÓRIO MANANCIAL DE ÁGUA.....	10
2.2. O ELEMENTO NATURAL: ÁGUA	15
2.3. BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE ESTUDO PARA OS RECURSOS HÍDRICOS.....	19
2.4. A DIRETIVA QUADRO DA ÁGUA	25
3. OBJETIVOS.....	33
3.1. OBJETIVO GERAL.....	33
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	33
4. MATERIAIS E MÉTODOS	33
4.1. MATERIAIS.....	33
4.2. ÁREA DE ESTUDO	34
4.3. MÉTODOS	36
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
6. CONCLUSÕES.....	103
REFERÊNCIAS	105

1. 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. A quantidade e a qualidade adequada de água disponível têm elementos que são essenciais para a economia regional, continental e mundial. 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).

Entretanto, atualmente, o crescimento econômico das últimas décadas torna-se uma preocupação mundial, pois esse fato traz consigo uma das principais causas de degradação ambiental, colocando em risco a disponibilidade hídrica em padrões adequados de qualidade e quantidade.

A distribuição quantitativa do armazenamento de água superficial e subterrânea e os ciclos hidrológicos foram se modificando na trajetória da história da humanidade. A construção de reservatórios para diversos fins é uma das intervenções humanas nesse ciclo hidrológico (TUNDISI, 2006).

Todo reservatório está contido em uma bacia hidrográfica, que é definida como um aglomerado de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formada nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, onde as águas pluviais, escoam superficialmente formando os riachos e rios, e/ou infiltram no solo para formação de nascentes e do lençol freático (BARRELLA et al. 2001).

Os impactos da atividade antrópica certamente vão refletir na bacia hidrográfica afetando por consequência a qualidade da água nos corpos hídricos que nela se inserem. No caso do Estado de São Paulo, por exemplo, os usos do solo estão pautados na pecuária e agricultura, sobretudo, cana-de-açúcar, tomate e laranja, turismo e ecoturismo e regiões altamente industrializadas como as regiões metropolitanas.

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 juntamente com a ambição humana por desenvolvimento econômico contribuem para o surgimento de problemas no espaço urbano, 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, o ciclo hidrológico pelo processo intenso de urbanização desequilibrando de forma geral o ecossistema

(FONTOURA, 2013). Esse aumento anômalo da urbanização mais a inexistência de saneamento básico são as causas da poluição aquática (SEMA, 1999).

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.

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 interfere em sua qualidade é a unidade geológica em que o reservatório está inserido.

A caracterização da composição química da água está diretamente relacionada com a composição geológica estrutural, pois algumas rochas têm grande influência na qualidade da água quando apresentam, por exemplo, alta salinidade, dureza total, cloretos e bicarbonatos (NEVES, 1972). 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).

A DQA é um modelo inovador de gestão dos recursos hídricos da União Europeia e tem como meta atingir o bom estado ecológico do corpo hídrico, diferentemente do modelo de gestão de recursos hídricos brasileiro, estabelecido pela Política Nacional de Recursos Hídricos, que tem como foco da gestão o uso que se faz da água.

Além disso, a DQA não é condescendente à degradação e um corpo hídrico não deve apresentar deterioração na qualidade de suas águas, ademais, a cobrança que ela faz pelos bens e serviços gerados pela água irão ser destinados no reinvestimento para a garantia da sustentabilidade do uso e no andamento dos objetivos ambientais. Isso visa a existência do recurso natural água nas condições ambientais adequadas às gerações vindouras (CARDOSO-SILVA et al, 2013).

As represas, no entanto, não alcançariam o “bom estado” ecológico, a não ser que a barragem fosse removida para que o fluxo natural dos rios voltasse a sua normalidade. Devido a essa conjuntura, conforme o artigo 4 (3), a DQA oportuniza a identificação e designação de Corpos Hídricos Artificiais (CHAs) e Corpos Hídricos Fortemente

Modificados (CHFMs) (CIS, 2003j; CE, 2000). Sendo assim, os CHAs e CHFMs objetivam atingir o BPE – “Bom Potencial” Ecológico e o “bom estado” químico das águas superficiais e não o “bom estado” ecológico como para todas as outras condições que se diferenciam de represas (CE, 2000).

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 essa pesquisa, a etapa do processo de aplicação da DQA que norteará o seu desenvolvimento é a tipologia. Todas as outras etapas foram descritas por Cardoso-Silva et al. (2011).

A determinação de uma tipologia para os diferentes corpos hídricos é uma das primeiras etapas no processo de implantação da DQA, sem ela todas as outras etapas são impossibilitadas de se definir, pois as etapas posteriores são vinculadas a ela (CIS, 2003j). Há quatro categorias de ecossistemas aquáticos: rios, lagos, águas de transição e águas costeiras e dois sistemas para o estabelecimento de tipologias, A e B (CE, 2000). A classificação é respaldada nos aspectos geológicos, hidrológicos, climáticos e espera-se que condições distintas possuam características biológicas e ecológicas distintas. No sistema A, existem fatores obrigatórios para o estabelecimento da tipologia e no sistema B há tanto os fatores obrigatórios (altitude, latitude, longitude, geologia, dimensão) quanto os fatores facultativos.

Para os CHAs e CHFMs, a diferenciação será efetuada em conformidade com as descrições aplicáveis à categoria de águas de superfície que mais se assemelhe à CHA ou CHFM em questão (CE, 2000).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. RESERVATÓRIO MANANCIAL DE ÁGUA

Na concepção de Thornton (1990), reservatório é um rio onde seu curso foi interrompido pela construção de uma barragem, tornando o ambiente semelhante a um lago, desta forma é um ambiente de transição onde a montante se assemelha a um rio e próximo da barragem a um lago. A contextualização histórica desse tipo de empreendimento é feita por Agostinho et al. (2007) ao relatar que as represas artificiais são obras de engenharia que têm sido construídas há cerca de 5.000 anos, segundo os levantamentos realizados no Oriente Médio e Ásia. Por milhares de anos, elas tinham a finalidade de controle de cheias, irrigação

e suprimento de água para abastecimento doméstico. Entre as décadas de 60 e 90 do século passado, houve um aumento significativo na construção de reservatórios, sendo a maioria localizada na Ásia, sobretudo na China, seguida das Américas do Norte e Central e a Europa Ocidental.

No Brasil, a implantação de reservatórios, que se concretiza desde o princípio da produção de energia elétrica no país, serve para garantir o suprimento de energia elétrica, mesmo no período de estiagem. Eles são necessários para o abastecimento de cidades e indústrias. Outros benefícios dos reservatórios estão relacionados com sua contribuição para a prevenção de cheias em vastas regiões do país; a garantia da perenidade de cursos d'água como no Nordeste; recreação como nos lagos de Paranoá em Brasília e paisagismo em Pampulha, Belo Horizonte. Por todas essas benfeitorias e grandes investimentos de obra hidráulica para os reservatórios, sua implantação deve visar o máximo possível as finalidades múltiplas que ele possa oferecer (MELLO, 2014).

A construção de reservatórios é baseada na geração de energia elétrica constituindo hidrelétricas e para armazenamento da água para o abastecimento público, irrigação agrícola, controle de cheias e navegação, portanto, tem sua origem artificial, diferente dos lagos que se estabelecem naturalmente na natureza por meio de atividades vulcânicas, glaciais ou tectônicas (CUNHA, 2012).

“Enquanto alguns lagos naturais no Brasil, por exemplo, tem sua idade datada entre 3.000 a 10.000 anos, a construção organizada de represas começou há cerca de 100 anos, o que os coloca como sistemas artificiais muito novos na paisagem” (TUNDISI, 1999). O mesmo autor afirma que a construção dos grandes reservatórios de água, sobretudo para fins de hidroeletricidade e abastecimento público, conquistou seu máximo desenvolvimento nas décadas de 1960 e 1970 no Brasil. Vários grandes rios do território brasileiro foram plenamente proveitosos para a construção de barragens em cascata, o que é uma peculiaridade de países com grandes dimensões territoriais e rios extensos. Os rios Paranaíba, Grande, Tietê, Paranapanema e Paraná são exemplos onde numerosos sistemas de reservatórios em cascata foram construídos (Barbosa et al., 1999).

O represamento de rios reflete na mudança da hidrodinâmica do ambiente. Essa alteração possibilita modificações das condições físicas, químicas e biológicas da água devido à retenção do volume de água (AOYAGUI et al., 2003) e o tempo de retenção, que é um fator fundamental no funcionamento do reservatório, varia em função dos usos e da necessidade da água (TUNDISI, 1999).

Definidas como obstáculos artificiais com a capacidade de reter água, rejeitos, detritos, para fins de armazenamento ou controle, as barragens variam em tamanho que vão de pequenos maciços de terra a estruturas enormes de concreto ou de aterro. Aqueles frequentemente usados em fazendas e estes usados para fornecimento de água de energia hidrelétrica, para controle de cheias e irrigação, além de diversas outras finalidades (CBDB, 2013).

Segundo o registro mundial de barragens da Comissão Internacional de Grandes Barragens (CBDB, *op cit.*), considera-se uma grande barragem a que possuir altura de 15m (independentemente do volume de água armazenável em seu reservatório) ou a com altura entre 10 e 15m desde que tenha capacidade de acumular mais de 3.000.000 de metros cúbicos de água em seu reservatório. Conforme esse critério, a altura de uma barragem é estabelecida pela diferença da altura de sua crista até o ponto mais baixo da sua edificação.

Uma barragem pode ser definida como a estrutura, componente de um aproveitamento hídrico, construída transversalmente à direção de escoamento de um rio, designada a criar um reservatório artificial de aglutinação de água e um desnível hidráulico posicionado para uso específico ou múltiplo. Em um conceito mais amplo, a barragem é um conjunto de estruturas hidráulicas que permitem a formação e a operação de um reservatório artificial de água com a devida segurança. Dentre as estruturas hidráulicas mínimas de uma barragem, tem-se o reservatório, o barramento, o vertedouro e as saídas e/ou tomadas de água (estruturas de desvio, descarga de fundo, estruturas de adução de água e outras). Esse conjunto de estruturas deve ser concebido com ênfase na otimização e aproveitamento das condições do meio físico local para obter a funcionalidade, a segurança e o mínimo de impactos socioeconômicos e ambientais desejados (SILVEIRA, 2005).

Os reservatórios geralmente são construídos para armazenamento de água (por exemplo: controle de inundação, abastecimento de água, irrigação, geração de energia hidroelétrico) ou onde o abastecimento de água natural não é adequado; ou seja, reservatórios são construídos onde os lagos não existem ou não são abundantes (THORNTON, 1990).

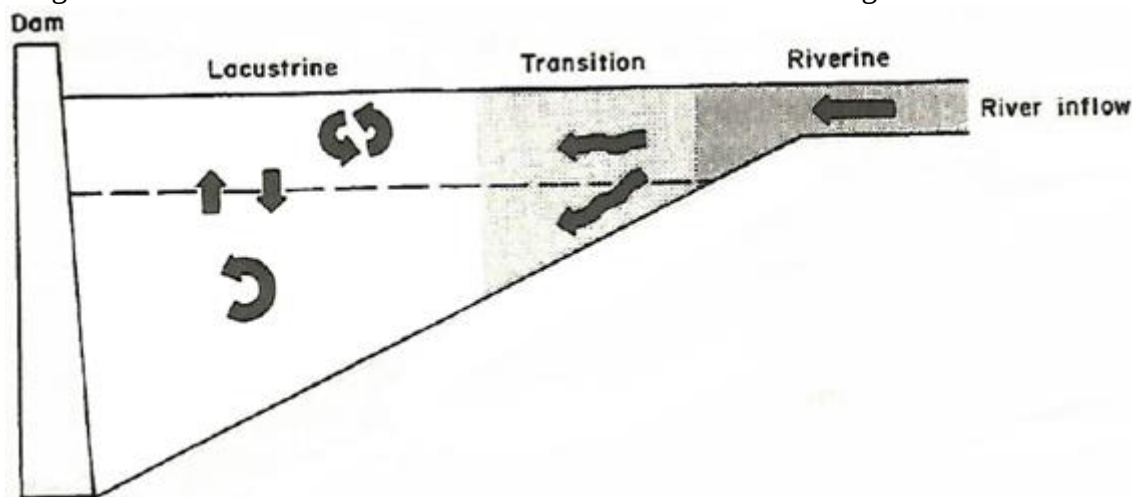
Os reservatórios agregam os princípios ecológicos tanto de rios como de lagos (MARGALEF, 1998). Embora alguns lagos e reservatórios podem responder similarmente, é importante considerar as características particulares do sistema ao interpretar a resposta do sistema (THORNTON, 1990).

A principal distinção entre lagos naturais e reservatórios é que nos lagos a qualidade da água é influenciada principalmente pelo solo da bacia e flutuações limitadas no nível da

água. Nos reservatórios a qualidade da água sofre influência pelos solos da área de captação e as flutuações no nível da água são grande (NATARAJAN & PATHAK, 1987).

Ao longo do eixo principal de um reservatório há a formação de três compartimentos, conforme Thornton (1990) explana: zona de rio (lótica), zona de transição e a zona lacustre (lêntica) representado na Figura 1.

Figura 1 – Três zonas distintas de um reservatório resultando em gradientes diferentes



Fonte: Thornton (1990).

Segundo Kimmel, Lind & Paulson, 1990, os reservatórios ocupam uma posição intermediária entre rios e lagos naturais no que diz respeito a:

- 1) Características morfológicas e hidrológicas,
- 2) A importância relativa dos aportes de nutrientes externos e ciclagem de nutrientes internos e
- 3) A importância das fontes alóctones x autóctones de matéria orgânica para a cadeia alimentar.

Straškraba & Tundisi (1999) consideram reservatórios como corpos de águas artificiais com um volume maior que 1.10^6m^3 . A razão para essa restrição de tamanho é que na terminologia leiga esses autores chamam também de reservatório os armazenamentos de água nas casas para abastecimento doméstico, pequenas lagoas nas pastagens para regar o gado, ou toda uma série de pequenos corpos d'água feitos pelo homem, para vários fins de armazenamento de água. A Tabela 1 retrata as dimensões dos tamanhos dos reservatórios. A classificação de tamanho é dada pelo tamanho dos maiores reservatórios e pela demarcação dos reservatórios seguidos pela Comissão Internacional de Grandes Barragens (CIGB) e a altura da barragem superior a 15m independentemente do volume do lago construído pelo homem atrás da barragem.

Tabela 1 – Categorias de tamanho dos reservatórios

Categoria	Volume [m ³]	Área [km ²]
Pequeno	10 ⁶ - 10 ⁸	1 - 10 ²
Médio	10 ⁸ - 10 ¹⁰	10 ² - 10 ⁴
Grande	10 ¹⁰ - 10 ¹¹	10 ⁴ - 10 ⁶

Fonte: Straškraba & Tundisi (1999).

O conhecimento científico dos reservatórios como ecossistemas, suas interações com as bacias hidrográficas e com os sistemas a montante e jusante têm incorporado incessantemente novas perspectivas à abordagem sistêmica na pesquisa ecológica, disponibilizando uma base fundamental para a administração da qualidade da água e das bacias hidrográficas (Tundisi, 1999).

Segundo Tundisi (2006), para compreender os reservatórios como sistemas complexos é fundamental considerar três características básicas que interferem em seu funcionamento:

- A barragem como base de funcionamento dinâmico do sistema.
- A fase de enchimento do reservatório que constitui a base biogeofísica para sua dinâmica.
- O tipo de operação do sistema, relacionado aos seus usos múltiplos e aos usos da água.

Portanto, os reservatórios estão submetidos a complexas funções de forças naturais e artificiais que determinam suas características dinâmicas: a circulação e a estratificação térmicas, os fluxos unidirecionais, as respostas às entradas de energia mecânica (intrusões) e os efeitos da energia cinética produzida pelo vento. Além disso, outros fatores que também contribuem para a complexidade dos reservatórios são: idade, morfometria, tipo de construção, altura das saídas de água e tempo de retenção (TUNDISI, 2006).

O Brasil possui numerosos rios com potencial de aproveitamento hidrelétrico. Por essa razão, o parque hidrelétrico brasileiro é um dos maiores do mundo, em termos absolutos e relativos: enquanto em termos mundiais as usinas hidrelétricas são responsáveis pela produção de cerca de 25% da energia elétrica, no Brasil, essa cifra tem atingido na década passada 97% (KELMAN et al., 2006). Isso é possível porque os rios de planalto apresentam um perfil longitudinal de alto gradiente, por sua vez, apresentam grandes desníveis entre as nascentes e as barragens, resultando num grande potencial hidráulico. Tendo em vista essa realidade dos elementos naturais do Brasil, o suprimento energético brasileiro se concentra basicamente na hidreletricidade, portanto (ASSIREU et al., 2004).

2.2. O ELEMENTO NATURAL: ÁGUA

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. Além disso, há a alteração do ciclo hidrológico quando se tem a intervenção humana no ambiente, como por exemplo aumento rápido do escoamento urbano devido à pavimentação e remoção de vegetação sendo fundamental na recarga dos aquíferos (TUNDISI, 2005). Nesse sentido, Botelho e Silva (2012) entendem as bacias hidrográficas como células básicas de análise ambiental, pois possibilita 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.

A água é um recurso renovável imprescindível à vida no planeta Terra; seu ciclo tem continuado por séculos e milênios, nutrindo a biodiversidade e mantendo em funcionamento ciclos nos ecossistemas, comunidades e populações. O ciclo hidrológico no planeta tem componentes bem conhecidos e integrados: águas superficiais, águas subterrâneas e águas atmosféricas. O contínuo fluxo entre esses componentes é um atributo crucial do ciclo da água e uma consequência de suas propriedades e de seus estados sólido, líquido e gasoso (TUNDISI, 2014).

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 (TUNDISI et al., 2015). O aumento populacional e a aceleração da economia ampliam os usos múltiplos; outras necessidades são incorporadas a esses usos, por exemplo o desenvolvimento cultural (TUNDISI, 2005).

Devido à ampliação dos usos múltiplos da água, segue um panorama da capacidade instalada de geração elétrica (MW) no Brasil em 2014, que foi de 133.913. Desse total, 43.131 pertencem ao sudeste (32,2%), sendo 18.485 ao Estado de São Paulo (13,8%). A capacidade instalada de geração elétrica no Brasil em 2014 proveniente das usinas hidrelétricas foi de 84.095 MegaWatts ou 62,8%. Com relação ao consumo de energia no Estado de São Paulo em 2014 trata-se da ordem de 136.482 GigaWatts hora distribuídos nos seguintes usos: residencial, industrial, comercial, rural, poder público, iluminação pública, serviço público e consumo próprio. Essa quantia foi consumida por 17.502.487 consumidores (EPE, 2015). Para se obter uma produção constante de energia elétrica, apesar

das variações de caudal dos rios contribuintes, dois componentes são primordiais: 1) um reservatório de acumulação de água capaz de reter as águas no período chuvoso para uso nos períodos de estiagem; 2) um sistema de controle, nas turbinas, para ajustar o caudal às demandas de energia (MÜLLER, 1995).

Poluição pode prejudicar a disponibilidade de água em muitas regiões, intensificando a fragilidade de populações humanas, o impacto econômico da degradação da qualidade da água pode ser representado como aumento nos custos do tratamento ou o impacto na saúde humana ou perda da biodiversidade. As ameaças causadas pela ação humana na qualidade da água, tais como eutrofização, acidificação, sedimentação das águas superficiais (assoreamento), degradação das fontes subterrâneas e os Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs) têm efeitos cumulativos, aumento do custo do tratamento da água para produção de água potável e pode levar a vários problemas de saúde humana e perdas econômicas (TUNDISI et al., 2015).

Dados da ANA (2009) revelam o discrepante cenário da população urbana brasileira atendida com a coleta e o tratamento de esgoto e certamente depreende-se que há muito trabalho a ser feito pelos nossos políticos e gestores em um país com dimensão territorial e disponibilidade de recursos naturais proporcionalmente grandes. Ademais, o Brasil como integrante do bloco econômico composto por países em desenvolvimento: Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul (BRICS) obrigatoriamente deveria conduzir essa questão como uma das prioritárias se quer se enquadrar nos países desenvolvidos, que é tido também como referência o comprometimento ambiental.

Justifica-se a escolha do Estado de São Paulo como estado pioneiro na tentativa de implementação da DQA, por ter grande parte do seu território mais de 70% da população urbana atendida com coleta e tratamento de esgoto (ANA, 2009), visto que o tratamento do esgoto é uma das exigências para que haja o funcionamento pleno dessa gestão como constatado na etapa ecológica de implementação denominada “Análises das Pressões e Impactos na bacia”, que será abordado no tópico da Diretiva.

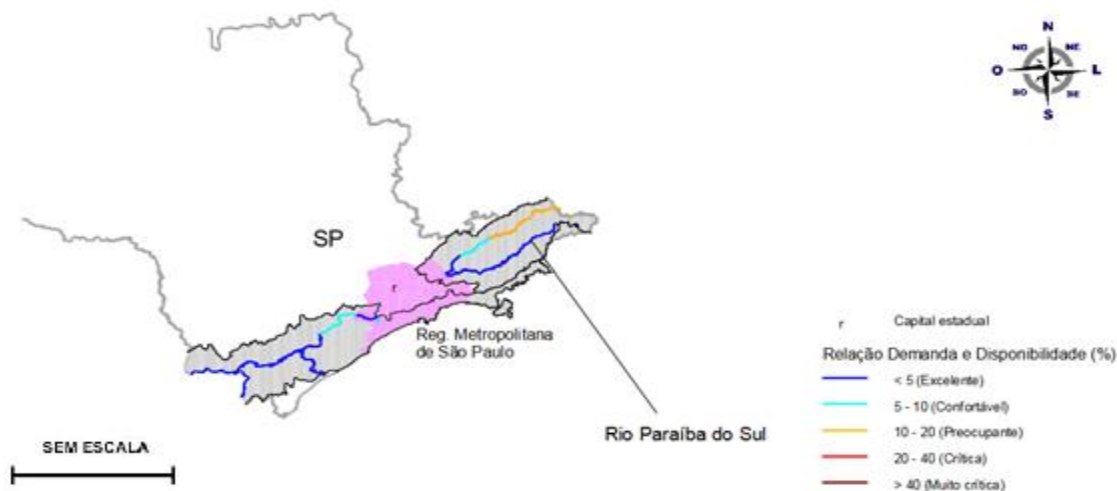
A despeito da elevada disponibilidade natural de água, a intensa e desordenada ocupação do território tem surtido conflitos pelo uso da água, em face, mormente, de questões associadas à qualidade demandada para determinados usos, conforme constatado na Figura 3 da região hidrográfica do Paraná e boa parte da região hidrográfica Atlântico Sudeste, Figura 4, onde os conflitos pelo uso da água essencialmente envolvem problemas de poluição ou de consumo excessivo de água para irrigação (ANA, 2005).

Figura 3 – Relação entre demanda e disponibilidade hídrica na bacia hidrográfica do Paraná no Estado de São Paulo



Fonte: Adaptado da ANA, 2005.

Figura 4 – Relação entre demanda e disponibilidade hídrica na bacia hidrográfica Atlântico Sudeste no Estado de São Paulo



Fonte: Adaptado da ANA, 2005.

O Brasil, porém, convive com contrastes marcantes no que se refere ao potencial hídrico, com a abundância na Bacia Amazônica e a escassez no Nordeste semiárido. A região Norte, com a maior reserva de água potável do país, é a que detém os piores índices de ineficiência e precariedade no abastecimento de água à população e saneamento (BOSCARDIN BORGHETTI et al., 2004).

Em termos globais, o Brasil apresenta situação confortável quanto à disponibilidade hídrica. Entretanto, a distribuição espacial hídrica é desigual ao longo da extensa área

terrestre brasileira. Cerca de 80% de sua disponibilidade hídrica está aglutinada na região hidrográfica amazônica, onde se encontra o menor contingente populacional e valores reduzidos de demandas consuntivas (ANA, 2013).

Sabe-se que a qualidade dos corpos hídricos sofre impactos negativos sobretudo quando há atividades antrópicas em uma bacia hidrográfica que, por força da gravidade, carregará até o ponto final (jusante) os resíduos em contato com a água e de acordo com Loeb (1994), o estresse em um ecossistema aquático pode ser categorizado em um de três tipos: Alterações físicas, químicas ou biológicas. Alterações físicas incluem mudanças na temperatura da água, fluxo da água, tipo de substrato, tipo de habitat e disponibilidade de luz. Alterações químicas incluem mudanças nas taxas de carregamento de nutrientes bioestimulatório, matérias de consumo de oxigênio e toxinas. Alterações Biológicas incluem a introdução de espécies exóticas. As atividades que resultam em uma alteração em qualquer uma destas características ambientais pode conduzir à deformação de um nicho espacial, possivelmente levando a sua extinção. Dessa forma, o mesmo autor conclui que os organismos que habitam os ecossistemas aquáticos são os sensores fundamentais que respondem a qualquer estresse que esteja afetando aquele sistema. A saúde de um ecossistema aquático é refletida na saúde dos organismos que habitam nesse ambiente. Qualquer estresse imposto sobre um ecossistema aquático manifesta o seu impacto sobre os organismos biológicos que vivem dentro desse ecossistema.

O Brasil, um país de extensão continental, possui em extensão e volume de água a maior bacia fluvial do mundo. A abundância dos recursos hídricos deve-se à distribuição da pluviosidade no território brasileiro, onde registram-se valores superiores a 1.500 mm anuais e em 1/3 da área total esse valor atinge mais de 2.000 mm, com exceção de uma parte do Nordeste, que recebe menos de 1.000 mm anuais e em algumas regiões menos de 500 mm anuais de precipitação. As ininterruptas quedas d'água, típicas dos planaltos, associadas ao volume de água dos rios oferece ao Brasil uma grandiosa capacidade hidráulica (213.000 MW) posicionando o Brasil entre os cinco países com um elevado potencial hidráulico instalado (133.977 MW) (CUNHA, 2006).

2.3. BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE ESTUDO PARA OS RECURSOS HÍDRICOS

Bacia Hidrográfica é um conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes. A percepção de bacia hidrográfica obriga espontaneamente a existência de cabeceiras ou nascentes, divisores d'água, cursos d'água principais, afluentes, subafluentes etc. Em todas elas devem existir uma classificação na rede, e a água geralmente se escoar dos pontos mais altos para os mais baixos. 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). Segundo Pissarra e Politano (2003), planície de inundação, interflúvio e vertentes são outros elementos que também compõem uma bacia hidrográfica.

A delimitação da bacia hidrográfica é dada pelas linhas divisoras de água que demarcam seu contorno. Estas linhas são definidas pela conformação das curvas de nível existentes na carta topográfica, e ligam os pontos mais elevados da região em torno da drenagem considerada (ARGENTO & CRUZ, 2002). Os níveis de organização de uma bacia hidrográfica consideram os seguintes elementos fundamentais: propriedades climatológicas e geológicas, propriedades limnológicas, propriedades da água e os impactos antropogênicos (TUNDISI, 1999).

A bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório (SILVEIRA, 2007). Sendo assim, ela é o palco unitário de interação das águas com o meio físico, o meio biótico e o meio social, econômico e cultural (YASSUDA, 1993). 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)

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/Jundiaí. Expostas essas realidades, os questionamentos permanecem com relação em que há o embasamento na delimitação dos Comitês, Figura 5, 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 uma precaução 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 nível nacional, o Estado de São Paulo está inserido em duas divisões hidrográficas: a região hidrográfica do Paraná e a região hidrográfica do Atlântico Sudeste, de acordo com a Resolução Nº 32, de 15 de outubro de 2003 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Com relação ao nível estadual, o Estado de São Paulo está dividido em 22 UGRHIs, Figura 6, conforme Lei Estadual Nº 9.034, de 27 de dezembro de 1994. Essa pesquisa aborda reservatórios que estão contidos nas UGRHIs 2, 4, 5, 6 e 13, entretanto eles serão discutidos individualmente ou em conjuntos conforme a conexão de suas águas, como o caso do Sistema Cantareira.

Figura 5 – Divisão dos Comitês de Bacias Hidrográficas do Estado de São Paulo



Legenda dos Comitês de Bacias Hidrográficas

CBH 1 - Serra da Mantiqueira	CBH 11 - São José dos Dourados	CBH 21 - Rio Pardo
CBH 2 - Sapucaí-Mirim e Grande	CBH 12 - Baixo Tietê	
CBH 3 - Rio Mogi-Guaçu	CBH 13 - Rios Aguapeí e Peixe	
CBH 4 - Rios Sorocaba e Médio Tietê	CBH 14 - Paraíba do Sul	
CBH 5 - Litoral Norte	CBH 15 - Alto Tietê	
CBH 6 - Baixo Pardo-Grande	CBH 16 - Tietê/Jacareí	
CBH 7 - Alto Paranapanema	CBH 17 - Baixada Santista	
CBH 8 - Rios Turvo e Grande	CBH 18 - Ribeira de Iguape e Litoral Sul	
CBH 9 - Tietê-Batalha	CBH 19 - Piracicaba, Capivari, Jundiaí	
CBH 10 - Médio Paranapanema	CBH 20 - Pontal do Paranapanema	

Fonte: <http://www.cbh.gov.br/DataGrid/GridSaoPaulo.aspx>. Acessado em 03 jun. 2016. Modificado por Kumazawa, 2016.

Figura 6 – Divisão das UGRHIs



Fonte:

<http://143.107.108.83/sigrh/basecon/lrh2000/anexos/unidadesdegerenciamentoderecursoshidricosugrhi.htm>.
 Acessado em 03 jun. 2016. Modificado por Kumazawa, 2016.

A Lei Estadual Paulista Nº 7.663 de 30 de dezembro 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. Com todas as divisões regionais de bacias já citadas, há também aquela com relação a própria bacia hidrográfica conforme ilustra a Figura 7 das bacias hidrográficas paulistas sobre as divisões das UGRHIs.

Figura 7 – Divisão das Bacias Hidrográficas do Estado de São Paulo



Fonte:

<http://143.107.108.83/sigrh/basecon/lrh2000/anexos/unidadesdegerenciamentoderecursoshidricosugrhi.htm>.
Acessado em 03 jun. 2016. Modificado por Kumazawa, 2016.

A bacia hidrográfica é indicada como unidade de estudo, planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos, assim como unidade de desenvolvimento econômico e social (SCHIAVETTI & CAMARGO, 2002). Por isso, a geração de energia, a produção de alimentos, o saneamento e abastecimento humano evidenciam a base para a implementação das políticas de gestão da água nas bacias hidrográficas, pois essas categorias de análise interferem diretamente na concorrência pelo uso da água (ROCHA, 2008).

A bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gerenciamento de recursos hídricos demonstra um avanço conceitual muito importante e integrado da ação. A abordagem por bacia tem a vantagem de garantir possibilidades para o uso dos mananciais e de seus recursos, bem como é uma abordagem apropriada para oportunizar a elaboração de um banco de dados sobre componentes biogeofísicos, econômicos e sociais. Ademais, a abordagem de manancial proporciona a integração de cientistas, gerentes e tomadores de decisão com o público em geral, propiciando que eles trabalhem juntos em uma unidade física com limites definidos (TUNDISI, 2005).

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. 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).

O conceito de planejamento das bacias hidrográficas está se modificando com o tempo, segundo Rodriguez, Silva e Leal (2011). O primeiro enfoque direcionava-se no manejo das águas, em seguida com a concepção de bacia como conjunção de fatores ambientais e por fim com visão de planejamento ambiental integrado. E essa abordagem sistêmica passou a ter maior destaque no meio científico com a publicação da Teoria Geral dos Sistemas (TGS) de Bertalanffy (1973). Sendo assim, os componentes ambientais como as rochas, o relevo, os solos, a água, a vegetação e o clima, não poderiam mais ser compreendidos isoladamente, mas seria fundamental o reconhecimento de suas interfaces, de suas relações como meio para entender a dinâmica ambiental e propor mecanismos de planejamento e gestão adequados (Carvalho, 2014). Dessa forma, a abordagem sistêmica baseia-se na análise holística do ambiente, garantindo uma análise integrada e correlações guiadas pelos princípios de interdisciplinaridade (Cazula & Mirandola, 2010).

Na bacia hidrográfica, a litologia determina a textura do solo que, por sua vez, regula a capacidade de estocar água para comunidades vegetais. A textura geológica define a morfologia da bacia e, com isso, controla os processos de erosão e lixiviação, além do potencial de produtividade da área. O conceito de bacia hidrográfica como unidade geomorfológica fundamental expressa processos que operam no ambiente por meio de suas formas. Ela define a área de captação do escoamento superficial que alimenta um sistema aquático. Desta maneira, qualquer ponto da superfície terrestre faz parte de uma bacia hidrográfica e, portanto, não pode ser considerado de forma pontual, mas como parte de um todo (CALIJURI & BUBEL, 2006).

Segundo Christofolletti (1980), a drenagem fluvial é formada por um agrupamento de canais de escoamento inter-relacionados que estruturam a bacia hidrográfica, definida como a área drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial. A quantidade de água que

alcança os cursos fluviais está na dependência do tamanho da área ocupada pela bacia, da precipitação total e de seu regime, e das perdas devidas à evapotranspiração e à infiltração.

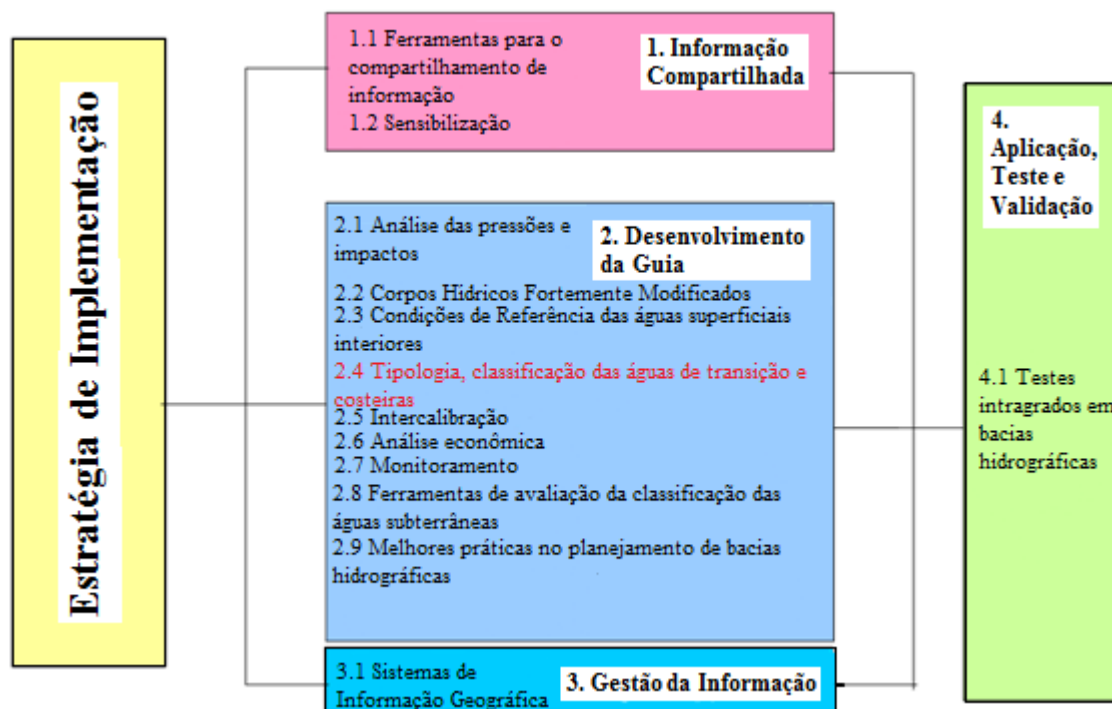
2.4. A DIRETIVA QUADRO DA ÁGUA

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, 2003j). 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 estratégia de implementação da DQA perpassa por 4 etapas que são: Informação Compartilhada, Desenvolvimento de Orientações, Gestão da Informação e Aplicação, Teste e Validação (CIS, 2003a). Essa pesquisa irá abordar apenas um fragmento, que se trata da tipologia, cujo destaque está assinalado na Figura 8.

Figura 8 – A tipologia como um dos itens para o Desenvolvimento de Orientações



Fonte: CIS, 2003a, p. 52. Modificado por Kumazawa, 2016.

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”. Essas etapas são discutidas a seguir, com maior enfoque e detalhamento para a tipologia.

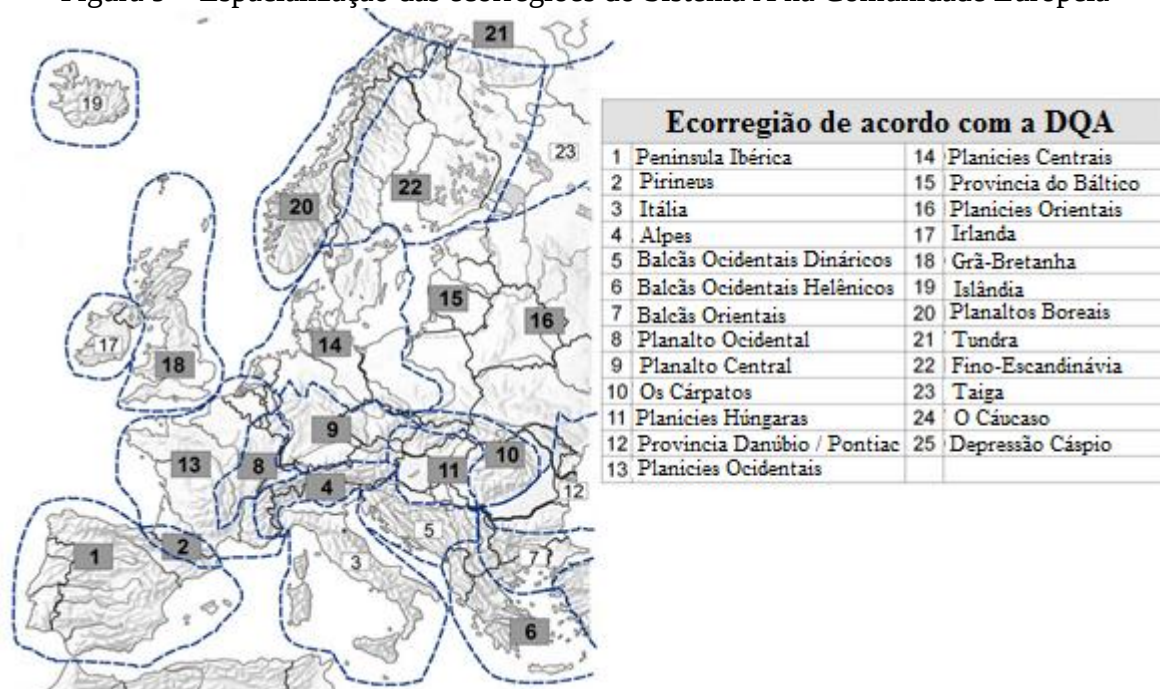
Para que haja a caracterização dos tipos de massas de águas de superfície, deve-se identificar a categoria de águas de superfície (rios, lagos, águas de transição ou águas costeiras, massa de água superficial artificial ou massa de água superficial fortemente modificada). A DQA aborda as duas categorias 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, 2003j).

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 SIG da localização geográfica dos tipos até 2004 (CIS, 2003e).

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), conforme visto na Figura 9, 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, 2003j). As descrições da tipologia dos sistemas A e B podem ser visualizadas nos Quadros 1, 2, 3 e 4. 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, os Quadros 1, 2, 3 e 4 referente aos rios e lagos serão a base para adaptar essa metodologia ao ambiente de um reservatório e também à realidade brasileira.

Figura 9 – Espacialização das ecorregiões do Sistema A na Comunidade Europeia



Fonte: <http://efi-plus.boku.ac.at/software/images/ecoregions.jpg>. Acessado em 27 jun. 2016.

Quadro 1 – Tipologia do Sistema A para rios

Sistema A	Tipologia fixa	Descritores
	Tipo	Altitude grande altitude: > 800 m média altitude: 200 a 800 m baixa altitude: < 200 m Dimensão, baseada na área de drenagem pequena: 10 a 100 km² média: > 100 a 1 000 km² grande: > 1 000 a 10 000 km² muito grande: > 10 000 km² Geologia solo calcário solo silicioso solo orgânico

Fonte: CE, 2000. Modificado por Kumazawa, 2016.

Quadro 2 – Tipologia do Sistema B para rios

Sistema B	Caracterização alternativa	Factores físicos e químicos que determinam as características do rio ou troço de rio e, por conseguinte, a estrutura e composição da população biológica
	Factores obrigatórios	altitude latitude longitude geologia dimensão
	Factores facultativos	distância da nascente energia de escoamento (função do escoamento e do declive) largura média das águas profundidade média do escoamento declive médio do escoamento configuração do leito principal do rio categoria do caudal (escoamento) fluvial forma do vale transporte sólido capacidade de neutralização dos ácidos composição média do substrato cloretos amplitude térmica do ar temperatura média do ar precipitação

Fonte: CE, 2000. Modificado por Kumazawa, 2016.

Quadro 3 – Tipologia do Sistema A para lagos

Sistema A	Tipologia fixa	Descritores
	Tipo	Altitude grande altitude: > 800 m média altitude: 200 a 800 m baixa altitude: < 200 m Profundidade, baseada na profundidade média < 3 m 3 a 15 m > 15 m Dimensão, baseada na área 0,5 a 1 km² 1 a 10 km² 10 a 100 km² > 100 km² Geologia solo calcário solo silicioso solo orgânico

Fonte: CE, 2000. Modificado por Kumazawa, 2016.

Quadro 4 – Tipologia do Sistema B para lagos

Sistema B	Caracterização alternativa	Factores físicos e químicos que determinam as características do lago e, por conseguinte, a estrutura e composição da população biológica
	Factores obrigatórios	altitude latitude longitude profundidade geologia dimensão
	Factores facultativos	profundidade média das águas forma do lago tempo de residência temperatura média do ar amplitude térmica do ar características de mistura (por exemplo, monomítico, dimítico, polimítico) capacidade de neutralização dos ácidos estado de referência de concentração de nutrientes composição média do substrato flutuação do nível das águas

Fonte: CE, 2000. Modificado por Kumazawa, 2016.

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, 2003d, 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 Nº 9.433 de 1997 quanto a estadual paulista de Nº 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.

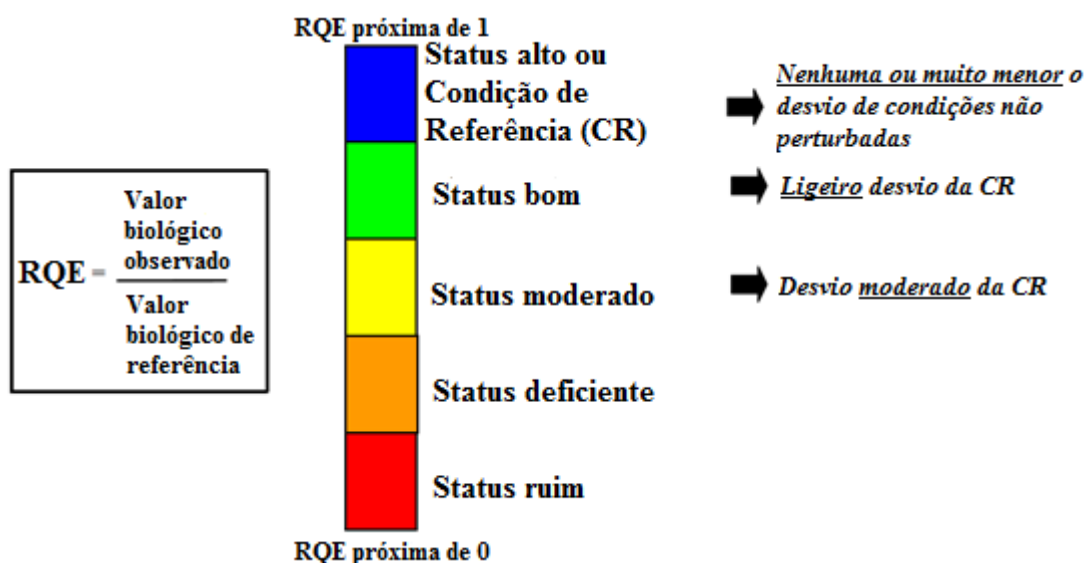
Segundo essa lei, as classes de corpos de água são decretadas pela legislação ambiental, nesse caso a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) Nº 357 de 2005 dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como o estabelecimento de 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.

Voltando as etapas ecológicas de implementação da DQA, após as tipologias estabelecidas o próximo passo alude à condição de referência, que é a descrição dos elementos de qualidade biológica que existe, ou existiria num estado elevado. Isto é, sem ou com perturbação muito pequena de atividades humanas (CIS, 2003e).

Estado ecológico é uma expressão que refere-se à qualidade da estrutura e funcionamento dos ecossistemas aquáticos associados às águas de superfície. Os Estados Membros podem usar elementos de qualidade físico-química, biológicas e

hidromorfológicas na avaliação do estado ecológico. A classificação do estado ecológico, conforme ilustrado na Figura 10, tem que ser baseada na “Razão da Qualidade Ecológica” (ou *Ecological Quality Ratios* do inglês) o qual é derivado dos valores da qualidade biológica (CIS, 2003j) e a definição desses estados após o resultado obtido de sua classificação corresponde com o Quadro 5.

Figura 10 – Princípios básicos para classificação do estado ecológico baseado na Razão da Qualidade Ecológica



. Fonte: CIS, 2003j.

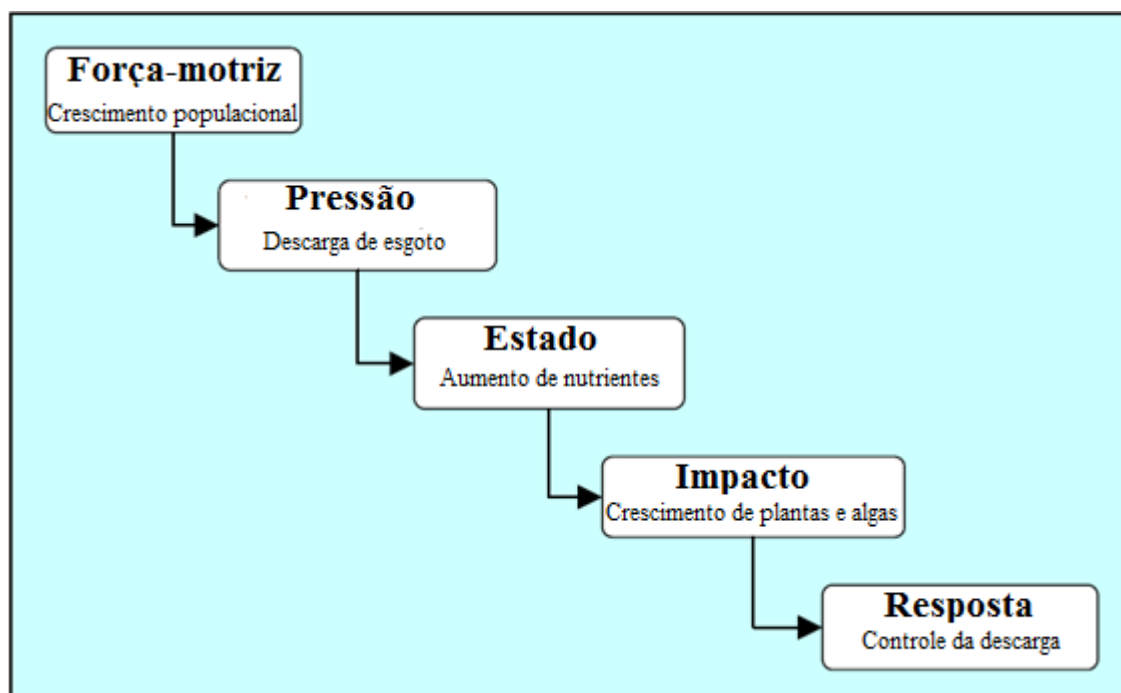
Quadro 5 – Definição geral dos estados ecológicos para rios, lagos, águas de transição e águas costeiras

Estado excelente	Estado bom	Estado razoável
Nenhumas (ou muito poucas) alterações antropogênicas dos valores dos elementos de qualidade físico-químicos e hidromorfológicos do tipo de massa de águas de superfície em relação aos normalmente associados a esse tipo em condições não perturbadas. Os valores dos elementos de qualidade biológica do tipo de massa de águas de superfície reflectem os normalmente associados a esse tipo em condições não perturbadas e não apresentam qualquer distorção, ou mostram apenas uma distorção muito ligeira. São estas as condições e comunidades específicas do tipo.	Os valores dos elementos de qualidade biológica do tipo de massa de águas de superfície apresentam baixos níveis de distorção resultantes de actividades humanas, mas só se desviam ligeiramente dos normalmente associados a esse tipo de massa de águas de superfície em condições não perturbadas.	Os valores dos elementos de qualidade biológica do tipo de massa de águas de superfície desviam-se moderadamente dos normalmente associados a esse tipo de massa de águas de superfície em condições não perturbadas. Os valores mostram sinais moderados de distorção resultante da actividade humana e são significativamente mais perturbados do que em condições próprias do bom estado ecológico.
Estado medíocre	Águas que apresentem alterações consideráveis dos valores dos elementos de qualidade biológica referentes ao tipo de massa de águas de superfície em questão e em que as comunidades biológicas relevantes se desviam substancialmente das normalmente associadas a esse tipo de massa de águas de superfície em condições não perturbadas.	
Estado mal	Águas que apresentem alterações graves dos valores dos elementos de qualidade biológica referentes ao tipo de massa de águas de superfície em questão e em que estejam ausentes grandes porções das comunidades biológicas relevantes normalmente associadas a esse tipo de massa de águas de superfície em condições não perturbadas.	

Fonte: CE, 2000. Modificado por Kumazawa, 2016.

Quanto à identificação das pressões, os Estados Membros terão informações sobre o tipo e a magnitude das pressões antropogênicas significativas a que as massas de águas de superfície de cada região hidrográfica podem estar sujeitas, em especial a identificação e avaliação dos casos significativos de poluição proveniente de fontes pontuais e difusas. Para a avaliação do impacto, os Estados Membros realizarão uma avaliação de suscetibilidade do estado das massas de águas de superfície às pressões identificadas. A metodologia empregada na identificação da pressão e avaliação do impacto é o conceito *Driving force, Pressure, State, Impact, Response* (DPSIR) representado na Figura 11 (CIS, 2003c), semelhante com o método de análise Força-motriz, Pressão, Estado, Impacto, Resposta (FPEIR), utilizado como indicador para a gestão dos recursos hídricos do Estado de São Paulo. O método FPEIR remete à análise de problemas ambientais devido a sua amplitude e também por ser utilizado pela European Environment Agency (EEA) na elaboração de relatórios de Avaliação do Ambiente Europeu bem como na avaliação dos recursos hídricos (SigRH, 2013).

Figura 11 – Representação do quadro analítico DPSIR



Fonte: CIS, 2003c.

Segundo o Parlamento Europeu e o Conselho da União Europeia (CE, 2000), a elaboração dos programas de monitoramento do estado das águas será garantida pelos

Estados Membros de forma a consentir uma análise coerente e exaustiva do estado das águas em cada região hidrográfica. Para as águas de superfície, esses programas incluirão:

- a) O volume e o débito, na medida em que tal seja relevante para o estado ecológico e químico e para o potencial ecológico, e
- b) O estado ecológico e químico e o potencial ecológico.

Será submetido ao exercício da intercalibração as fronteiras entre as classes de qualidade ecológica alta-bom e bom-moderada. O objetivo da intercalibração é garantir sistemas de avaliação comparáveis de qualidade ecológica. Isso garante uma abordagem harmonizada para definir um dos principais objetivos ambientais da DQA, que é o bom estado ecológico (CIS, 2003f).

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GERAL

* Aplicar uma variável da etapa “tipologia” de implementação da Diretiva Quadro da Água, que é a “geologia” presente tanto no Sistema A quanto no Sistema B de forma a analisar e caracterizar essa variável nos reservatórios do Estado de São Paulo.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- * Desenvolvimento de mapas temáticos.
- * Analisar espacialmente a geologia dominante dos reservatórios paulistas com o respaldo nas bases cartográficas geológicas da CPRM e do IPT.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. MATERIAIS

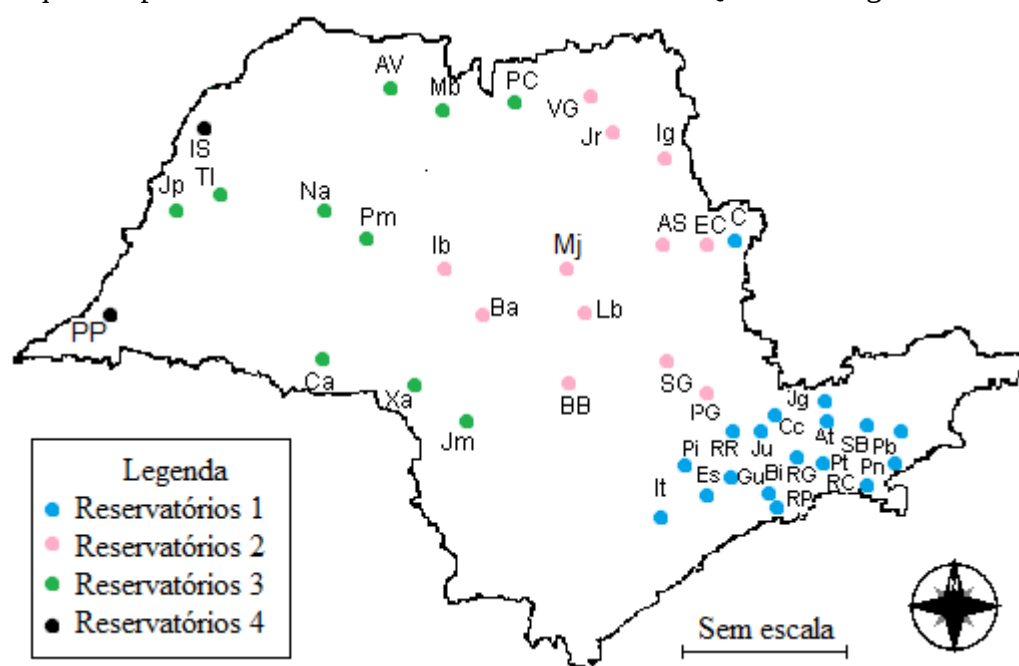
Os materiais utilizados foram as imagens GLS-Landsat 5 (*Global Land Survey - Land Remote Sensing Satellite*), o mapa geomorfológico do Estado de São Paulo digitalizado de ROSS & MOROZ (1997) bem como o mesmo mapa na versão impressa na escala 1:500.000 como base para consulta. Os portais eletrônicos “DataGEO – Sistema Ambiental Paulista” e o “Portal SigRH – Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo” serviram de auxílio 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.

4.2. ÁREA DE ESTUDO

Vinte e cinco reservatórios paulistas, os quais pertencem a 5 das 22 UGRHIs, foram selecionados para serem analisados e caracterizados suas estruturas geomorfológicas e geológicas, sendo um dos elementos da tipologia para o enquadramento da DQA. Foram escolhidos os reservatórios monitorados, a partir de 2000, pela agência ambiental local, a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), Figura 11, uma vez que há para estes reservatórios, um maior número de informações de dados físicos, químicos e biológicos disponíveis. A Figura 11 representa também um exercício inicial de implementação da tipologia no qual foram testadas as variáveis recomendadas pela DQA no sistema B: altitude, latitude, longitude, profundidade média, dimensão, área da bacia de drenagem e precipitação. A proposta inicial forneceu quatro tipos distintos de represas, entretanto, para que esta etapa seja concluída torna-se fundamental a inserção de dados relacionados à composição geológica predominante dos reservatórios. Isto porque a geologia interfere diretamente na qualidade química da água. É nesse sentido que esse trabalho surge para caracterizar a estrutura geológica da bacia em que os vinte e cinco reservatórios paulistas estão inseridos. São eles: Reservatório do Lobo, Armando de Salles Oliveira, Euclides da Cunha, Graminha, Salto Grande, Jundiá Mirim, Jaguari, Cachoeira, Atibainha, Jaguari/Igaratá, Santa Branca, Paraibuna, Rasgão, Pirapora, Juqueri/Paiva Castro, Cabuçu, Reservatório das Graças, Pedro Beicht, Guarapiranga, Billings, Taiaçupeba, Biritiba, Paraitinga, Ponte Nova e Ribeirão do Campo. Os reservatórios estudados nessa pesquisa são os grandes conjuntos de reservatórios 1 e 2 da Figura 11.

Figura 11 – Espacialização dos reservatórios monitorados pela CETESB e sua divisão em quatro tipos de acordo com a normativa da Diretiva Quadro da Água



Legenda Expandida	
IS - Ilha Solteira	Ib - Ibitinga
PP - Porto Primavera	Ba - Bariri
AV - Água Vermelha	BB - Barra Bonita
Mb - Marimbondo	C - Caconde
PC - Porto Colômbia	Jg - Jaguari
Jp - Jupia	Cc - Cachoeira
TI - Três Irmãos	At - Atibainha
Na - Nova Avanhandava	SB - Santa Branca
Pm - Promissão	Pb - Paraibuna
Ca - Capivara	Pt - Paraitinga
Xa - Xavantes	RC - Ribeirão do Campo
Jm - Jurumirim	Pn - Ponte Nova
VG - Volta Grande	Pi - Pirapora
Jr - Jaguará	RR - Reservatório Rasgão
Ig - Igarapava	Ju - Juquery
EC - Euclides da Cunha	It - Itupararanga
AS - Armando de Salles Oliveira	Es - Edgard de Souza
Mj - Monjolinho	Gu - Guarapiranga
Lb - Lobo	Bi - Billings
SG - Salto Grande	RG - Rio Grande
PG - Porto Goes	RP - Rio das Pedras

Fonte: CARDOSO-SILVA, 2015 dados não publicados. Modificado por KUMAZAWA, 2016.

4.3. MÉTODOS

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. 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*).

O Serviço Geológico dos Estados Unidos - *United States Geological Survey* (USGS) e a Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço – *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) contribuíram na criação do conjunto de dados das imagens GLS e foi projetado para permitir que os cientistas e usuários dos dados tenham acesso a uma coleção de dados coordenados, consistente e com o terreno de elevação corrigido (USGS, 2016; GLCF, 2016).

O sobrevôo da SRTM aconteceu de 11 a 22 de fevereiro de 2000 e foram percorridas 16 órbitas por dia, num total de 176 órbitas. Esse procedimento foi concluído com a coleta de 12 TeraBytes (TB) de dados que vêm sendo processados para a elaboração de Modelos Digitais de Elevação (MDE). O processamento desses dados objetivou à formação de um MDE mundial, produzido para todos os continentes, com início na América do Norte. A conclusão de cada continente, segue-se o envio dos dados ao *National Imagery and Mapping Agency* (NIMA), onde estes são editados, verificados e ajustados aos padrões norte-americanos de exatidão de mapas (*National Map Accuracy Standards*). Estes mapas são então devolvidos à NASA para fornecimento público através da USGS (VALERIANO,

2004).

A identificação dos reservatórios e a correspondência de suas respectivas UGRHIs foi obtida com o auxílio dos portais eletrônicos “DataGEO” e o “Portal SigRH”. O que facilitou também a identificação dos corpos hídricos para que fossem delineados e estudados deve-se à explicação de Florenzano (2002) quando diz que os objetos da superfície terrestre como a vegetação, a água e o solo refletem, absorvem e transmitem radiação eletromagnética em proporções que variam com o comprimento de onda, de acordo com as suas características bio-físico-químicas, por isso os sensores remotos captam e registram a energia emitida pelos componentes da superfície terrestre distinguindo esses objetos nas imagens desses sensores, o que permite a análise da paisagem.

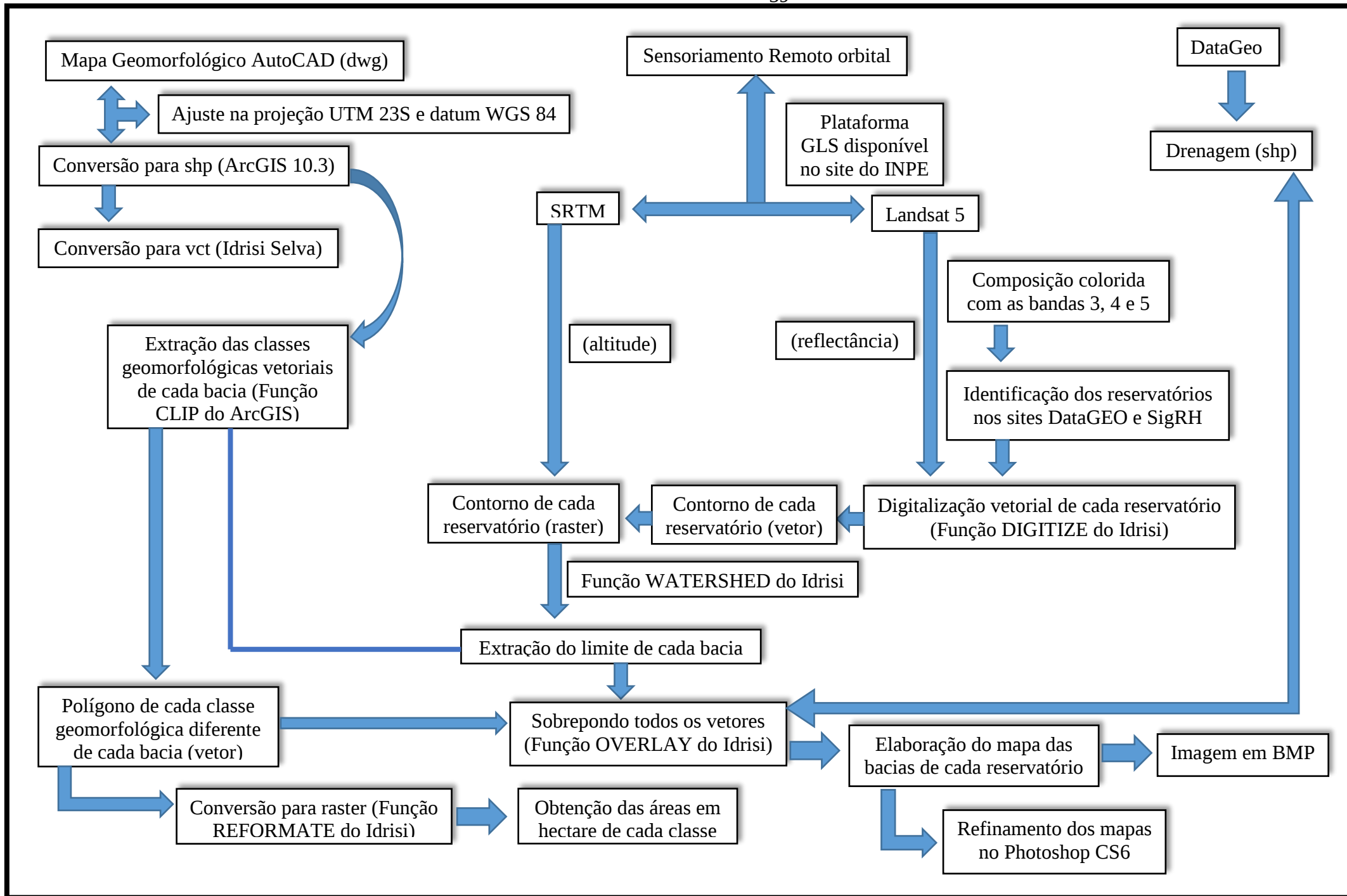
De posse do vetor do contorno do corpo d’água e da respectiva imagem SRTM obteve-se o limite da bacia de captação de cada represa, graças ao algoritmo *Watershed* do Idrisi Selva. Com o vetor do reservatório foi feita a conversão para raster e extraído os limites da bacia hidrográfica onde está inserido o referido reservatório a partir da imagem SRTM ortorretificado com GLS.

A princípio, os modelos eram concebidos a partir da digitalização de dados topográficos coletados em campo. Atualmente, modelos digitais de elevação adquiridos por métodos como a estereoscopia orbital e interferometria por radar simbolizam uma alternativa mais competente para a geração de bases topográficas padronizadas, cobrindo áreas relativamente extensas em menor tempo (LANDAU & GUIMARÃES, 2011).

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, grade de coordenadas, 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 – Sistema Ambiental Paulista. 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 seis 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. Associado a esses mapas, um Banco de Dados Geográficos (BDG) está concluído com diversas informações como a localização do centroide de X e Y para cada textura geomorfológica, o nome do reservatório, a descrição geomorfológica, a área em hectare e informações limnológicas. Segundo Moreira (2004), o banco de dados geográficos distingue do convencional por armazenar, além dos dados alfanuméricos, dados sobre a localização das entidades, ou seja, é necessário introduzir uma referência geográfica em termos de pares de coordenadas geográficas. De modo esquemático, o procedimento de execução está ilustrado no organograma da Figura 12.



5. 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.

A geomorfologia é a ciência que estuda as formas de relevo. As formas existem porque foram esculpidas pela ação de determinado processo ou grupo de processos. Por isso, há um grande relacionamento entre as formas e os processos. As formas, os processos e suas relações constituem o sistema geomorfológico, que é um sistema aberto pois recebe influências e também atua sobre outros sistemas componentes de seu universo. Para que haja a compreensão das formas de relevo há quatro sistemas antecedentes atuantes na interação dos processos e formas. São eles: sistema climático, sistema biogeográfico, sistema geológico e sistema antrópico (CHRISTOFOLETTI, 1980).

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 mineirais. 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 paulistas 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 trabalho 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 6. As diversas colorações

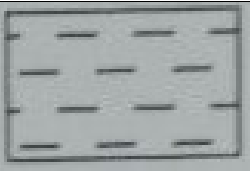
(bege, laranja, vermelho, amarelo, verde e roxo) dos mapas referem-se aos seis diferentes tipos de texturas geomorfológicas dessa área de estudo, que correspondem aos Índices de dissecação do relevo e fragilidade proposto por Ross & Moroz (1997) conforme ilustra a Figura 13 e em seguida com o Quadro 7 como expansão das informações referentes à Figura 13.

Quadro 6 – 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)

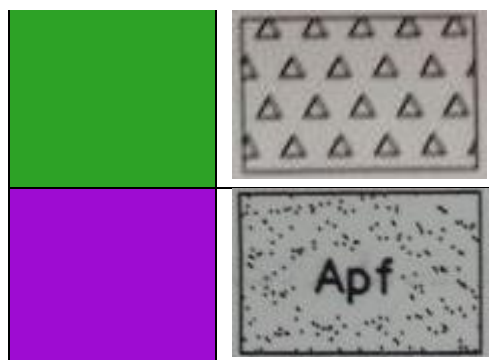
Fonte: Ross & Moroz (1997).

Figura 13 – Associação da cor do mapa com a dissecação e fragilidade do relevo

Parâmetro de dissecação e fragilidade do relevo	
Cor no mapa	Símbolo
	
	
	
	

* Agradação: Processo que leva a construção de uma superfície devido a fenômenos deposicionais (MINEROPAR, 2016).

* Denudação: No sentido lato inclui todos os fenômenos de intemperismo e erosão. Conjunto de processos responsáveis pelo rebaixamento sistemático da superfície da terra pelos agentes naturais de erosão e pelo intemperismo [...] (MINEROPAR, *op cit.*).



Fonte: autoria própria (2016).

Quadro 7 – 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	
	Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho Escuro argiloso, Latossolo Vermelho Amarelo argiloso	MUITO BAIXA, Formas muito pouco dissecadas a planas, com vales pouco entalhados e baixa densidade de drenagem. Potencial erosivo muito baixo.
	Latossolo Vermelho Amarelo e Latossolo Amarelo médio argiloso	BAIXA, Formas com dissecação baixa, vales pouco entalhados e densidade de drenagem baixa. Potencial erosivo baixo.
	Terra Roxa (Nitossolo ou Argissolo), Podzólico (Argissolo/Luvissolo/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, Podzólico (Argissolo/Luvissolo/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, Podzólicos (Argissolo/Luvissolo/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.
	Neossolos, Espodossolo, Vertissolo, Organossolos	MUITO ALTA, Áreas sujeitas a inundações periódicas. Lençol freático pouco profundo. Sedimentos inconsolidados sujeitos a acomodações.

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

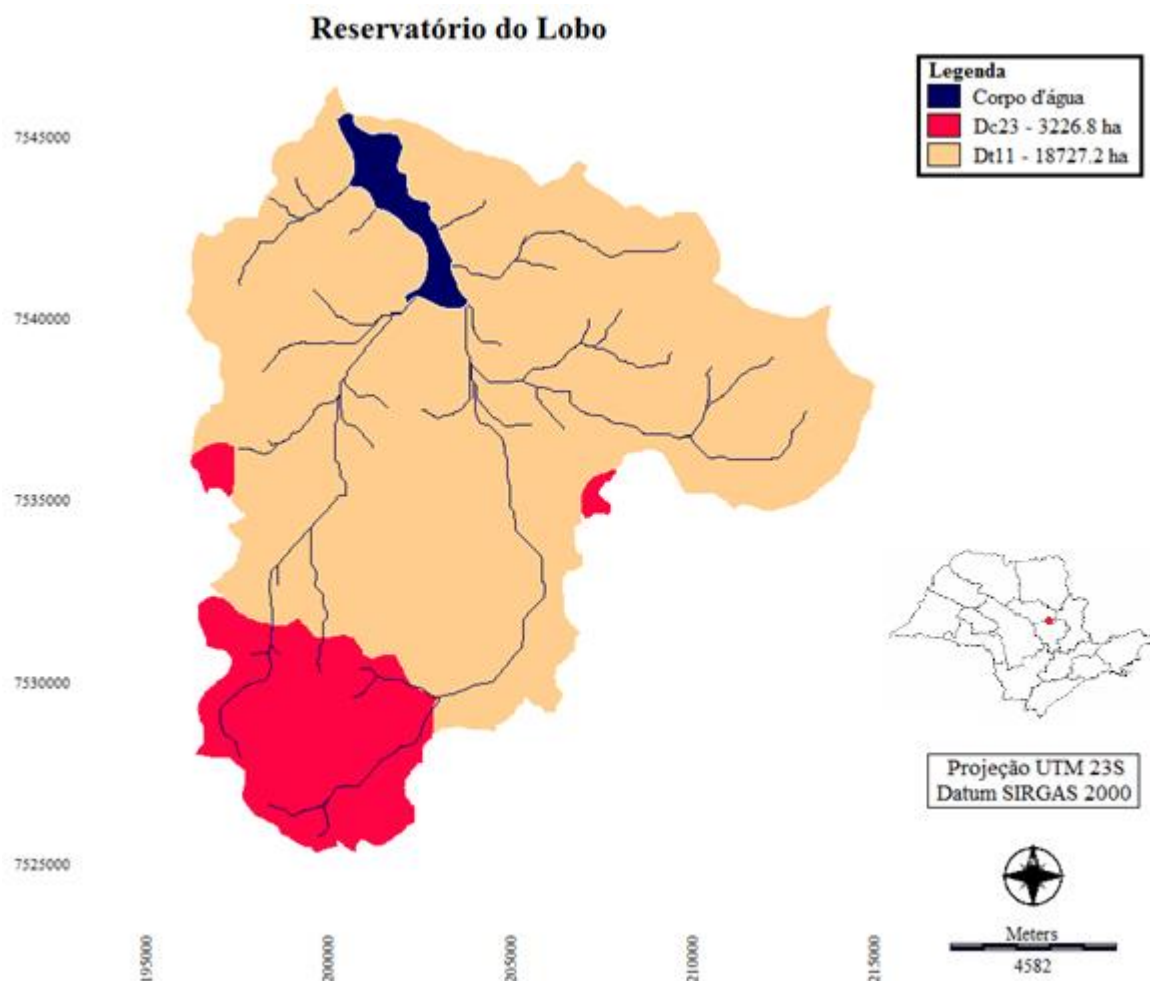
A discussão dos reservatórios será individual ou em conjunto com aqueles que estão localizados no mesmo rio e possuem as bacias vizinhas. O primeiro e o segundo quadro abaixo de cada mapa referem-se à ordem taxonômica de ROSS & MOROZ (1997) e à estrutura geológica da CPRM (2006) e a cor das unidades do primeiro quadro remete à cor

da legenda do mapa. Isto é, a cor da tabela é a expansão das informações do mapa. O terceiro quadro, de caráter complementar, emite informações de contexto puramente geológico.

5.1. RESERVATÓRIO DO LOBO

A represa Carlos Botelho, popularmente conhecida como Lobo/Broa tem o comprimento máximo de 8km (TUNDISI, 2003) e integra a UGRHI 13 – Tietê/Jacaré nos municípios de Brotas e Itirapina no rio Jacaré-guaçu. Essa bacia está inserida em uma Unidade de Conservação, a Estação Ecológica e Experimental de Itirapina (Portal SigRH, 2016). Pode-se afirmar que a limnologia contemporânea de represas iniciou-se na década de 1970 e um dos estudos de maior envergadura foi efetuado na represa do Lobo (HENRY, 1999). A Figura 14 e os Quadros 8 e 9 ilustram esse reservatório.

Figura 14 – Reservatório do Lobo, sua bacia hidrográfica e as texturas geomorfológicas



Fonte: autoria própria.

Quadro 8 – Características geomorfológicas, geológicas e pedológicas da bacia do Lobo

Unidade Morfoestrutural		Unidade Morfoescultural	
Bacia Sedimentar do Paraná		Planalto Ocidental Paulista	
PLANALTO CENTRO OCIDENTAL			
PLANALTO RESIDUAL DE SÃO CARLOS			
Formas de Relevo			
Modelado Dominante	Altimetria (m)	Declividade Dominante (%)	
Colinas amplas e baixas	300 a 600	10 a 20	
Colinas com topos aplanados	600 a 900	10 a 20 ou > 30	
Solos Dominantes		Litologias Dominantes	
Latossolo Vermelho-amarelo e Argissolo Vermelho-amarelo		Arenitos, Lentes de Siltitos e argilitos	
Latossolo Vermelho-Escuro		Depósitos arenosos-argilosos	

Fonte: Ross & Moroz, 1997.

Quadro 9 – Estrutura geológica da bacia do Lobo

RESERVATÓRIO DO LOBO		
Éon	Era	Período
Fanerozoico	Cenozoico	Neógeno - Holoceno
Fanerozoico	Cenozoico	Neógeno - Pleistoceno
Fanerozoico	Mesozoico	Jurássico
UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA	Depósitos Aluvionares (Q2a): areia, areia quartzosa, cascalheira, silte, argila e, localmente, turfa.	
	Depósitos colúvio-eluvionares (Qce): areia, silte e argila	
	Província Paraná - Bacia Serra Geral - Grupo São Bento	
	Formação Botucatu (J3K1bt): arenito fino a grosso de cor vermelha, grãos bem arredondados e com alta esfericidade, disposto em sets e/ou cosets de estratificações cruzadas de grande porte; ambiente continental desértico: depósitos de dunas eólicas	
Domínio Tectônico		
Coberturas superficiais - Cenozoico		
Bacia Serra Geral - Bacia de fratura interior tipo IF - Mesozoico		

Fonte: CPRM, 2006.

Com base na análise dos Quadros X e X há a predominância de areia, silte, argila e arenitos. A unidade geológica **J3K1bt** restringe-se apenas ao norte da área da bacia e do reservatório. É evidente, portanto, que nessa bacia predomina as rochas sedimentares de origem detrítica, assim como sugere o Quadro 10.

Quadro 10 – Classificação das Rochas Sedimentares Detríticas

ROCHAS SEDIMENTARES DETRÍTICAS		
Nome e tamanho do sedimento	Descrição	Nome da rocha
Cascalho (>2mm)	Partículas arredondadas de cascalho	Conglomerado
	Partículas angulares de cascalho	Brecha sedimentar
Areia (1/16 - 2mm)	Principalmente areia de quartzo	Arenito de quartzo
	Quartzo com >25% de feldspato	Arcósio
Lama (<1/16 mm)	Principalmente silte	Siltito
	Silte e argila	Lamito*
	Principalmente argila	Argilito*

*Os lamitos e argilitos que são friáveis, significando que eles se rompem ao longo de planos rigorosamente espaçados, normalmente são chamados de folhelhos.

Fonte: Wicander & Monroe, 2009.

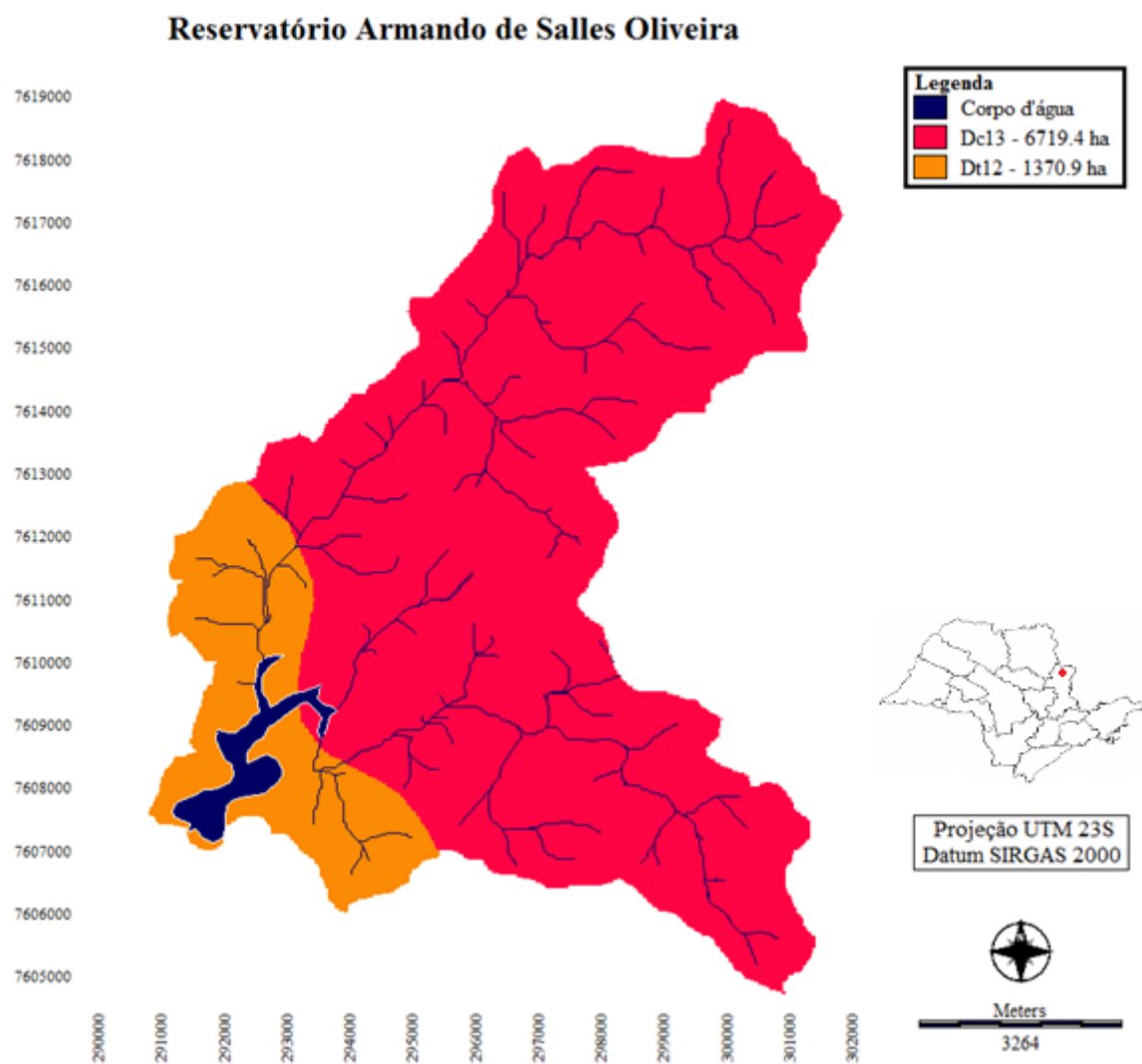
As Rochas sedimentares detríticas são formadas de detritos, partículas sólidas como a areia e cascalho, originados de material parental pelo intemperismo mecânico e químico. Todas as rochas sedimentares detríticas possuem uma textura clástica*, significando que são compostas de partículas ou fragmentos conhecidos como clastos (WICANDER & MONROE, *op cit.*).

5.2. RESERVATÓRIO ARMANDO DE SALLES OLIVEIRA

Algumas represas cujos nomes homenageiam pessoas, caso do reservatório Armando de Salles Oliveira, tem outra denominação de uso mais popular. Ela também é conhecida como Usina Hidrelétrica Limoeiro (SPERLING, 1999). Os três reservatórios seguintes Armando de Salles Oliveira, Euclides da Cunha e Graminha pertencem à UGRHI 4 – Pardo, localizados nos municípios de Mococa, São José do Rio Pardo e Caconde, respectivamente; no rio Pardo. Esses reservatórios entraram em operação em 1958, 1960 e 1966 com uma barragem de 600m, 312m e 640m respectivamente (AES TIETÊ, 2016). A Figura 15 e os Quadros 11 e 12 estão associados ao reservatório Armando de Salles Oliveira.

* Textura clástica: Textura de rochas sedimentares compostas por fragmentos quebrados de rochas ou minerais pré-existent, isolados ou ligados entre si por cimento (MINEROPAR, *op cit.*).

Figura 15 – Reservatório Armando de Salles Oliveira, sua bacia hidrográficas e as texturas geomorfológicas



Fonte: autoria própria.

Quadro 11 – Características geomorfológicas, geológicas e pedológicas da bacia Armando de Salles Oliveira

Unidade Morfoestrutural		Unidade Morfoescultural	
Bacia Sedimentar do Paraná		Depressão Periférica Paulista	
DEPRESSÃO MOJI-GUAÇU			
Cinturão Orogênico do Atlântico		Planalto Atlântico	
PLANALTO DO ALTO RIO GRANDE			
Formas de Relevo			
Modelado Dominante	Altimetria (m)	Declividade Dominante (%)	
Colinas com topos amplos	500 a 700	10 a 20	
Morros baixos	acima de 900 ou 700 a 800	> 30 ou 10 a 20	
Solos Dominantes		Litologias Dominantes	
Latossolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Vermelho-Escuro, Argissolo Vermelho-Amarelo		Arenitos finos, Arcósios, Argilitos, Siltitos, Calcários e Folhelhos	
Argissolo Vermelho-Amarelo		Charnoquitos, Granulitos, Migmatitos e Gnaisses	

Fonte: Ross & Moroz, 1997.

Quadro 12 – Estrutura geológica da bacia Armando de Salles Oliveira

RESERVATÓRIO ARMANDO DE SALLES OLIVEIRA			
Éon		Era	Período
Proterozoico		Neoproterozoico	Criogeniano
UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA	Província Tocantins Terreno Socorro-Guaxupé Complexo Varginha-Guaxupé		
	Unidade ortognáissica migmatítica intermediária (NPvog): biotita-hornblenda nebulito de composição granodiorítica, granítica, sienítica e monzonítica, granito gnáissico anatético metaluminoso, comumente porfirítico.		
Domínio Tectônico			
Terreno Socorro-Guaxupé - Domínio de Arco Magmático - Neoproterozoico			

Fonte: CPRM, 2006.

Segundo dados do dicionário geológico da CPRM (2016) e o dicionário do Serviço Geológico do Paraná – Mineropar (2016), o prefixo “orto” da unidade ortognáissica indica que uma rocha metamórfica foi originada de uma rocha magmática. A biotita é um mineral silicato hidratado de magnésio, ferro, potássio, alumínio, titânio do grupo das micas, todos os elementos são metais. Hornblenda é um mineral da família dos anfibólios, que pertence ao grupo dos silicatos ferromagnesianos. O granodiorito é uma rocha plutônica, ácida, constituída por plagioclásio, quartzo e feldspato potássico. O granito é uma rocha plutônica,

ácida, granular, constituída essencialmente por quartzo e feldspatos alcalinos. O sienito é uma rocha plutônica essencialmente constituída de feldspatos alcalinos. A rocha monzonítica é ígnea que apresenta proporções semelhantes de feldspatos alcalinos e plagioclásios. Os gnaisses são grupos de rochas metamórficas com origem no metamorfismo regional, caracterizada pela presença de feldspato, quartzo, mica, anfibólio, com ocorrência muito comum no embasamento cristalino brasileiro.

A região da barragem prevalece as rochas sedimentares detríticas, mas também há rochas sedimentares químicas com a presença do calcário, de acordo com o Quadro 11. As rochas sedimentares químicas estão classificadas no Quadro 13. As matérias-primas para a geração desse tipo de rocha são compostos variados e íons dissolvidos durante o intemperismo químico (WICANDER & MONROE, *op cit.*).

Quadro 13 – Classificação das Rochas Sedimentares Químicas

ROCHAS SEDIMENTARES QUÍMICAS		
Textura	Composição	Nome da rocha
Variada	Calcita (CaCO_3)	Calcário } Carbonatos
Variada	Dolomita [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$]	Dolomito }
Cristalina	Gipsita ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	Gesso } Evaporitos
Cristalina	Halita (NaCl)	Halita }

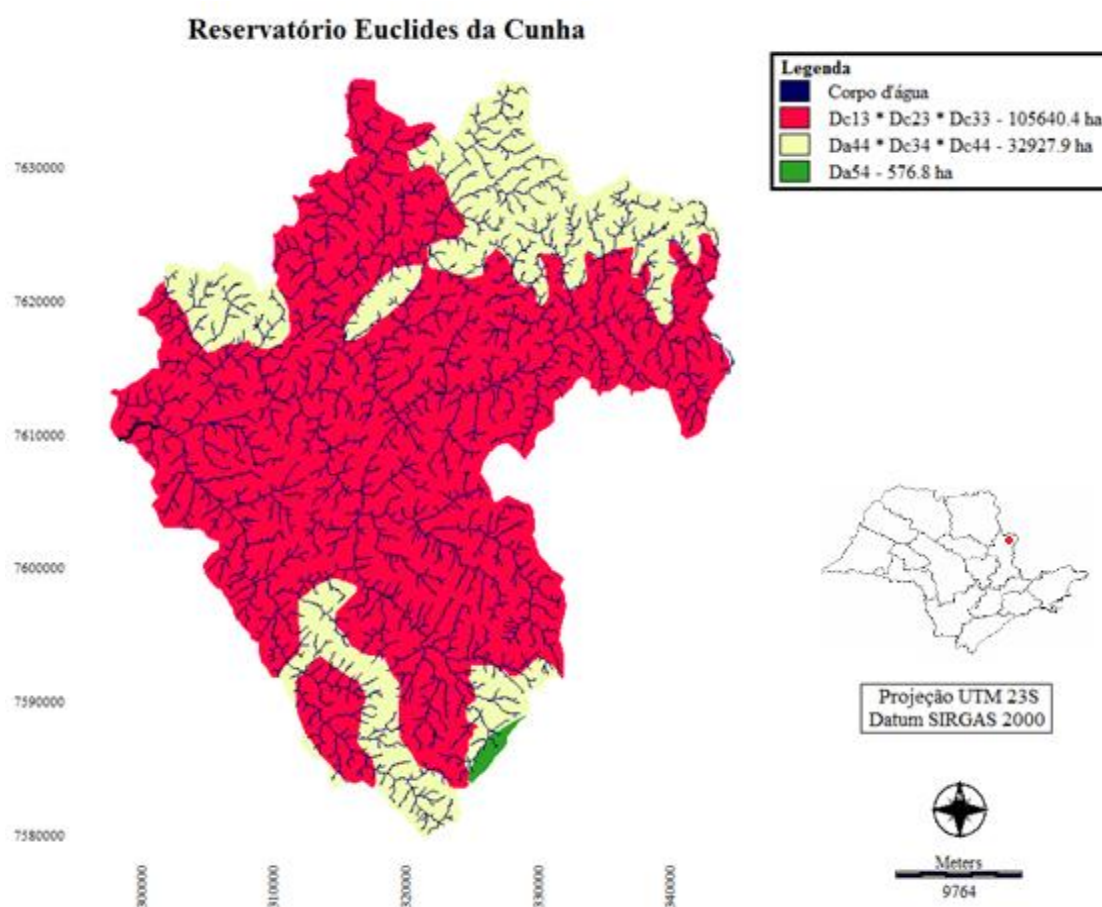
Fonte: Wicander & Monroe, 2009.

A outra região da bacia apresenta predominantemente rochas metamórficas como granulito, migmatito e gnaisse. Durante o metamorfismo, as rochas são submetidas ao calor suficiente, pressão e atividade dos fluidos para mudar sua composição mineral e/ou sua textura. Essas transformações ocorrem em estado sólido, e o tipo de rocha metamórfica originada depende: 1) da composição e da textura originais da rocha; 2) dos agentes do metamorfismo; e 3) da quantidade de tempo que a rocha parental foi submetida aos efeitos do metamorfismo (WICANDER & MONROE, *op cit.*, grifos meus). Conclui-se que há a presença de rochas magmáticas, metamórficas e metais devido à presença de “silicatos de alumínio com potássio, sódio e cálcio e, raramente bário, e em menor extensão o ferro, o chumbo, o rubídio e o cézio” provenientes dos feldspatos (MINEROPAR, 2016).

5.3. RESERVATÓRIO EUCLIDES DA CUNHA

De 50 lagos e represas brasileiros mais profundos, o reservatório Euclides da Cunha apresenta a décima posição com 94 metros de profundidade máxima (SPERLING, 1999). Reservatório é uma superfície ocupada por água represada, com estrutura de controle de vazão. As *usinas/centrais hidrelétricas* podem ter ou não reservatório para modular o fornecimento d'água às turbinas hidráulicas. Não o tendo, ou não o usando para esse fim, diz-se hidrelétrica operada a fio d'água (MÜLLER, 1995). É o caso da represa Euclides da Cunha (Figura 16 e Quadros 14 e 15) que não tem o reservatório de água. Ela é próxima à superfície e utiliza turbinas que aproveitam a velocidade do rio para gerar energia (ANEEL, 2008). O Quadro 14 está sem cor porque ele abrange todo o território da bacia Euclides da Cunha e Graminha.

Figura 16 – Reservatório Euclides da Cunha, sua bacia hidrográfica e as texturas geomorfológicas



Fonte: autoria própria.

Quadro 14 – Características geomorfológicas, geológicas e pedológicas da bacia Euclides da Cunha

Unidade Morfoestrutural		Unidade Morfoescultural	
Cinturão Orogênico do Atlântico		Planalto Atlântico	
PLANALTO DO ALTO RIO GRANDE			
Formas de Relevo			
Modelado Dominante	Altimetria (m)		Declividade Dominante (%)
Morros baixos	acima de 900 ou 700 a 800		> 30 ou 10 a 20
Solos Dominantes		Litologias Dominantes	
Argissolo Vermelho-Amarelo		Charnoquitos, Granulitos, Migmatitos e Gnaisses	

Unidade Morfoestrutural		Unidade Morfoescultural	
Cinturão Orogênico do Atlântico		Planalto Atlântico	
PLANALTO DE SERRA NEGRA/LINDOIA			
Formas de Relevo			
Modelado Dominante	Altimetria (m)		Declividade Dominante (%)
Cristas e morros	900 a 1100 ou 700 a 800		> 30 ou 20 a 30
Solos Dominantes		Litologias Dominantes	
Argissolo Vermelho-Amarelo, Cambissolos		Granitos e Quartzitos, Gnaisses e Migmatitos	

Fonte: Ross & Moroz, 1997.

Quadro 15 – Estrutura geológica da bacia Euclides da Cunha

RESERVATÓRIO EUCLIDES DA CUNHA		
Éon	Era	Período
Proterozoico	Neoproterozoico	Ediacariano
UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA	Província Tocantins Terreno Socorro-Guaxupé Magmatismo relacionado ao Orógeno Socorro-Guaxupé	
	Granitos* charnockitoides, tipo C (NP3sy1C): São José do Rio Pardo-Divinolândia (jd)	
Domínio Tectônico		
Orógeno Socorro-Guaxupé - Magmatismo charnocktoide sin a tardiorogênico - Neoproterozoico		

Fonte: CPRM, 2006.

Sabe-se que os granitos são rochas ígneas constituídas por quartzo e feldspatos, e que os feldspatos têm em sua composição silicatos de alumínio com potássio, sódio e cálcio, raramente bário e em menor quantidade ferro, chumbo, rubídio e cério (MINEROPAR, 2016) Os charnockitos são rochas ígneas e/ou metamórficas de alto grau metamórfico,

granítica ou granitoide, que apresenta em sua composição o hiperstênio, um mineral silicato de magnésio e ferro (CPRM, 2016). Conclui-se que nessa bacia, sobretudo na área do reservatório/hidrelétrica há a influência dos metais devido a composição mineralógica das rochas que estruturam essa região. A bacia de Euclides da Cunha é continuação da bacia anterior (Armando Salles de Oliveira) e tem as mesmas composições geológicas, com rochas metamórficas. A área da represa está embasada no granito, vide Quadro 15, que é uma rocha ígnea ou magmática. Todas as rochas ígneas derivam do magma, mas dois processos separados são responsáveis por sua origem. Elas se formam quando 1) o magma ou lava se resfria e se cristaliza para formar os minerais, e 2) materiais piroclásticos como cinza vulcânica são consolidados, formando massas sólidas de partículas (WICANDER & MONROE *op cit.*). 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, em conformidade com o Quadro 16.

Quadro 16 – Os tipos mais comuns de magmas, seus atributos e tipos de rochas

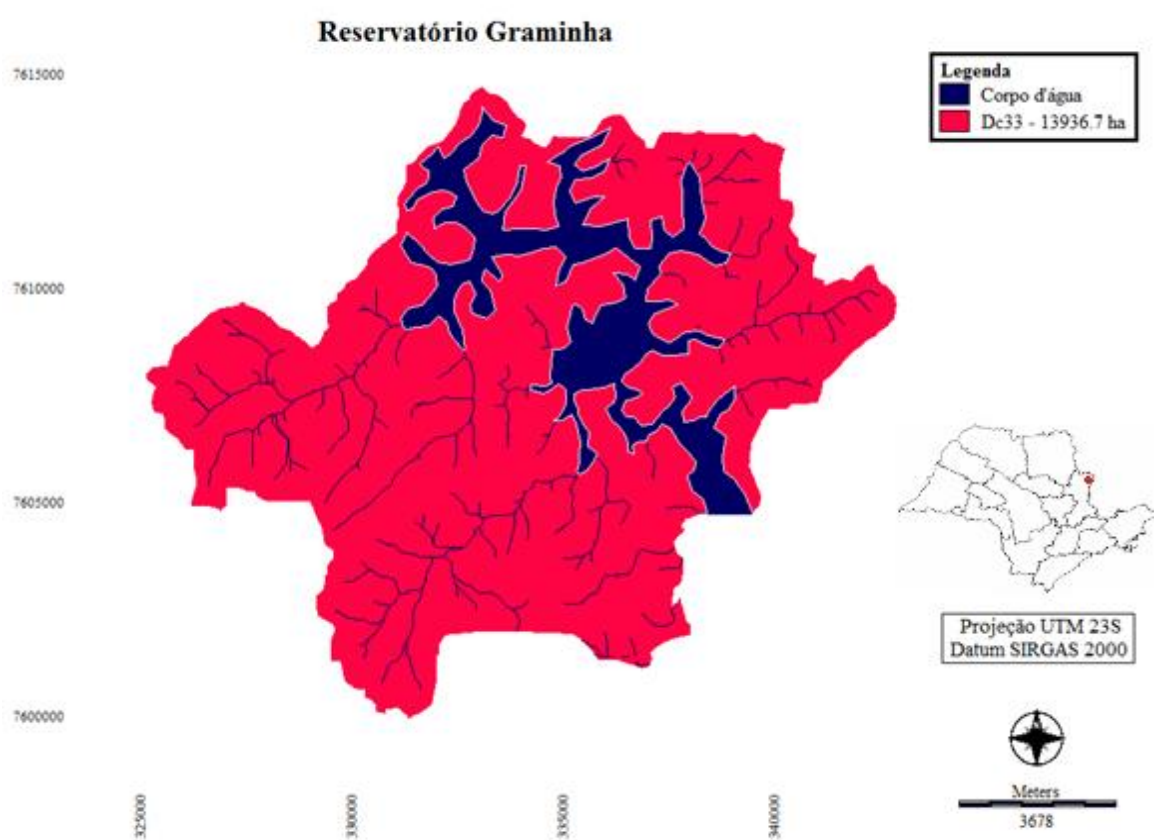
Tipo de Magma	Conteúdo de sílica (%)	Sódio, potássio e alumínio	Cálcio, ferro e magnésio	Tipos de rochas
Ultrabásico	< 45	↓ Aumento	↑ Aumento	Ultramáficas
Básico	45 - 52			Máficas
Intermediário	53 - 65			Intermediárias
Ácido	> 65			Félsicas

Fonte: Wicander & Monroe, *op cit.*

5.4. RESERVATÓRIO GRAMINHA

Esse reservatório está localizado no município de Caconde. A representação de sua bacia na Figura 17 representa apenas parte de seu território paulista, visto que há a continuação dela no território mineiro. Como não se utilizou dados cartográficos da carta mineira, não há a continuação dessa informação de estados fronteiriços. A mesma situação ocorreu com os reservatórios Euclides da Cunha, Jaguari e Cachoeira.

Figura 17 – Reservatório Graminha, sua bacia hidrográfica e a textura geomorfológica



Fonte: autoria própria.

Quadro 17 – Características geomorfológicas, geológicas e pedológicas da bacia Graminha

Unidade Morfoestrutural		Unidade Morfoescultural	
Cinturão Orogênico do Atlântico		Planalto Atlântico	
PLANALTO DO ALTO RIO GRANDE			
Formas de Relevo			
Modelado Dominante	Altimetria (m)		Declividade Dominante (%)
Morros baixos	acima de 900 ou 700 a 800		> 30 ou 10 a 20
Solos Dominantes		Litologias Dominantes	
Argissolo Vermelho-Amarelo		Charnoquitos, Granulitos, Migmatitos e Gnaisses	

Fonte: Ross & Moroz, 1997.

Quadro 18 – Estrutura geológica da bacia Graminha

RESERVATÓRIO GRAMINHA		
Éon	Era	Período
Proterozoico	Neoproterozoico	Ediacariano
Proterozoico	Neoproterozoico	Criogeniano
UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA	Província Tocantins, Terreno Socorro-Guaxupé, Magmatismo Relacionado ao Orógeno Socorro-Guaxupé	
	Granitos* charnockitoides, tipo C (NP3sy1C): São José do Rio Pardo-Divinolândia (jd) Granitoides tectônica e quimicamente indiferenciados (NP3sy): Caconde (cc)	
	Província Tocantins, Terreno Socorro-Guaxupé, Complexo Varginha-Guaxupé	
	Unidade paragnáissica migmatítica superior (NPvm): (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. Unidade ortognáissica migmatítica intermediária (NPvog): biotita-hornblenda nebulito de composição granodiorítica, granítica, sienítica e monzonítica, granito gnáissico anatótico metaluminoso, comumente porfirítico.	
Domínio Tectônico		
Terreno Socorro-Guaxupé - Domínio de Arco Magmático - Neoproterozoico		

Fonte: CPRM, 2006.

No Quadro 18, o prefixo “para” da unidade paragnáissica sugere que a rocha metamórfica foi originada de uma rocha sedimentar. Como esse reservatório tem a integração de todos os elementos geológicos das duas bacias supracitadas pertencentes ao mesmo rio, as rochas e minerais permitem interação dos metais na coluna da água e há exatamente a mesma composição de acordo com o Quadro 17 de Ross & Moroz (1997) e os dados da CPRM de 2006.

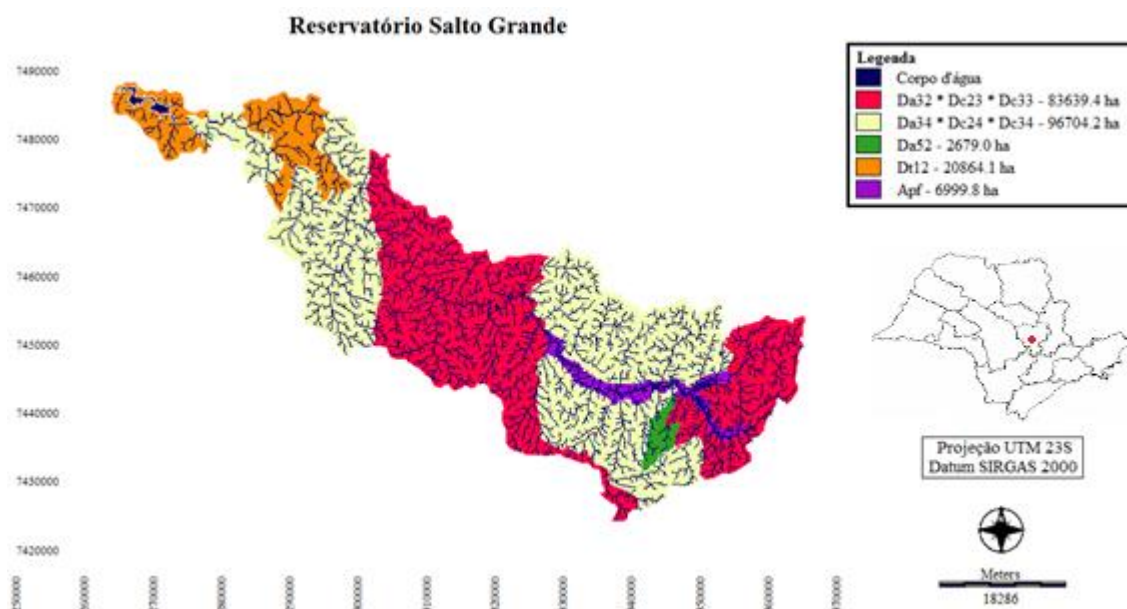
5.5. RESERVATÓRIO SALTO GRANDE

Os cinco reservatórios a seguir (Salto Grande, Jundiá Mirim, Jaguari, Cachoeira e Atibainha vinculam-se com a UGRHI 5 – Piracicaba/Capivari/Jundiá. A área das bacias dos

rios Piracicaba e Capivari correspondem a 14.400km² com uma estimativa de aproximadamente 3,5 milhões de habitantes. Por se tratar de uma região de grande desenvolvimento econômico, sendo o mais importante núcleo industrial do estado depois da Grande São Paulo, e ter uma reversão de 31m³/s pelo Sistema Cantareira para o abastecimento de cerca de 55% da população da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) há a existência de conflitos pelo uso da água (BOTELHO & SILVA, 2012).

O reservatório de Salto Grande (Figura 18 e Quadros 19 e 20) está posicionado no rio Atibaia no município de Americana. No Quadro 19, a parte que está em branco abrange as três cores da legenda (amarelo, vermelho e roxo).

Figura 18 – Reservatório Salto Grande, sua bacia hidrográfica e as texturas geomorfológicas



Fonte: autoria própria.

Quadro 19 – Características geomorfológicas, geológicas e pedológicas da bacia Salto Grande

Unidade Morfoestrutural		Unidade Morfoescultural
Bacia Sedimentar do Paraná		Depressão Periférica Paulista
DEPRESSÃO MOJI-GUAÇU		
Cinturão Orogênico do Atlântico		Planalto Atlântico
PLANALTO DE JUNDIAÍ		
Bacia Sedimentar Cenozoica/Depressão Tectônica		Planícies Fluviais
PEQUENAS PLANÍCIES FLUVIAIS		
Cinturão Orogênico do Atlântico		Planalto Atlântico
PLANALTO E SERRA DA MANTIQUEIRA		
Formas de Relevo		
Modelado Dominante	Altimetria (m)	Declividade Dominante (%)
Colinas com topos amplos	500 a 700	10 a 20
Colinas e morros altos	900 a 1200 ou 700 a 800	20 a 30 ou 10 a 20
Planícies e terraços fluviais	---	< 2
Escarpas e morros altos	1000 a 2000 ou 700 a 1000	> 30 ou 20 a 30
Solos Dominantes		Litologias Dominantes
Latossolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Vermelho-Escuro, Argissolo Vermelho-Amarelo		Arenitos finos, Arcósios, Argilitos, Siltitos, Calcários e Folhelhos
Cambissolos, Latossolo Vermelho-Amarelo, Argissolo Vermelho-Amarelo		Granitos e Quartzitos, Gnaisses e Migmatitos
Glei (Gleissolo/Plintossolo) Hêmico e Glei pouco Hêmico		Sedimentos arenosos e argilosos inconsolidados
Cambissolos, Neossolos e Afloramentos rochosos		Granitos, Gnaisses e Migmatitos

Fonte: Ross & Moroz, 1997.

Quadro 20 – Estrutura geológica da bacia Salto Grande

RESERVATÓRIO SALTO GRANDE		
Éon	Era	Período
Fanerozoico	Cenozoico	Paleógeno
Fanerozoico	Mesozoico	Cretáceo
Fanerozoico	Paleozoico	Transição entre Carbonífero e Permiano
UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA	Formação Rio Claro (ENrc): cascalho, areia, argila, lamito; ambiente continental fluvial meandrante	
	Província Paraná, Bacia Serra Geral, Grupo São Bento	
	Intrusivas básicas tabulares (K1δsg): soleiras de diabásio, diques de diabásio, diorito pórfiro, microdiorito pórfiro, lamprórfiro, andesito, monzonito pórfiro e traquiandesito	
	Província Paraná, Bacia do Paraná, Grupo Itararé	
	Grupo Itararé Indiviso (C2P1i): arenito, tilito, siltito, folhelho, ritmito, conglomerado e raras camadas de carvão; ambiente glácio-marinho	
Domínio Tectônico		
Coberturas superficiais - Cenozoico		
Bacia do Paraná - Sinéclise interior tipo MSIS - Paleozoico - Mesozoico		

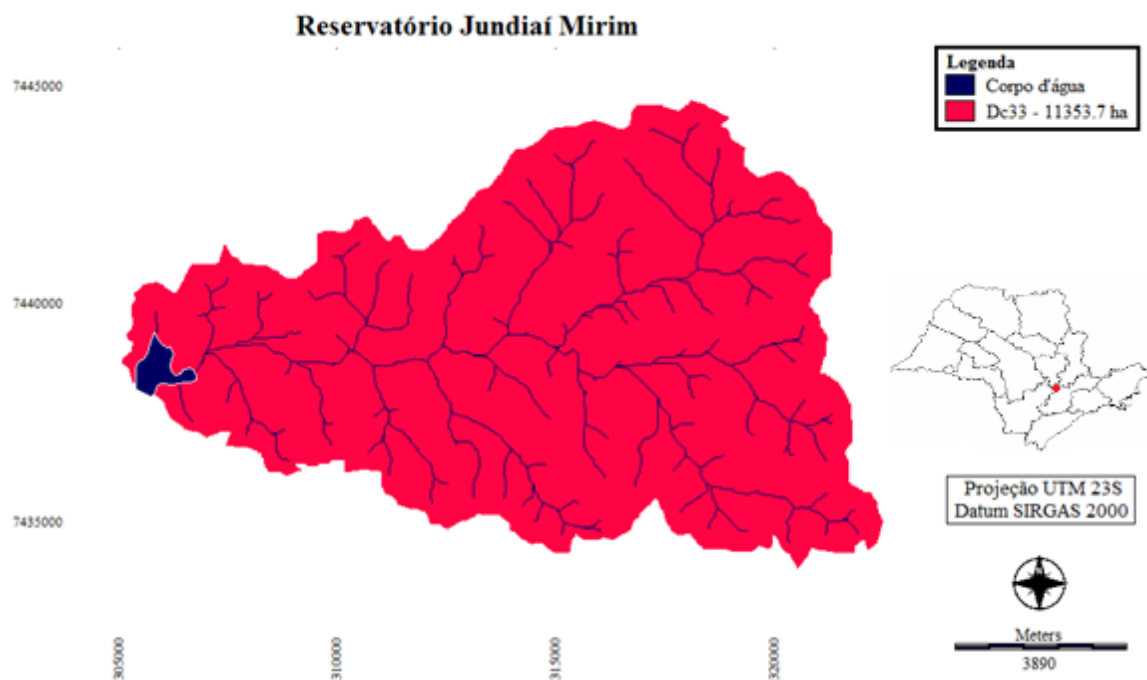
Fonte: CPRM, 2006.

Esse reservatório também é conhecido pela nomenclatura “Lucas Nogueira Garcez” (SPERLING, 1999). A área desse reservatório está encaixado na Depressão Moji-Guaçu com deposições de cascalho, areia, argila, assim como rochas ígneas (soleiras de diabásio). O diabásio tem em sua composição feldspato cálcico e piroxênio com a probabilidade de conter também a olivina. O piroxênio é um mineral ferromagnésiano assim como as olivinas que, as do tipo mais comuns são mais ricas em magnésio do que em ferro. O diorito é uma rocha plutônica com plagioclásio (grupo de minerais feldspáticos) intermediário e minerais ferromagnesianos, principalmente a hornblenda, com o alumínio em sua composição. O andesito, rocha ígnea composta por feldspato plagioclásio e de 25% a 40% de anfibólio e biotita. O anfibólio é um mineral do grupo dos silicatos ferromagnesianos. Os traquiandesitos são equivalentes aos monzonitos, que são rochas caracterizadas pela quantidade relativamente iguais de feldspato potássico e de plagioclásio (MINEROPAR, 2016)

5.6. RESERVATÓRIO JUNDIAÍ MIRIM

A Figura 19 e os Quadros 21 e 22 trazem informações do reservatório de Jundiaí Mirim, que está assentado no rio de terminologia homônima na cidade de Jundiaí. Parte dessa bacia encontra-se na Unidade de Conservação: Área de Proteção Ambiental de Jundiaí (Portal SigRH, 2016).

Figura 19 – Reservatório Jundiáí Mirim, sua bacia hidrográfica e a textura geomorfológica



Fonte: autoria própria.

Quadro 21 – Características geomorfológicas, geológicas e pedológicas da bacia Jundiáí Mirim

Unidade Morfoestrutural		Unidade Morfoescultural
Cinturão Orogênico do Atlântico		Planalto Atlântico
PLANALTO DE JUNDIAÍ		
Formas de Relevo		
Modelado Dominante	Altimetria (m)	Declividade Dominante (%)
Colinas e morros altos	900 a 1200 ou 700 a 800	20 a 30 ou 10 a 20
Solos Dominantes		Litologias Dominantes
Cambissolos, Latossolo Vermelho-Amarelo, Argissolo Vermelho-Amarelo		Granitos e Quartzitos, Gnaisses e Migmatitos

Fonte: Ross & Moroz, 1997.

Quadro 22 – Estrutura geológica da bacia Jundiá Mirim

RESERVATÓRIO JUNDIAÍ-MIRIM		
Éon	Era	Período
Proterozoico	Neoproterozoico	Criogeniano
UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA	Província Tocantins, Terreno Socorro-Guaxupé, Complexo Varginha-Guaxupé	
	Unidade paragnáissica migmatítica superior (NPvm): (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.	
Domínio Tectônico		
Terreno Socorro-Guaxupé - Domínio de Arco Magmático - Neoproterozoico		

Fonte: CPRM, 2006.

Esse reservatório tem um dos mesmos componentes geológicos (NPvm) do reservatório Graminha, com a dominância de granitos, quartzitos, gnaisses e migmatitos (ROSS & MOROZ, 1997), em que há feldspato pelo menos no granito, gnaiss e migmatito.

5.7. RESERVATÓRIO JAGUARI

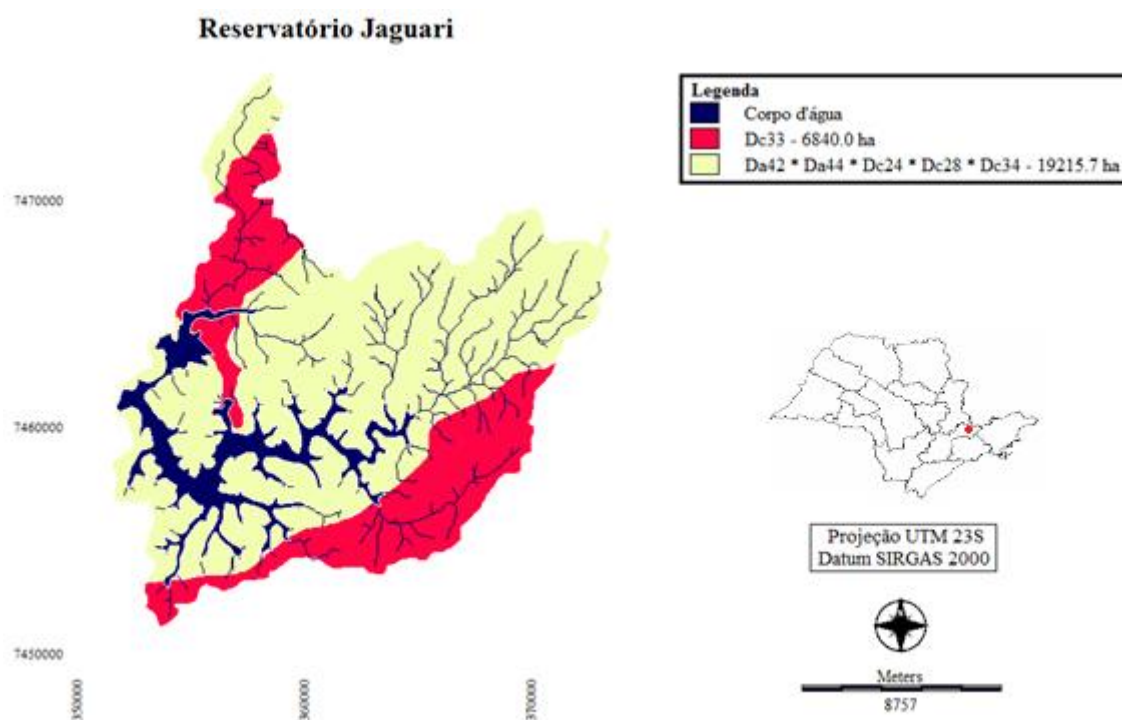
Figura 20: Esquema ilustrativo de funcionamento do Sistema Cantareira



Fonte: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/saladesituacao/v2/SistemaCantareira.aspx>. Acessado em 09 nov. 2016. Modificado por Kumazawa, 2016.

Os próximos reservatórios Cachoeira, Atibainha e Juqueri/Paiva Castro são um dos integrantes do Sistema Cantareira, conforme retrata a Figura 20. O Sistema Cantareira consiste no maior sistema produtor de água da RMSP, encarregado por abastecer aproximadamente 9 milhões de pessoas na capital e parte de alguns municípios vizinhos (ANA, 2016). O reservatório de Jaguari tem 65 metros de profundidade máxima, ocupando a vigésima posição dentre 50 represas brasileiras mais profundas (SPERLING, 1999).

Figura 21 – Reservatório Jaguari, sua bacia hidrográfica e a textura geomorfológica



Fonte: autoria própria.

Quadro 23 – Características geomorfológicas, geológicas e pedológicas da bacia Jaguari

Unidade Morfoestrutural		Unidade Morfoescultural	
Cinturão Orogênico do Atlântico		Planalto Atlântico	
PLANALTO DE SERRA NEGRA/LINDOIA			
Formas de Relevo			
Modelado Dominante	Altimetria (m)		Declividade Dominante (%)
Cristas e morros	900 a 1100 ou 700 a 800		> 30 ou 20 a 30
Solos Dominantes		Litologias Dominantes	
Argissolo Vermelho-Amarelo, Cambissolos		Granitos e Quartzitos, Gnaisses e Migmatitos	

(continuação)

Unidade Morfoestrutural		Unidade Morfoescultural	
Cinturão Orogênico do Atlântico		Planalto Atlântico	
PLANALTO E SERRA DA MANTIQUEIRA			
Formas de Relevo			
Modelado Dominante	Altimetria (m)	Declividade Dominante (%)	
Escarpas e morros altos	1000 a 2000 ou 700 a 1000	> 30 ou 20 a 30	
Solos Dominantes		Litologias Dominantes	
Cambissolos, Neossolos e Afloramentos rochosos		Granitos, Gnaisses e Migmatitos	

Fonte: Ross & Moroz, 1997.

Quadro 24 – Estrutura geológica da bacia Jaguarí

RESERVATÓRIO JAGUARI		
Éon	Era	Período
Proterozoico	Neoproterozoico	Ediacariano
Proterozoico	Neoproterozoico	Criogeniano
UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA	Província Tocantins, Terreno Socorro-Guaxupé, Magmatismo relacionado ao Orógeno Socorro-Guaxupé	
	Granitos peralcalinos, tipo A (NP3sy3A): Piracaia (pc)	
	Granitos foliados e ortognaisses, calcialcalinos, tipo I (NP3sy1I): Socorro-Bragança Paulista (bp)	
	Província Tocantins, Terreno Socorro-Guaxupé, Complexo Varginha-Guaxupé	
	Unidade ortognáissica migmatítica intermediária (NPvog): biotita-hornblenda nebulito de composição granodiorítica, granítica, sienítica e monzonítica, granito gnáissico anatótico metaluminoso, comumente porfirítico.	
Domínio Tectônico		
Orógeno Socorro-Guaxupé - Magmatismo metaluminoso sin a tardi-orogênico - Neoproterozoico		
Terreno Socorro-Guaxupé - Domínio de Arco Magmático - Neoproterozoico		
Orógeno Paranapiacaba - Magmatismo metaluminoso sin a tardi-orogênico - Neoproterozoico		

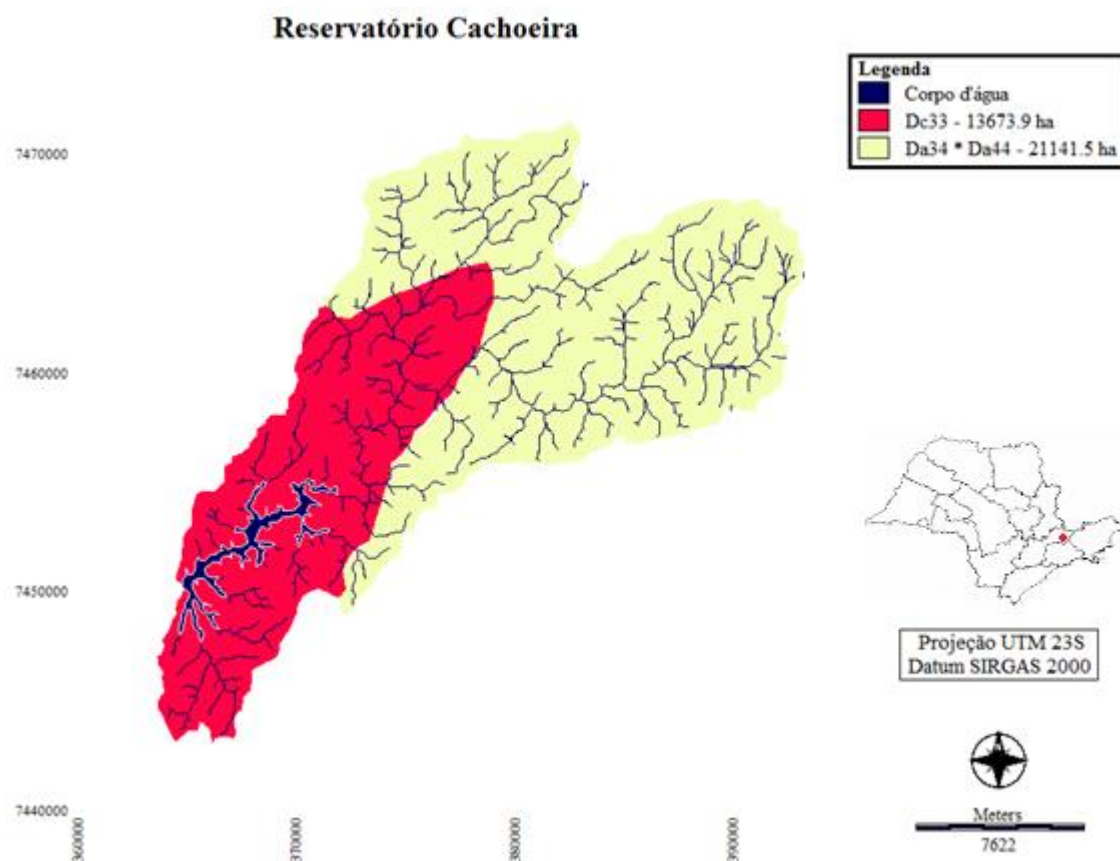
Fonte: CPRM, 2006.

A partir da análise da Figura 21 e os Quadros 23 e 24 constata-se que o reservatório de Jaguarí tem como geologia dominante os granitos e migmatitos com o feldspato em suas composições, podendo concluir que há metais presentes nesse recurso hídrico como alumínio, potássio, sódio, cálcio, bário, ferro, chumbo, rubídio e cério. A Unidade ortognáissica migmatítica intermediária (NPvog) está presente também nos reservatórios Graminha e Armando de Salles Oliveira.

5.8. RESERVATÓRIO CACHOEIRA

O reservatório Cachoeira (Figura 22 e Quadros 25 e 26) está localizado no rio homônimo do município de Piracaia.

Figura 22 – Reservatório Cachoeira, sua bacia hidrográfica e as texturas geomorfológicas



Fonte: autoria própria.

Quadro 25 – Características geomorfológicas, geológicas e pedológicas da bacia Cachoeira

Unidade Morfoestrutural		Unidade Morfoescultural	
Cinturão Orogênico do Atlântico		Planalto Atlântico	
PLANALTO DE JUNDIAÍ			
Cinturão Orogênico do Atlântico		Planalto Atlântico	
PLANALTO E SERRA DA MANTIQUEIRA			
Formas de Relevo			
Modelado Dominante	Altimetria (m)	Declividade Dominante (%)	
Colinas e morros altos	900 a 1200 ou 700 a 800	20 a 30 ou 10 a 20	
Escarpas e morros altos	1000 a 2000 ou 700 a 1000	> 30 ou 20 a 30	
Solos Dominantes		Litologias Dominantes	
Cambissolos, Latossolo Vermelho-Amarelo, Argissolo Vermelho-Amarelo		Granitos e Quartzitos, Gnaisses e Migmatitos	
Cambissolos, Neossolos e Afloramentos rochosos		Granitos, Gnaisses e Migmatitos	

Fonte: Ross & Moroz, 1997.

Quadro 26 – Estrutura geológica da bacia Cachoeira

RESERVATÓRIO CACHOEIRA		
Éon	Era	Período
Proterozoico	Neoproterozoico	Criogeniano
UNIDADE LITOSTRATIGRÁFICA	Província Tocantins, Terreno Socorro-Guaxupé, Complexo Varginha-Guaxupé	
	Unidade paragnáissica migmatítica superior (NPvm): (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.	
	Unidade ortognáissica migmatítica intermediária (NPvog): biotita-hornblenda nebulito de composição granodiorítica, granítica, sienítica e monzonítica, granito gnáissico anatótico metaluminoso, comumente porfirítico.	
Domínio Tectônico		
Terreno Socorro-Guaxupé - Domínio de Arco Magmático - Neoproterozoico		

Fonte: CPRM, 2006.

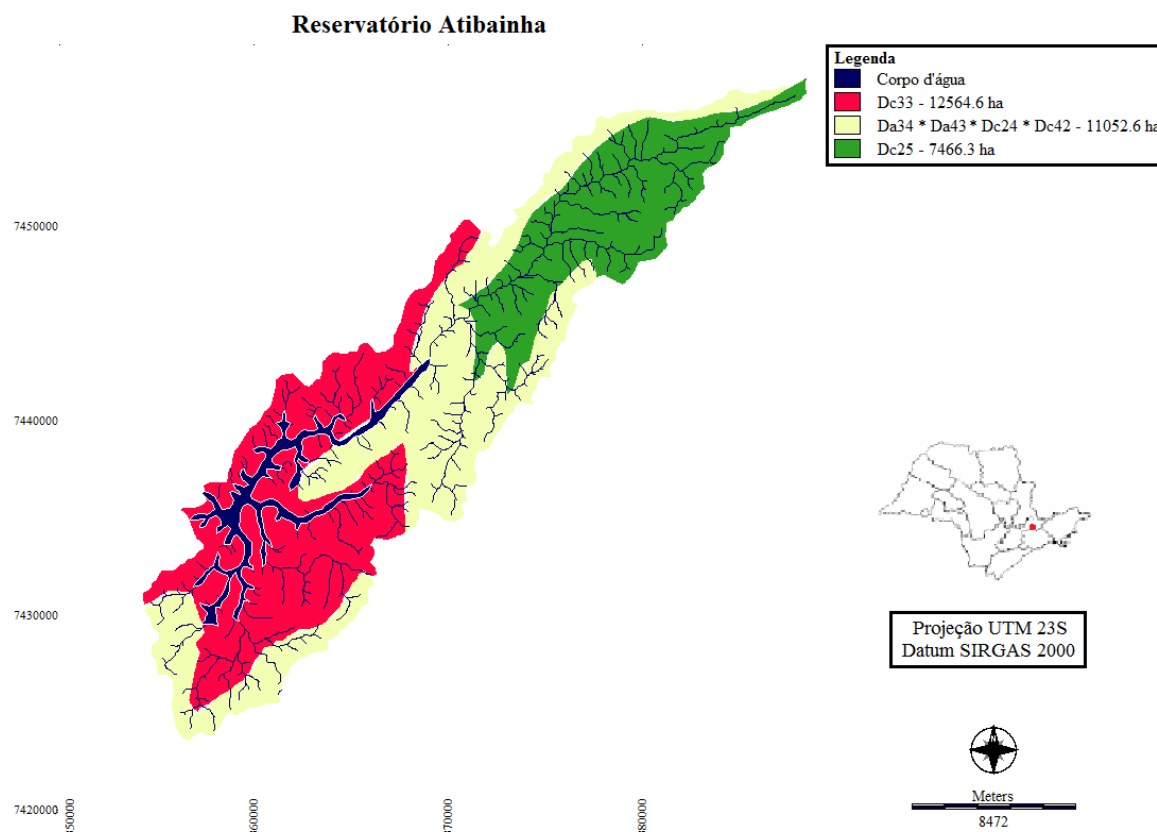
Esse reservatório é outro exemplo em que há a mesma característica geológica dos reservatórios Armando de Salles Oliveira e Graminha, com o predomínio de granitos, gnaisses e migmatitos.

5.9. RESERVATÓRIO ATIBAINHA

O reservatório Atibainha (Figura 23 e Quadros 27 e 28) do rio Atibainha localiza-se no município de Nazaré Paulista e sua sustentação geológica são três diferentes tipos, com

dominância das graníticas. A parte que está em branco do Quadro 27 remete às áreas verde e amarelo da Figura 23.

Figura 23 – Reservatório Atibainha, sua bacia hidrográfica e as texturas geomorfológicas



Fonte: autoria própria.

Quadro 27 – Características geomorfológicas, geológicas e pedológicas da bacia Atibainha

Unidade Morfoestrutural		Unidade Morfoescultural	
Cinturão Orogênico do Atlântico		Planalto Atlântico	
PLANALTO DE JUNDIAÍ			
Cinturão Orogênico do Atlântico		Planalto Atlântico	
PLANALTO E SERRA DA MANTIQUEIRA			
Formas de Relevo			
Modelado Dominante	Altimetria (m)	Declividade Dominante (%)	
Colinas e morros altos	900 a 1200 ou 700 a 800	20 a 30 ou 10 a 20	
Escarpas e morros altos	1000 a 2000 ou 700 a 1000	> 30 ou 20 a 30	
Solos Dominantes		Litologias Dominantes	
Cambissolos, Latossolo Vermelho-Amarelo, Argissolo Vermelho-Amarelo		Granitos e Quartzitos, Gnaisses e Migmatitos	
Cambissolos, Neossolos e Afloramentos rochosos		Granitos, Gnaisses e Migmatitos	

Fonte: Ross & Moroz, 1997.

Quadro 28 – Estrutura geológica da bacia Atibainha

RESERVATÓRIO ATIBAINHA		
Éon	Era	Período
Proterozoico	Neoproterozoico	Ediacariano
Proterozoico	Neoproterozoico	Criogeniano
Proterozoico	Mesoproterozoico	Ectasiano
UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA	Província Mantiqueira, Terreno Apiaí, Formação Iporanga	
	Granitos foliados, calcialcalinos, tipo I (NP3py2I): Pedra Branca (pe)	
	Granitoides foliados, quimicamente indiferenciados (NP3py2): Jundiuvira (ju)	
	Província Tocantins, Terreno Socorro-Guaxupé, Magmatismo relacionado ao Orógeno Socorro-Guaxupé	
	Granitos foliados peraluminosos, tipo S (NP3sy1S): Nazaré Paulista (np)	
	Província Tocantins, Terreno Socorro-Guaxupé, Complexo Varginha-Guaxupé	
	Unidade paragnáissica migmatítica superior (NPvm): (cordierita)-granada-(silimanita)-biotita-gnaisse bandado com leucossoma a biotita e granada, micaxisto restrito; nebulito gnaissico-granítico e ortognaisses intrusivos, metapsamito com metacarbonato e gnaisse calciossilicático subordinados; intercalações de gnaisses básico a intermediário e metabásica.	
	Super Grupo Açungui, Subgrupo Lageado	
Grupo Serra do Itaberaba (MP2si): xisto, rocha calcissilicática, metapelito, metabasito, metandesito, metatufo, metamáfica		
Domínio Tectônico		
Orógeno Socorro-Guaxupé - Magmatismo peraluminoso sin a tardi-orogênico - Neoproterozoico		
Terreno Socorro-Guaxupé - Domínio de Arco Magmático - Neoproterozoico		
Orógeno Paranapiacaba - Magmatismo metaluminoso sin a tardi-orogênico - Neoproterozoico		
Terreno Apiaí - Remanescente de bacia oceânica - Mesoproterozoico		

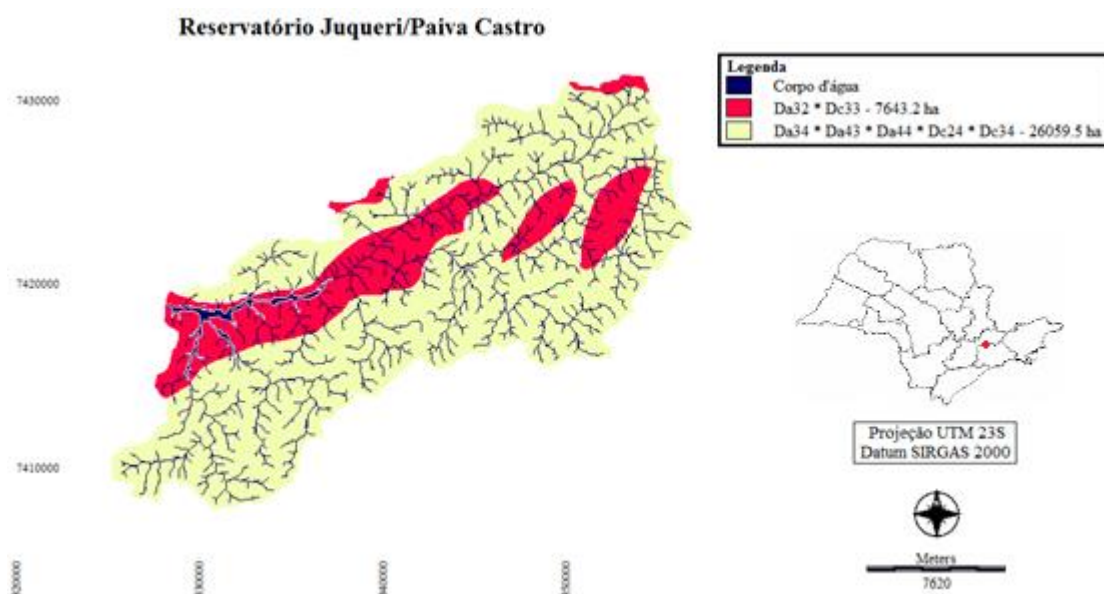
Fonte: CPRM, 2006.

Pela análise do Quadro 28, predomina unidades graníticas. O prefixo “meta” dos vários componentes figurados no período Ectasiano designa alteração ou metamorfismo, usado tanto em caso de rocha metamórfica como de magmática (LEINZ & LEONARDOS, 1971).

5.10. RESERVATÓRIO JUQUERI/PAIVA CASTRO

Esse reservatório (Figura 24 e Quadros 29 e 30) também conhecido por barragem Paulo de Paiva Castro fica localizado entre os municípios de Franco da Rocha e Mairiporã. Parte do reservatório está inserido no Parque Estadual do Juqueri com áreas de Mata Atlântica e Cerrado.

Figura 24 – Reservatório Juqueri, sua bacia hidrográfica e as texturas geomorfológicas



Fonte: autoria própria.

Quadro 29 – Características geomorfológicas, geológicas e pedológicas da bacia Juqueri

Unidade Morfoestrutural		Unidade Morfoescultural	
Cinturão Orogênico do Atlântico		Planalto Atlântico	
PLANALTO E SERRA DA MANTIQUEIRA			
Formas de Relevo			
Modelado Dominante	Altimetria (m)		Declividade Dominante (%)
Escarpas e morros altos	1000 a 2000 ou 700 a 1000		> 30 ou 20 a 30
Solos Dominantes			Litologias Dominantes
Cambissolos, Neossolos e Afloramentos rochosos			Granitos, Gnaisses e Migmatitos

Unidade Morfoestrutural	Unidade Morfoescultural
Cinturão Orogênico do Atlântico	Planalto Atlântico
PLANALTO DE JUNDIAÍ	

Formas de Relevô		
Modelado Dominante	Altimetria (m)	Declividade Dominante (%)
Colinas e morros altos	900 a 1200 ou 700 a 800	20 a 30 ou 10 a 20
Solos Dominantes		Litologias Dominantes
Cambissolos, Latossolo Vermelho-Amarelo, Argissolo Vermelho-Amarelo		Granitos e Quartzitos, Gnaisses e Migmatitos

Fonte: Ross & Moroz, 1997.

Quadro 30 – Estrutura geológica da bacia Juqueri

RESERVATÓRIO JUQUERI/PAIVA CASTRO		
Éon	Era	Período
Proterozoico	Neoproterozoico	Ediacariano
UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA	Província Mantiqueira, Terreno Apiaí, Grupo São Roque	
	Formação Estrada dos Romeiros (NP3srr): biotita-sericita filito, por vezes bandado ou com lentes de filito metarenito, metarcóseo, quartzito, calcissilicática, anfibolito, 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	
	Granitos foliados e ortognaisses, calcialcalinos, tipo I (NP3sy1l): Mairiporã (ma)	
Domínio Tectônico		
Orógeno Socorro-Guaxupé - Magmatismo metaluminoso sin a tardi-orogênico - Neoproterozoico		
Terreno Apiaí - Bacia relacionada a arco magmático - Neoproterozoico		
Terreno Apiaí - Remanescente de bacia oceânica - Mesoproterozoico		

Fonte: CPRM, 2006.

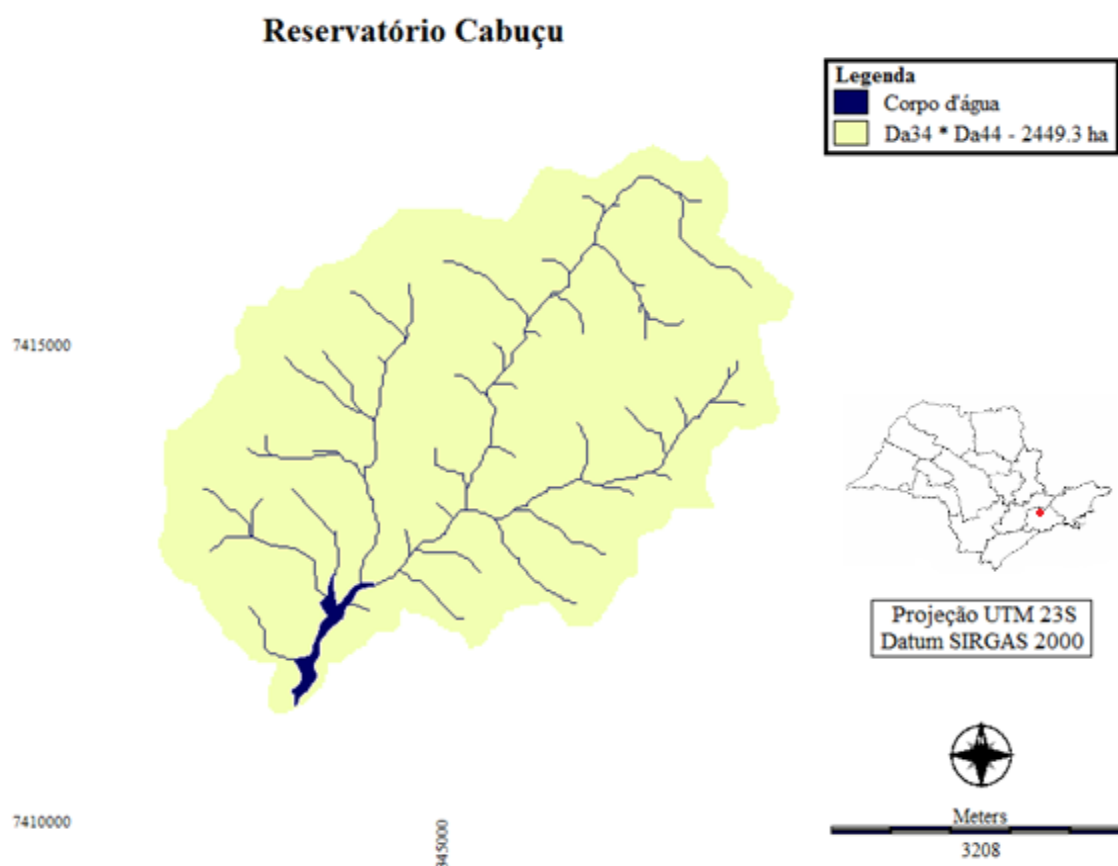
O reservatório Juqueri tem em sua composição geológica:

- _A biotita e a sericita, que são minerais do grupo das micas;
- _Algumas rochas com prefixo “meta” como descrito no reservatório anterior;
- _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.

5.11. RESERVATÓRIO CABUÇU

A Figura 25 exibe a bacia do reservatório do Cabuçu localizado no município de Guarulhos.

Figura 25 – Reservatório Cabuçu, sua bacia hidrográfica e as texturas geomorfológicas



Fonte: autoria própria.

Quadro 31 – Características geomorfológicas, geológicas e pedológicas da bacia Cabuçu

Unidade Morfoestrutural		Unidade Morfoescultural
Cinturão Orogênico do Atlântico		Planalto Atlântico
PLANALTO E SERRA DA MANTIQUEIRA		
Formas de Relevo		
Modelado Dominante	Altimetria (m)	Declividade Dominante (%)
Escarpas e morros altos	1000 a 2000 ou 700 a 1000	> 30 ou 20 a 30
Solos Dominantes		Litologias Dominantes
Cambissolos, Neossolos e Afloramentos rochosos		Granitos, Gnaisses e Migmatitos

Fonte: Ross & Moroz, 1997.

Quadro 32 – Estrutura geológica da bacia Cabuçu

RESERVATÓRIO CABUÇU		
Éon	Era	Período
Proterozoico	Mesoproterozoico	Ectasiano
UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA	Super Grupo Açungui, Subgrupo Lageado	
	Grupo Serra do Itaberaba (MP2si): xisto, rocha calcissilicática, metapelito, metabasito, metandesito, metatufo, metamáfica	
Domínio Tectônico		
Terreno Apiaí - Remanescente de bacia oceânica - Mesoproterozoico		

Fonte: CPRM, 2006.

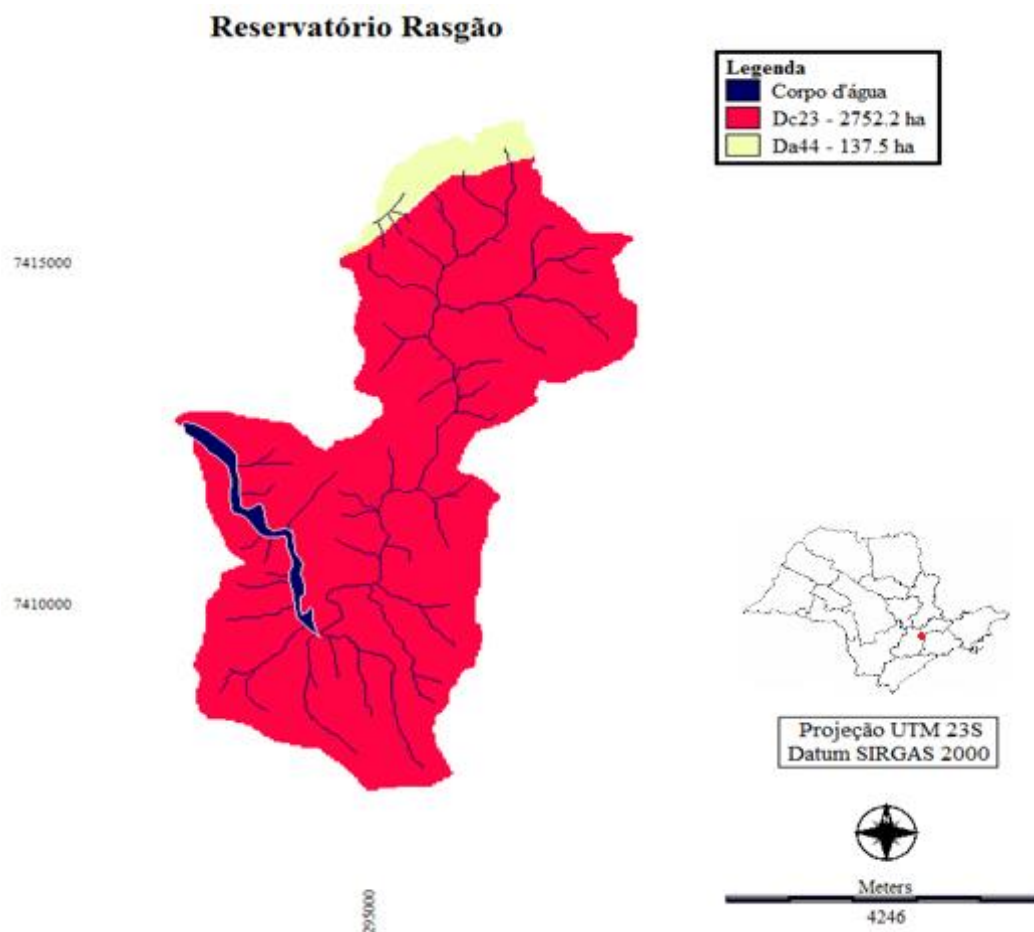
Os Quadros 31 e 32 possuem informações que estão relacionadas entre si sobre o reservatório Cabuçu. Nesse sentido, aufere-se que há:

- _O xisto, rocha metamórfica composta principalmente por minerais micáceos, os quais são constituídos por silicatos de alumínio;
- _O pelito é um sedimento ou rocha sedimentar formada de partículas finas, silte e argila;
- _O andesito, a rocha ígnea composta por feldspato;
- _O tufo é uma rocha piroclástica proveniente da solidificação de cinzas vulcânicas;
- _O máfico - minerais ferromagnesianos, de cor escura, constituintes de rochas ígneas.

5.12. RESERVATÓRIO RASGÃO

A Figura 26 ilustra a área da bacia do reservatório Rasgão situado no município de Pirapora do Bom Jesus e os Quadros 33 e 34 trazem dados a respeito dessa Figura.

Figura 26 – Reservatório Rasgão, sua bacia hidrográfica e as texturas geomorfológicas



Fonte: autoria própria.

Quadro 33 – Características geomorfológicas, geológicas e pedológicas da bacia Rasgão

Unidade Morfoestrutural		Unidade Morfoescultural	
Cinturão Orogênico do Atlântico		Planalto Atlântico	
PLANALTO DE IBIÚNA/SÃO ROQUE			
Cinturão Orogênico do Atlântico		Planalto Atlântico	
PLANALTO DE JUNDIAÍ			
Formas de Relevo			
Modelado Dominante	Altimetria (m)	Declividade Dominante (%)	
Morros altos	900 a 1100 ou 800 a 900	> 30 ou 20 a 30	
Colinas e morros altos	900 a 1200 ou 700 a 800	20 a 30 ou 10 a 20	
Solos Dominantes		Litologias Dominantes	
Argissolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Vermelho-Amarelo		Granitos, Gnaisses e Migmatitos	
Cambissolos, Latossolo Vermelho-Amarelo, Argissolo Vermelho-Amarelo		Granitos e Quartzitos, Gnaisses e Migmatitos	

Fonte: Ross & Moroz, 1997.

Quadro 34 – Estrutura geológica da bacia Rasgão

RESERVATÓRIO RASGÃO		
Éon	Era	Período
Proterozoico	Neoproterozoico	Ediacariano
UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA	Província Mantiqueira, Terreno Apiaí, Grupo São Roque	
	Formação Estrada dos Romeiros (NP3srer): biotita-sericita filito, por vezes bandado ou com lentes de filito metarenito, metarcóseo, quartzito, calcissilicática, anfibolito, 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	
	Granitos foliados e ortognaisses, calcialcalinos, tipo I (NP3sy11): São Roque (sr)	
Domínio Tectônico		
Orógeno Socorro-Guaxupé - Magmatismo metaluminoso sin a tardi-orogênico - Neoproterozoico		
Terreno Apiaí - Bacia relacionada a arco magmático - Neoproterozoico		

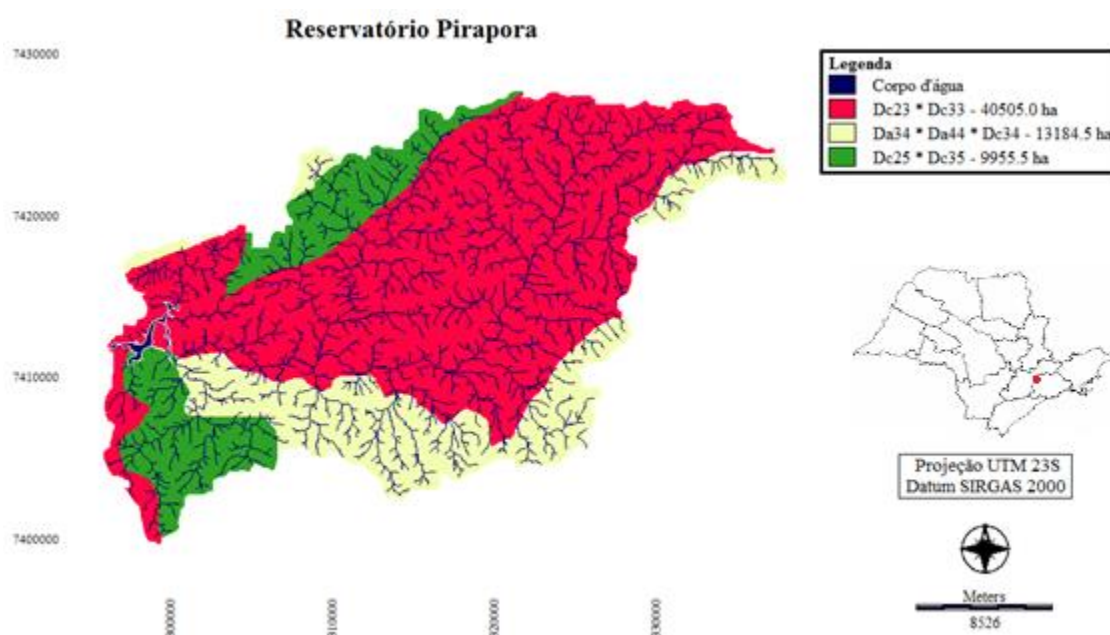
Fonte: CPRM, 2006.

O elemento NP3srer está presente também em reservatórios como o Jaguarí/Igarata, Paiva Castro e Pirapora e isso leva a entender que há elementos micáceos (biotita e sericita), cálcio, silício e rochas graníticas.

5.13. RESERVATÓRIO DE PIRAPORA

O reservatório de Pirapora está localizado no rio Tietê e encontra-se nos municípios de Pirapora do Bom Jesus, Santana de Parnaíba e Cajamar.

Figura 27 – Reservatório Pirapora, sua bacia hidrográfica e as texturas geomorfológicas



Fonte: autoria própria.

Quadro 35 – Características geomorfológicas, geológicas e pedológicas da bacia Pirapora

Unidade Morfoestrutural		Unidade Morfoescultural	
Cinturão Orogênico do Atlântico		Planalto Atlântico	
PLANALTO DE JUNDIAÍ			
Cinturão Orogênico do Atlântico		Planalto Atlântico	
PLANALTO E SERRA DA MANTIQUEIRA			
Cinturão Orogênico do Atlântico		Planalto Atlântico	
PLANALTO DE IBIÚNA/SÃO ROQUE			
Cinturão Orogênico do Atlântico		Planalto Atlântico	
PLANALTO PAULISTANO/ALTO TIETÊ			
Formas de Relevo			
Modelado Dominante	Altimetria (m)		Declividade Dominante (%)
Colinas e morros altos	900 a 1200 ou 700 a 800		20 a 30 ou 10 a 20
Escarpas e morros altos	1000 a 2000 ou 700 a 1000		> 30 ou 20 a 30
Morros altos	900 a 1100 ou 800 a 900		> 30 ou 20 a 30
Morros altos e médios	800 a 1000		10 a 20
Solos Dominantes		Litologias Dominantes	

Cambissolos, Latossolo Vermelho-Amarelo, Argissolo Vermelho-Amarelo	Granitos e Quartzitos, Gnaisses e Migmatitos
Cambissolos, Neossolos e Afloramentos rochosos	Granitos, Gnaisses e Migmatitos
Argissolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Vermelho-Amarelo	Granitos, Gnaisses e Migmatitos
Argissolo Vermelho-Amarelo, Cambissolos	Granitos, Migmatitos, Gnaisses e Micaxistos

Fonte: Ross & Moroz, 1997.

Quadro 36 – Estrutura geológica da bacia Pirapora

RESERVATÓRIO PIRAPORA		
Éon	Era	Período
Proterozoico	Neoproterozoico	Ediacariano
UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA	Província Tocantins, Terreno Socorro-Guaxupé, Magmatismo relacionado ao Orógeno Socorro-Guaxupé	
	Granitos foliados e ortognaisses, calcialcalinos, tipo I (NP3sy1l): Itaqui (it)	
	Província Mantiqueira, Terreno Apiaí, Formação Iporanga	
	Granitoides tectônica e quimicamente indiferenciados (NP3py): Porunduva (po)	
	Província Mantiqueira, Terreno Apiaí, Grupo São Roque	
	Formação Estrada dos Romeiros (NP3srer): biotita-sericita filito, por vezes bandado ou com lentes de filito metarenito, metarcóseo, quartzito, calcissilicática, anfibolito, 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.	
	Formação Pirapora do Bom Jesus: Unidade vulcânica (NP3srpv): ortoanfibolito tabular, estratiforme, com <i>pillow lava</i> , metavulcânica com provável piroclástica associada	
Domínio Tectônico		
Orógeno Socorro-Guaxupé - Magmatismo metaluminoso sin a tardi-orogênico - Neoproterozoico		
Terreno Apiaí - Bacia relacionada a arco magmático - Neoproterozoico		

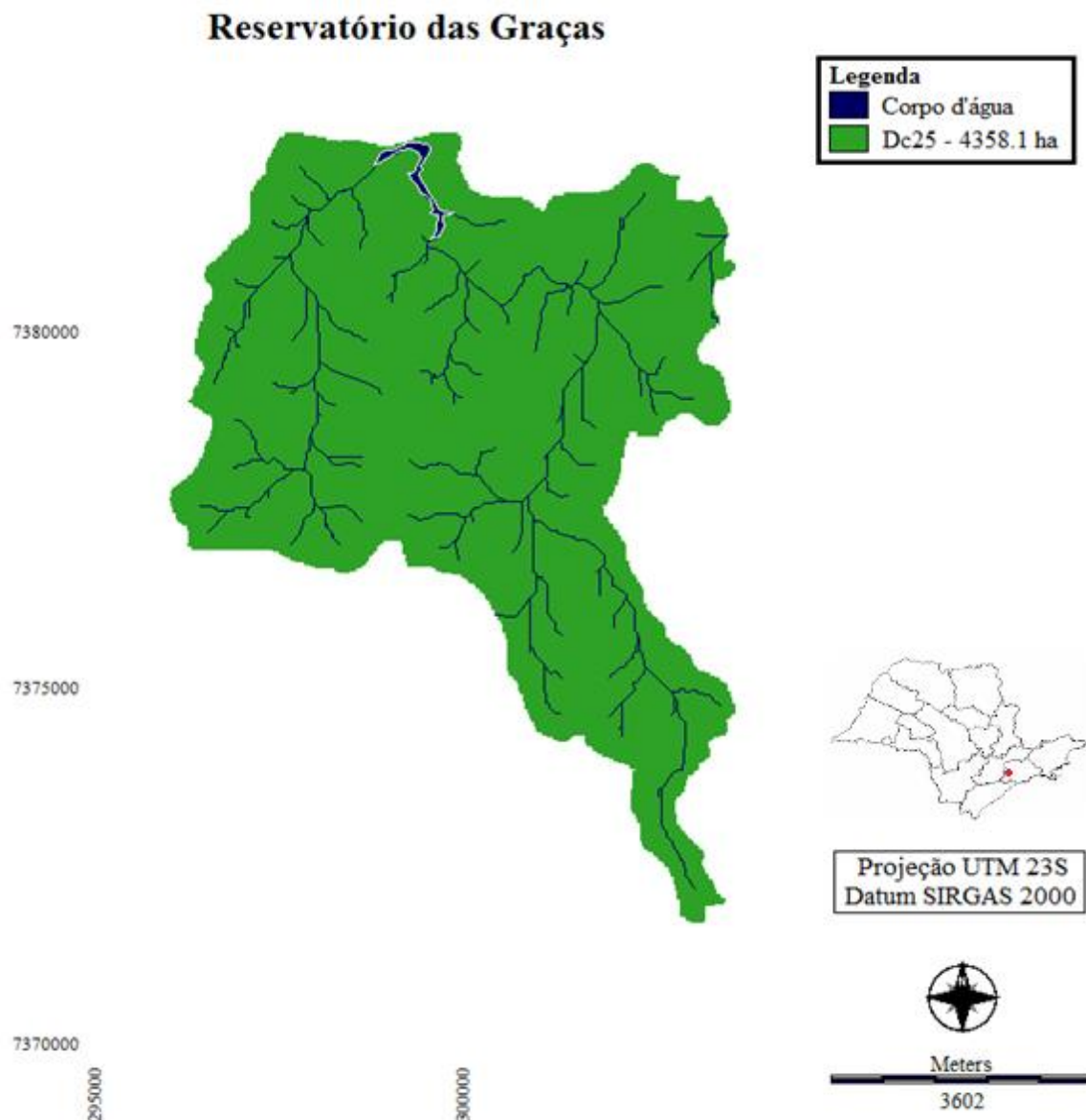
Fonte: CPRM, 2006.

No Quadro 35, o Planalto de Jundiá está presente nas três áreas representadas por cores distintas da Figura 27. A partir da análise do Quadro 36 sabe-se que neste reservatório há grande influência de rochas graníticas. Este anfibolito é uma rocha metamórfica originada de uma rocha magmática, assim como propõe o prefixo orto, formada principalmente por anfibólios e feldspato plagioclásio. Pillow lava remete a acumulações de lava de composição geralmente basáltica e com formas que lembram travesseiros, formadas quando o derrame se processa no oceano ou em outro meio aquoso.

5.14. RESERVATÓRIO DAS GRAÇAS

O reservatório das Graças e Pedro Beicht – Figuras 28 e 29 – estão localizados no município de Cotia e compreendem o Sistema Produtor de Águas Alto Cotia que abastece a RMSP (SABESP, 2016).

Figura 28 – Reservatório das Graças, sua bacia hidrográfica e as texturas geomorfológicas



Fonte: autoria própria.

Quadro 37 – Características geomorfológicas, geológicas e pedológicas da bacia das Graças

Unidade Morfoestrutural		Unidade Morfoescultural	
Cinturão Orogênico do Atlântico		Planalto Atlântico	
PLANALTO PAULISTANO/ALTO TIETÊ			
Formas de Relevô			
Modelado Dominante	Altimetria (m)	Declividade Dominante (%)	
Morros altos e médios	800 a 1000	10 a 20	
Solos Dominantes		Litologias Dominantes	
Argissolo Vermelho-Amarelo, Cambissolos		Granitos, Migmatitos, Gnaisses e Micaxistos	

Fonte: Ross & Moroz, 1997.

Quadro 38 – Estrutura geológica da bacia das Graças

RESERVATÓRIO DAS GRAÇAS		
Éon	Era	Período
Proterozoico	Mesoproterozoico	Calimiano
UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA	Grupo Votuverava	
	Unidade terrígena (MP1vot): metassiltito, metargilito foliado, metarenito lenticular, metaconglomerado polimítico; metabasito, rocha vulcanoclástica e formação ferromanganesífera interdigitados.	
Domínio Tectônico		
Terrano Apiaí - Remanescente de turbiditos de águas profundas - Mesoproterozoico		

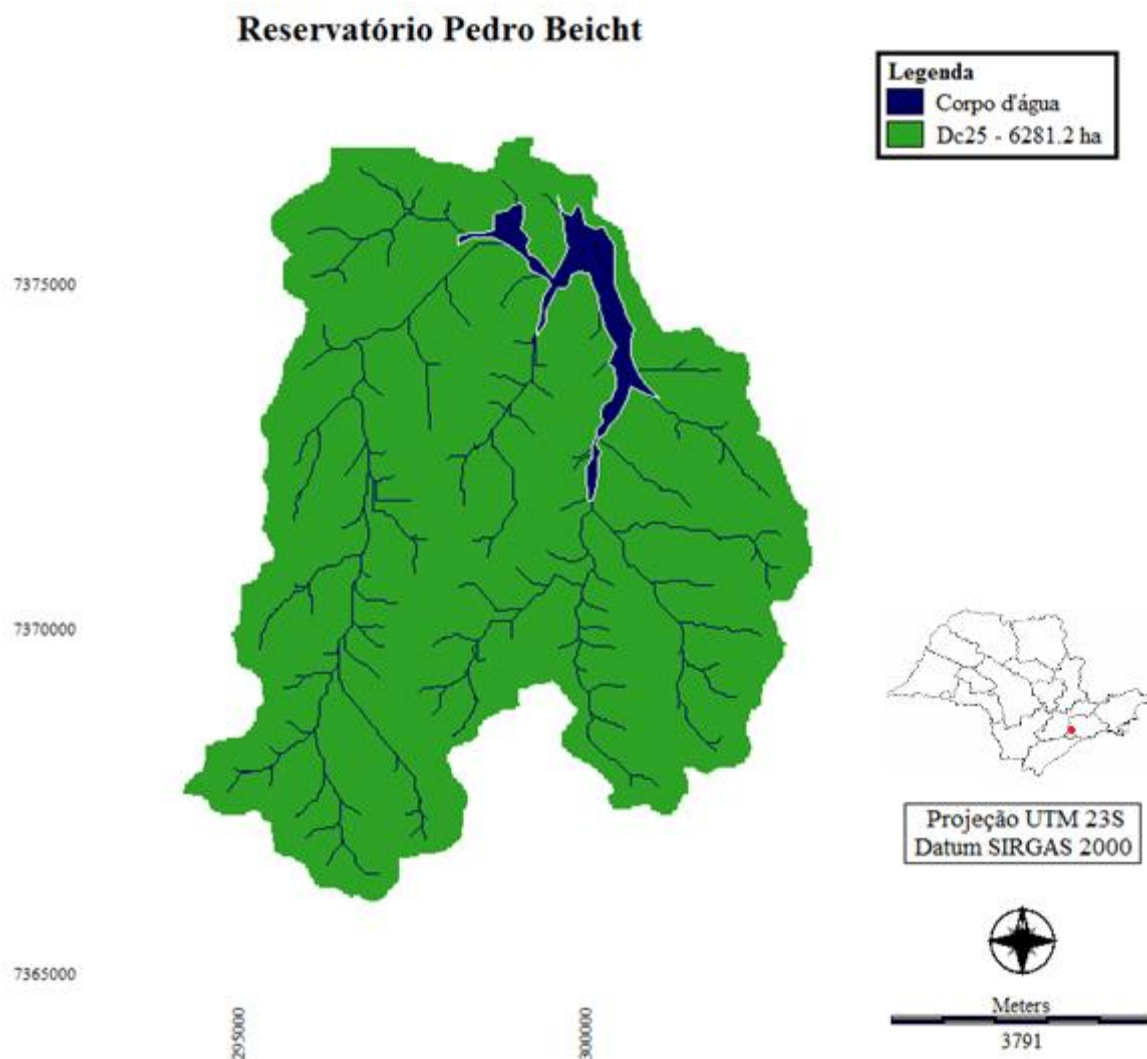
Fonte: CPRM, 2006.

Os Quadros 37 e 38 trazem dados descritivos com relação à Figura 28. Conglomerado é uma rocha sedimentar clástica de tamanho superior ao de um grão de areia É o equivalente consolidado de cascalho (MINEROPAR, 2016). Além de conglomerados, os siltitos, argilitos e arenitos todos alterados estão presentes nesse reservatório, assim como as rochas vulcanoclásticas e de formação ferromanganesífera.

5.15. RESERVATÓRIO PEDRO BEICHT

É um reservatório também localizado nas proximidades do município de Cotia.

Figura 29 – Reservatório Pedro Beicht, sua bacia hidrográfica e as texturas geomorfológicas



Fonte: autoria própria.

Quadro 39 – Características geomorfológicas, geológicas e pedológicas da bacia Pedro Beicht

Unidade Morfoestrutural		Unidade Morfoescultural	
Cinturão Orogênico do Atlântico		Planalto Atlântico	
PLANALTO PAULISTANO/ALTO TIETÊ			
Formas de Relevo			
Modelado Dominante	Altimetria (m)	Declividade Dominante (%)	
Morros altos e médios	800 a 1000	10 a 20	

Solos Dominantes	Litologias Dominantes
Argissolo Vermelho-Amarelo, Cambissolos	Granitos, Migmatitos, Gnaisses e Micaxistos

Fonte: Ross & Moroz, 1997.

Quadro 40 – Estrutura geológica da bacia Pedro Beicht

RESERVATÓRIO PEDRO BEICHT		
Éon	Era	Período
Proterozoico	Neoproterozoico	Criogeniano
UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA	Complexo Embu	
	Unidade de xistos, localmente migmatíticos (NPexm): muscovita-biotita-quartzo xisto com cianita, estauroлита, granada, sillimanita e quartzo xisto com muscovita, biotita, granada e plagioclásio alternados ritmicamente, intercalações de rocha calcissilicática, anfibolito e metaultramáfica	
	Domínio Tectônico Terreno Embu - Depósitos terrígenos de origem incerta - Neoproterozoico	

Fonte: CPRM, 2006.

Os Quadros 39 e 40 revelam dados da Figura 29 que são: muscovita é um mineral alumossilicato de potássio do grupo das micas (CPRM, 2016). Biotita é outro mineral do grupo das micas (MINEROPAR, 2016). A cianita e sillimanita são minerais alumossilicatos e a estauroлита um mineral alumossilicato de ferro (CPRM, 2016). A granada são grupos de minerais com a possibilidade de conter cálcio, magnésio, ferro ferroso, manganês bivalente, como também alumínio, ferro férrico, titânio ou cromo. Nos plagioclásios e anfibolitos encontram-se os minerais feldspáticos (MINEROPAR, 2016).

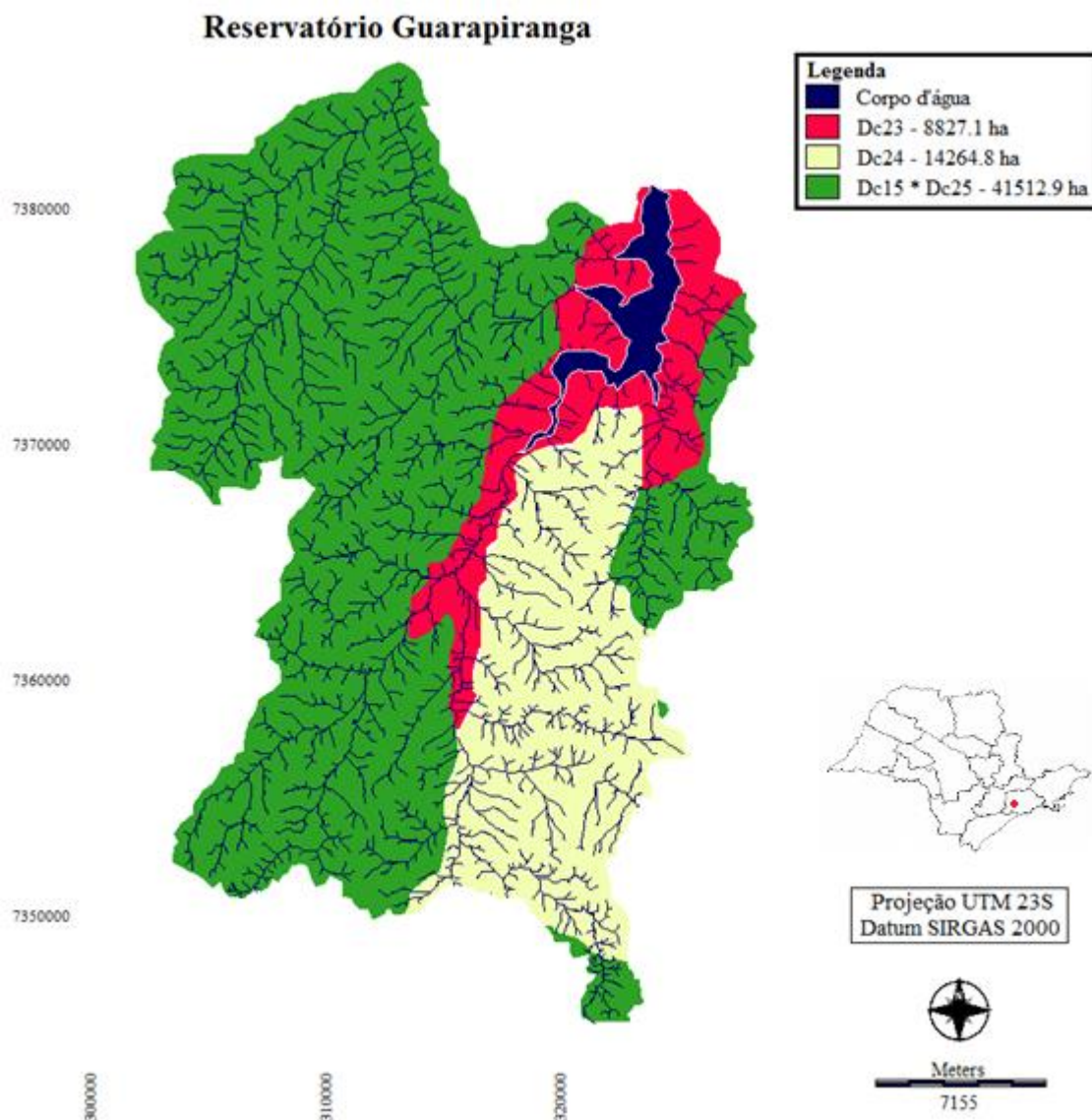
5.16. RESERVATÓRIO GUARAPIRANGA

A RMSP concentra 39 municípios, 8.000 km² e com aproximadamente 22 milhões de habitantes, segundo estimativa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para 2015; com parcela significativa dessa região localizada dentro dos 5.650 km² da bacia hidrográfica do alto rio Tietê, caracterizada pela alta densidade demográfica e índice de urbanização, grande concentração industrial, disponibilidade de recursos hídricos limitada e curso d'água com qualidade comprometida (SENDACZ, S.; KUBO, E. 1999).

O reservatório de Guarapiranga (Figura 30) é um dos oito sistemas produtores de água da referida Região Metropolitana, sendo o de Guarapiranga o segundo maior sistema

de água da RMSP perdendo apenas para o Cantareira. Os outros seis são: Alto Cotia, Baixo Cotia, Rio Grande, Rio Claro, Alto Tietê e Ribeirão da Estiva (SABESP, 2016).

Figura 30 – Reservatório Guarapiranga, sua bacia hidrográfica e as texturas geomorfológicas



Fonte: autoria própria.

Quadro 41 – Características geomorfológicas, geológicas e pedológicas da bacia Guarapiranga

Unidade Morfoestrutural		Unidade Morfoescultural
Bacia Sedimentar Cenozoica/Depressão Tectônica		Planalto de São Paulo
PLANALTO DE SÃO PAULO		
Cinturão Orogênico do Atlântico		Planalto Atlântico
PLANALTO PAULISTANO/ALTO TIETÊ		
Formas de Relevo		
Modelado Dominante	Altimetria (m)	Declividade Dominante (%)
Colinas e patamares aplanados	700 a 800	20 a 30
Morros altos e médios	800 a 1000	10 a 20
Solos Dominantes		Litologias Dominantes
Latossolo Vermelho-Amarelo		Argilas, areias e lentes de conglomerados
Argissolo Vermelho-Amarelo, Cambissolos		Granitos, Migmatitos, Gnaisses e Micaxistos

Fonte: Ross & Moroz, 1997.

Quadro 42 – Estrutura geológica da bacia Guarapiranga

RESERVATÓRIO GUARAPIRANGA		
Éon	Era	Período
Fanerozoico	Cenozoico	Neógeno - Holoceno
Fanerozoico	Cenozoico	Paleógeno
Proterozoico	Neoproterozoico	Criogeniano
UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA	Depósitos Aluvionares (Q2a): areia, areia quartzosa, cascalheira, silte, argila e, localmente, turfa.	
	Grupo Taubaté	
	Formação Resende (Er): diamictito e conglomerado com seixos, blocos e matacões em matriz lamítica arenosa e gradação normal ou inversa, crostas calcíticas; lamito arenoso e arenito, com estratificação cruzada acanalada e níveis conglomeráticos; ambiente continental fluvial de rios entrelaçados e leques aluviais.	
	Complexo Embu	
	Unidade paragnáissica (NPepg): muscovita-granada-sillimanita-biotita gnaiss migmatítico, biotita gnaiss tonalítico a granodiorítico; xisto gnaissóide e biotita gnaiss quartzoso	
	Unidade de xistos, localmente migmatíticos (NPexm): muscovita-biotita-quartzo xisto com cianita, estaurolita, granada, sillimanita e quartzo xisto com muscovita, biotita, granada e plagioclásio alternados ritmicamente, intercalações de rocha calcissilicática, anfibolito e metaultramáfica	
Domínio Tectônico		
Coberturas superficiais - Cenozoico		
Rift do Sudeste do Brasil - Bacia do tipo rift continental - Paleógeno-Neógeno		
Terreno Embu - Depósitos terrígenos de origem incerta - Neoproterozoico		

Fonte: CPRM, 2006.

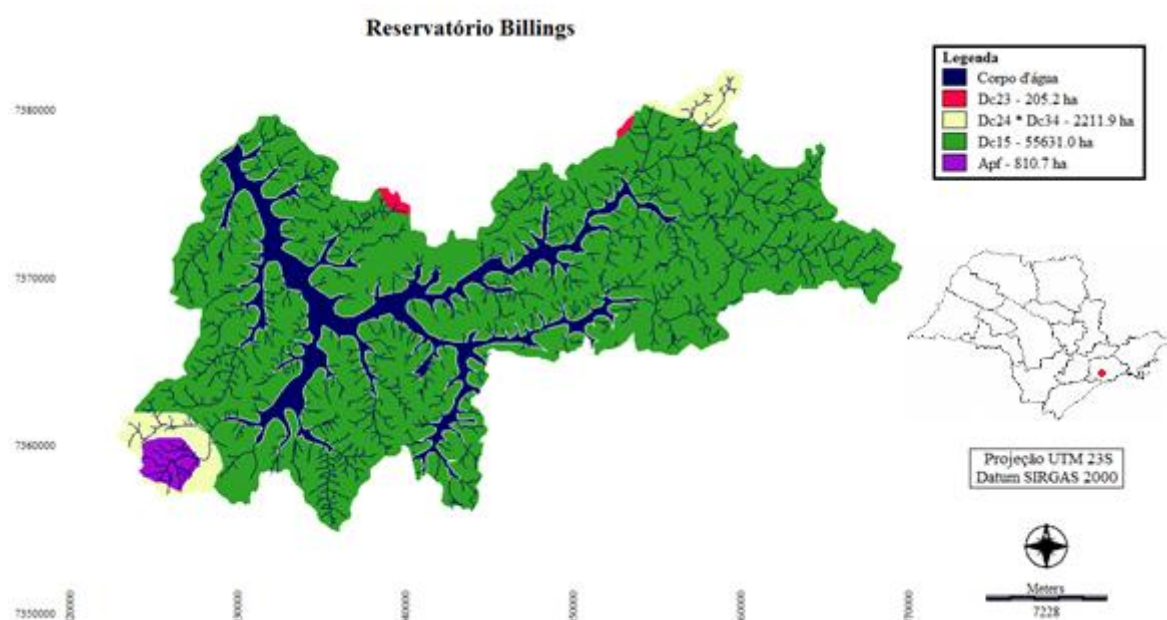
No Quadro 41 o “Planalto Paulistano/Alto Tietê” que está em branco remete a todas as áreas da bacia (Figura 30) inclusive a parte vermelha, que abrange tanto o “Planalto de São Paulo” quanto o “Planalto Paulistano/Alto Tietê”. Como a bacia do reservatório de Guarapiranga é continuação com a bacia de Pedro Beicht há aqui também a presença dos

mesmos componentes geológicos presentes lá. Além disso, constata-se também depósitos sedimentares como areia, cascalheira, silte e argila (Quadro 42).

5.17. RESERVATÓRIO BILLINGS

O Rio Grande (primeiro braço maior da direita da Figura 31) é um braço da Represa Billings e também é um dos sistemas produtores de água da RMSP. O reservatório Billings está assentado sobre diversos municípios, dentre eles: São Paulo, Santo André, São Bernardo do Campo, Diadema, Ribeirão Pires e Rio Grande da Serra.

Figura 31 – Reservatório Billings, sua bacia hidrográfica e as texturas geomorfológicas



Fonte: autoria própria.

Quadro 43 – Características geomorfológicas, geológicas e pedológicas da bacia Billings

Unidade Morfoestrutural	Unidade Morfoescultural	
Cinturão Orogênico do Atlântico	Planalto Atlântico	
PLANALTO PAULISTANO/ALTO TIETÊ		
Bacia Sedimentar Cenozoica/Depressão Tectônica	Planalto de São Paulo	
PLANALTO DE SÃO PAULO		
Bacia Sedimentar Cenozoica/Depressão Tectônica	Planícies Fluviais	
PEQUENAS PLANÍCIES FLUVIAIS		
Formas de Relevo		
Modelado Dominante	Altimetria (m)	Declividade Dominante (%)
Morros altos e médios	800 a 1000	10 a 20
Colinas e patamares aplanados	700 a 800	20 a 30
Planícies e terraços fluviais	---	< 2

Solos Dominantes	Litologias Dominantes
Argissolo Vermelho-Amarelo, Cambissolos	Granitos, Migmatitos, Gnaisses e Micaxistos
Latossolo Vermelho-Amarelo	Argilas, areias e lentes de conglomerados
Glei (Gleissolo/Plintossolo) Hêmico e Glei pouco Hêmico	Sedimentos arenosos e argilosos inconsolidados

Fonte: Ross & Moroz, 1997.

Quadro 44 – Estrutura geológica da bacia Billings

RESERVATÓRIO BILLINGS		
Éon	Era	Período
Fanerozoico	Cenozoico	Neógeno - Holoceno
Fanerozoico	Cenozoico	Paleógeno
Proterozoico	Neoproterozoico	Ediacariano
Proterozoico	Neoproterozoico	Criogeniano
UNIDADE LITOSTRATIGRÁFICA	Depósitos Aluvionares (Q2a): areia, areia quartzosa, cascalheira, silte, argila e, localmente, turfa.	
	Grupo Taubaté	
	Formação Resende (Er): diamictito e conglomerado com seixos, blocos e matacões em matriz lamítica arenosa e gradação normal ou inversa, crostas calcíticas; lamito arenoso e arenito, com estratificação cruzada acanalada e níveis conglomeráticos; ambiente continental fluvial de rios entrelaçados e leques aluviais.	
	Magmatismo Domínio Embu	
	Granitoides foliados peraluminosos, tipo S (NP3ey1S): Três Lagos (tl)	
	Complexo Embu	
	Unidade paragnáissica (NPepg): muscovita-granada-sillimanita-biotita gnaiss migmatítico, biotita gnaiss tonalítico a granodiorítico; xisto gnaissóide e biotita gnaiss quartzoso	
	Unidade de xistos, localmente migmatíticos (NPexm): muscovita-biotita-quartzo xisto com cianita, estauroilita, granada, sillimanita e quartzo xisto com muscovita, biotita, granada e plagioclásio alternados ritmicamente, intercalações de rocha calcissilicática, anfibolito e metaultamáfica	
Domínio Tectônico		
Rift do Sudeste do Brasil - Bacia do tipo rift continental - Paleógeno-Neógeno		
Terreno Embu - Magmatismo peraluminoso sin a tardi-orogênico - Neoproterozoico		
Terreno Embu - Magmatismo metaluminoso sin-orogênico - Neoproterozoico		
Terreno Embu - Depósitos terrígenos de origem incerta - Neoproterozoico		

Fonte: CPRM, 2006.

No Quadro 43 considera-se “Planalto Paulistano/Alto Tietê” as áreas em verde e amarelo da Figura 31. Com relação à análise do Quadro 44 segue: na sequência das bacias contíguas a próxima é a de Billings onde há a presença dos elementos Q2a, Er, NPepg e NPexm assim como na bacia anterior. Nessa há o acréscimo do granitoide.

5.18. RESERVATÓRIO TAIACUPEBA

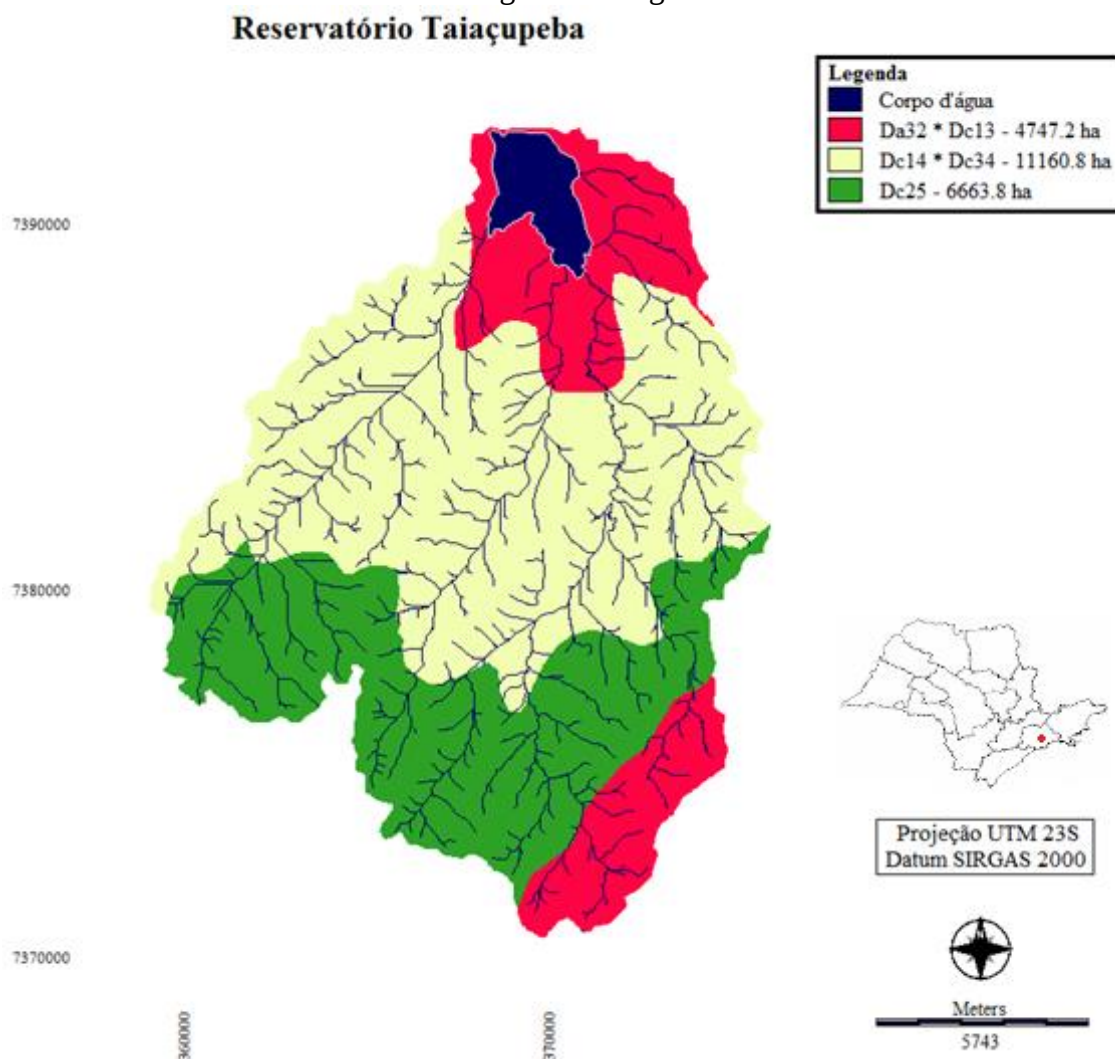
Figura 32 – Espacialização dos reservatórios do Sistema Produtor Alto Tietê



Fonte: Google Maps, 2016. Modificado por Kumazawa, 2016.

Os próximos três reservatórios estudados compõem o Sistema Produtor Alto Tietê (SPAT), tendo sua espacialização representada na Figura 32, responsável por 15% do abastecimento de água para a RMSP. O sistema funciona em cascata, a água do reservatório Ponte Nova, localizado próximo às nascentes do rio Tietê, é parcialmente desviada para uma Estação Elevatória. As águas são concentradas até o túnel de interligação Tietê/Biritiba, onde todo o escoamento é feito por gravidade no sistema canal-túnel-canais, a água é transferida para o reservatório Jundiá e na sequência para o de Taiaçupeba, na qual é feita a captação pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) (SENDACZ et al., 2006). O reservatório Taiaçupeba está localizado na divisa entre Mogi das Cruzes e Suzano.

Figura 33 – Reservatório Taiacupeba, sua bacia hidrográfica e as texturas geomorfológicas



Fonte: autoria própria.

Quadro 45 – Características geomorfológicas, geológicas e pedológicas da bacia Taiacupeba

Unidade Morfoestrutural		Unidade Morfoescultural
Bacia Sedimentar Cenozoica/Depressão Tectônica		Planalto de São Paulo
PLANALTO DE SÃO PAULO		
Cinturão Orogênico do Atlântico		Planalto Atlântico
PLANALTO PAULISTANO/ALTO TIETÊ		
Formas de Relevo		
Modelado Dominante	Altimetria (m)	Declividade Dominante (%)
Colinas e patamares aplanados	700 a 800	20 a 30
Morros altos e médios	800 a 1000	10 a 20
Solos Dominantes		Litologias Dominantes
Latossolo Vermelho-Amarelo		Argilas, areias e lentes de conglomerados
Argissolo Vermelho-Amarelo, Cambissolos		Granitos, Migmatitos, Gnaisses e Micaxistos

Fonte: Ross & Moroz, 1997.

Quadro 46 – Estrutura geológica da bacia Taiaçupeba

RESERVATÓRIO TAIACUPEBA		
Éon	Era	Período
Fanerozoico	Cenozoico	Neógeno - Holoceno
Fanerozoico	Cenozoico	Paleógeno
UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA	Depósitos Aluvionares (Q2a): areia, areia quartzosa, cascalheira, silte, argila e, localmente, turfa.	
	Grupo Taubaté	
	Formação São Paulo (Esp): arenito grosso, conglomerático, que grada para siltito e argilito com estratificação cruzada e base erosiva; ambiente continental fluvial meandrante	
	Domínio Tectônico Coberturas superficiais - Cenozoico Rift do Sudeste do Brasil - Bacia do tipo rift continental - Paleógeno-Neógeno Terreno Embu - Depósitos terrígenos de origem incerta - Neoproterozoico	

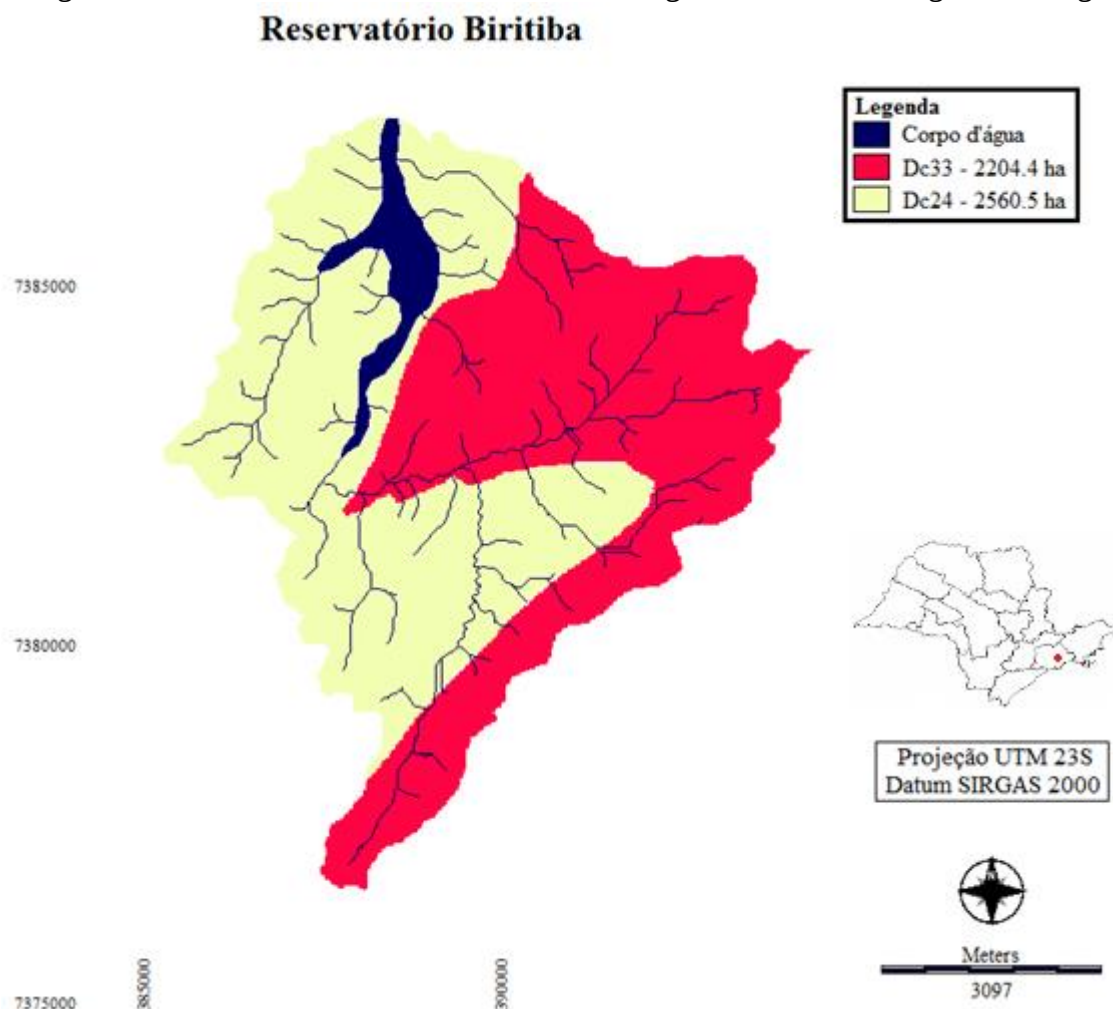
Fonte: CPRM, 2006.

Os dados do Quadro 45 são exatamente iguais aos do reservatório de Guarapiranga. O “Planalto de São Paulo” corresponde apenas com o vermelho de cima em que o reservatório está estabelecido na Figura 33. No reservatório de Taiaçupeba há estritamente a predominância de rochas sedimentares detríticas como areia quartzosa, cascalho, silte, argila, arenito, siltito e argilito, conforme as informações contidas no Quadro 46.

5.19. RESERVATÓRIO BIRITIBA

O reservatório Biritiba está situado no município de Biritiba-Mirim e rio denominado Biritiba.

Figura 34 – Reservatório Biritiba, sua bacia hidrográfica e as texturas geomorfológicas



Fonte: autoria própria.

Quadro 47 – Características geomorfológicas, geológicas e pedológicas da bacia Biritiba

Unidade Morfoestrutural		Unidade Morfoescultural	
Cinturão Orogênico do Atlântico		Planalto Atlântico	
PLANALTO DE PARAÍTINGA/PARAIBUNA			
Cinturão Orogênico do Atlântico		Planalto Atlântico	
PLANALTO PAULISTANO/ALTO TIETÊ			
Formas de Relevo			
Modelado Dominante	Altimetria (m)	Declividade Dominante (%)	
Morros altos e alongados	900 a 1200 ou 800 a 900	20 a 30	
Morros altos e médios	800 a 1000	10 a 20	

Solos Dominantes	Litologias Dominantes
Cambissolos e Neossolos	Granitos e Gnaisses
Argissolo Vermelho-Amarelo, Cambissolos	Granitos, Migmatitos, Gnaisses e Micaxistos

Fonte: Ross & Moroz, 1997.

Quadro 48 – Estrutura geológica da bacia Biritiba

RESERVATÓRIO BIRITIBA		
Éon	Era	Período
Fanerozoico	Paleozoico	Cambriano
Proterozoico	Neoproterozoico	Ediacariano
UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA	Província Mantiqueira, Terreno Serra do Mar, Magmatismo relacionado ao Orógeno Araçuaí-Rio Doce	
	Granitos peraluminosos, tipo S (εαγ4S): Taiaçupeba (ta)	
	Província Mantiqueira, Terreno Serra do Mar	
	Granitos calcialcalinos, tipo I (NP3αγ2I): Cruz do Alto (ca)	
	Complexo Costeiro	
	Unidade ortognáissica (NPccog): ortognaisse migmatítico cálcio-alcalino, (hornblenda)-biotita granitoide gnáissico porfiroide e augen gnaiss	
Unidade de gnaisses peraluminosos (NPccgp): gnaiss kinzigítico com núcleos antigos como restitos biotíticos, rocha calcissilicática e anfibolito		
Domínio Tectônico		
Orógeno Araçuaí-Rio Doce - Magmatismo pós-orogênico - Cambriano		
Orógeno Araçuaí-Rio Doce - Magmatismo metaluminoso sin a tardi-orogênico - Neoproterozoico		
Terreno Serra do Mar - Depósitos supracrustais - Neoproterozoico		

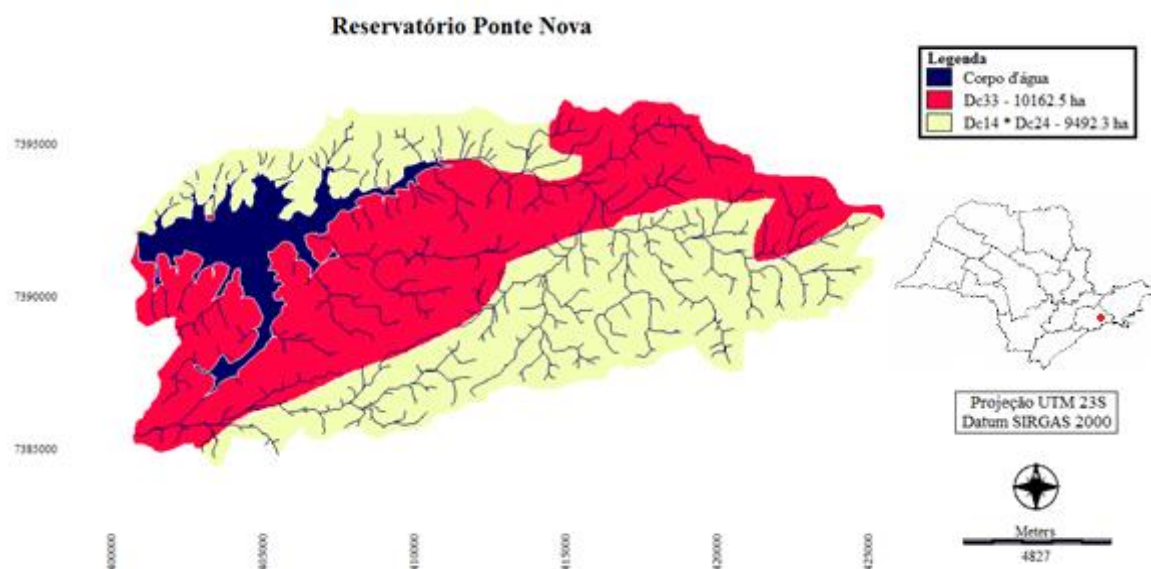
Fonte: CPRM, 2006.

A área dessa bacia está dividida em dois compartimentos geomorfológicos diferentes conforme ilustram a Figura 34 e o Quadro 47. Para o reservatório de Biritiba há como dominância (Quadro 48) os granitos, gnaisses, migmatitos e anfibolitos. O kinzigito é uma rocha metamórfica, geralmente representada por fácies de gnaiss, muito aluminoso, rica em granada almandínica e biotita, e com teores variáveis de cordierita, quartzo, ortoclásio, sillimanita/cianita, plagioclásio (MINEROPAR, 2016).

5.20. RESERVATÓRIO PONTE NOVA

O reservatório Ponte Nova tem sua localização no rio Tietê e território do município de Salesópolis, cidade da nascente do Rio Tietê.

Figura 35 – Reservatório Ponte Nova, sua bacia hidrográfica e as texturas geomorfológicas



Fonte: autoria própria.

Quadro 49 – Características geomorfológicas, geológicas e pedológicas da bacia Ponte Nova

Unidade Morfoestrutural		Unidade Morfoescultural	
Cinturão Orogênico do Atlântico		Planalto Atlântico	
PLANALTO DE PARAITINGA/PARAIBUNA			
Cinturão Orogênico do Atlântico		Planalto Atlântico	
PLANALTO PAULISTANO/ALTO TIETÊ			
Formas de Relevo			
Modelado Dominante	Altimetria (m)	Declividade Dominante (%)	
Morros altos e alongados	900 a 1200 ou 800 a 900	20 a 30	
Morros altos e médios	800 a 1000	10 a 20	
Solos Dominantes		Litologias Dominantes	
Cambissolos e Neossolos		Granitos e Gnaisses	
Argissolo Vermelho-Amarelo, Cambissolos		Granitos, Migmatitos, Gnaisses e Micaxistos	

Fonte: Ross & Moroz, 1997.

Quadro 50 – Estrutura geológica da bacia Ponte Nova

RESERVATÓRIO PONTE NOVA		
Éon	Era	Período
Fanerozoico	Cenozoico	Neógeno - Holoceno
Proterozoico	Neoproterozoico	Ediacariano
UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA	Depósitos Aluvionares (Q2a): areia, areia quartzosa, cascalheira, silte, argila e, localmente, turfa.	
	Província Mantiqueira, Terreno Serra do Mar	
	Granitos calcialcalinos, tipo I (NP3ay2l): Cruz do Alto (ca)	
	Complexo Costeiro	
	Unidade de gnaisses peraluminosos (NPccgp): gnaiss kinzigítico com núcleos antigos como restitos biotíticos, rocha calcissilicática e anfibolito	
	Unidade granito gnáissica migmatítica (NPccgm): hornblenda-biotita gnaiss granitoide porfiroide e augen gnaiss	
Domínio Tectônico		
Coberturas superficiais - Cenozoico		
Orógeno Araçuaí-Rio Doce - Magmatismo metaluminoso sin a tardi-orogênico - Neoproterozoico		
Terreno Serra do Mar - Rochas ortoderivadas - Neoproterozoico		
Terreno Serra do Mar - Depósitos supracrustais - Neoproterozoico		

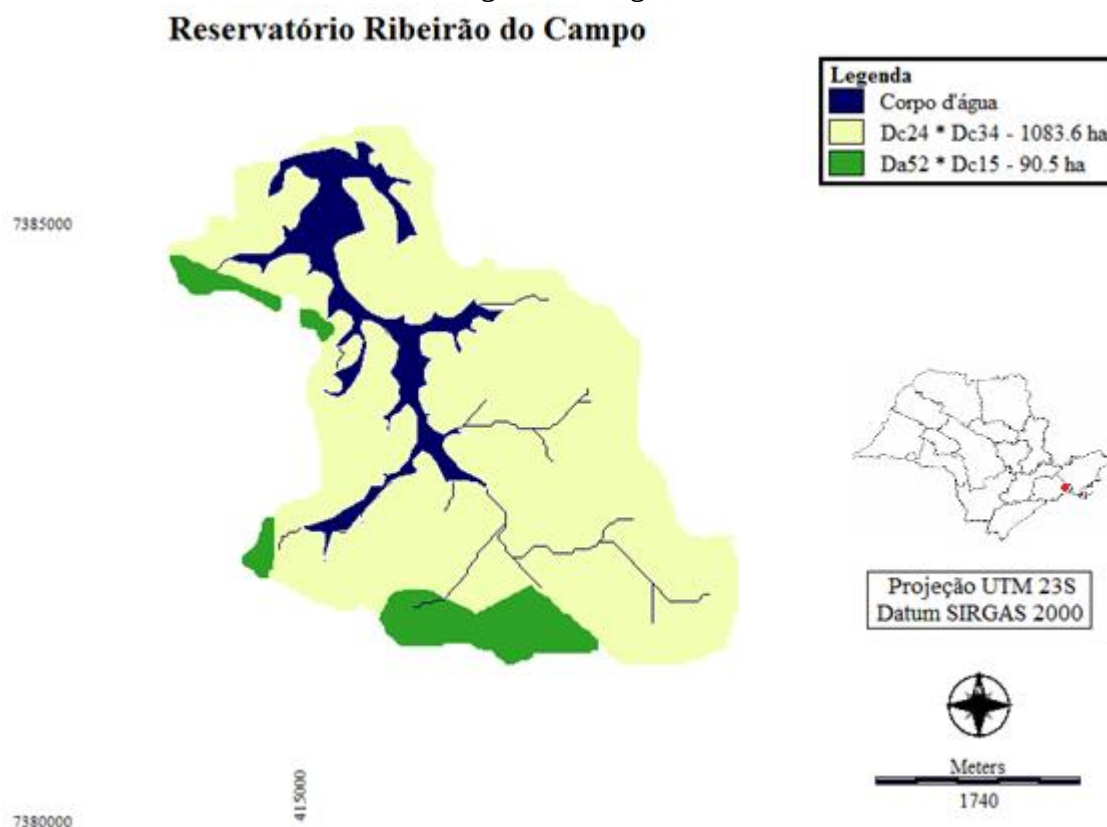
Fonte: CPRM, 2006.

O amarelo da parte de cima do reservatório (Figura 35) representa o “Planalto Paulistano/Alto Tietê”, o vermelho e o amarelo debaixo correspondem ao “Planalto de Paraitinga/Paraibuna” (Quadro 49). A dominância geológica desse reservatório está nos depósitos aluvionares, granitos, gnaisses, anfibolitos, migmatitos, hornblenda e granitoides (Quadro 50).

5.21. RESERVATÓRIO RIBEIRÃO DO CAMPO

O Sistema Rio Claro também é um Sistema Produtor de água que abastece a RMSP. A barragem de Ribeirão do Campo tem sua localização no rio homônimo ao sistema no município de Salesópolis.

Figura 36 – Reservatório Ribeirão do Campo, sua bacia hidrográfica e as texturas geomorfológicas



Fonte: autoria própria.

Quadro 51 – Características geomorfológicas, geológicas e pedológicas da bacia Ribeirão do Campo

Unidade Morfoestrutural	Unidade Morfoescultural
Cinturão Orogênico do Atlântico	Planalto Atlântico
PLANALTO DE PARAITINGA/PARAIBUNA	
Cinturão Orogênico do Atlântico	Planalto Atlântico
PLANALTO PAULISTANO/ALTO TIETÊ	
Cinturão Orogênico do Atlântico	Planalto Atlântico
ESCARPA/SERRA DO MAR E MORROS LITORÂNEOS	

Formas de Relevo		
Modelado Dominante	Altimetria (m)	Declividade Dominante (%)
Morros altos e alongados	900 a 1200 ou 800 a 900	20 a 30
Morros altos e médios	800 a 1000	10 a 20
Escarpas e cristas	10 a 1000 ou 10 a 200	> 30 ou 20 a 30
Solos Dominantes		Litologias Dominantes
Cambissolos e Neossolos		Granitos e Gnaisses
Argissolo Vermelho-Amarelo, Cambissolos		Granitos, Migmatitos, Gnaisses e Micaxistos
Cambissolos, Neossolos e Afloramentos rochosos		Granitos, Migmatitos, Gnaisses e Micaxistos

Fonte: Ross & Moroz, 1997.

Quadro 52 – Estrutura geológica da bacia Ribeirão do Campo

RESERVATÓRIO RIBEIRÃO DO CAMPO		
Éon	Era	Período
Proterozoico	Neoproterozoico	Ediacariano
UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA	Complexo Costeiro	
	Unidade ortognáissica (NPccog): ortognaisse migmatítico cálcio-alcalino, (hornblenda)-biotita granitoide gnáissico porfiroide e augen gnaisse	
	Unidade granito gnáissica migmatítica (NPccgm): hornblenda-biotita gnaisse granitoide porfiroide e augen gnaisse	
Domínio Tectônico		
Terreno Serra do Mar - Rochas ortoderivadas - Neoproterozoico		

Fonte: CPRM, 2006.

A área em verde embaixo e no centro da Figura 36 diz respeito à “Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos” do Quadro 51 e pelo Quadro 52 denota-se duas unidades geológicas distintas. No reservatório de Ribeirão do Campo também predomina os gnaisses, migmatitos, hornblendas e granitos.

5.22. RESERVATÓRIO PARAITINGA/SALESÓPOLIS

O reservatório Paraitinga também encontra-se localizado em Salesópolis no rio Paraitinga. Em 2016, o Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) plantou 10 mil mudas de espécies nativas em 6 hectares nas margens desse reservatório com o intuito de recompor as matas ciliares do Programa Nascentes (DAEE, 2017).

Figura 37 – Reservatório Paraitinga, sua bacia hidrográfica e as texturas geomorfológicas



Fonte: autoria própria.

Quadro 53 – Características geomorfológicas, geológicas e pedológicas da bacia Paraitinga

Unidade Morfoestrutural		Unidade Morfoescultural	
Cinturão Orogênico do Atlântico		Planalto Atlântico	
PLANALTO DE PARAITINGA/PARAIBUNA			
Cinturão Orogênico do Atlântico		Planalto Atlântico	
PLANALTO PAULISTANO/ALTO TIETÊ			
Formas de Relevo			
Modelado Dominante	Altimetria (m)	Declividade Dominante (%)	
Morros altos e alongados	900 a 1200 ou 800 a 900	20 a 30	
Morros altos e médios	800 a 1000	10 a 20	
Solos Dominantes		Litologias Dominantes	
Cambissolos e Neossolos		Granitos e Gnaisses	
Argissolo Vermelho-Amarelo, Cambissolos		Granitos, Migmatitos, Gnaisses e Micaxistos	

Fonte: Ross & Moroz, 1997.

Quadro 54 – Estrutura geológica da bacia Paraitinga

RESERVATÓRIO PARAÍTINGA		
Éon	Era	Período
Proterozoico	Neoproterozoico	Ediacariano
Proterozoico	Neoproterozoico	Criogeniano
UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA	Magmatismo Domínio Embu	
	Granitoides foliados peraluminosos, tipo S (NP3ey1S): Santa Catarina (sc)	
	Complexo Costeiro	
	Unidade de gnaisses peraluminosos (NPccgp): gnaiss kinzigítico com núcleos antigos como restitos biotíticos, rocha calcissilicática e anfibolito	
	Complexo Embu	
	Unidade de xistos, localmente migmatíticos (NPexm): muscovita-biotita-quartzo xisto com cianita, estaurolita, granada, sillimanita e quartzo xisto com muscovita, biotita, granada e plagioclásio alternados ritmicamente, intercalações de rocha calcissilicática, anfibolito e metaultramáfica	
Domínio Tectônico		
Terreno Embu - Magmatismo peraluminoso sin a tardi-orogênico - Neoproterozoico		
Terreno Embu - Depósitos terrígenos de origem incerta - Neoproterozoico		
Terreno Serra do Mar - Depósitos supracrustais - Neoproterozoico		

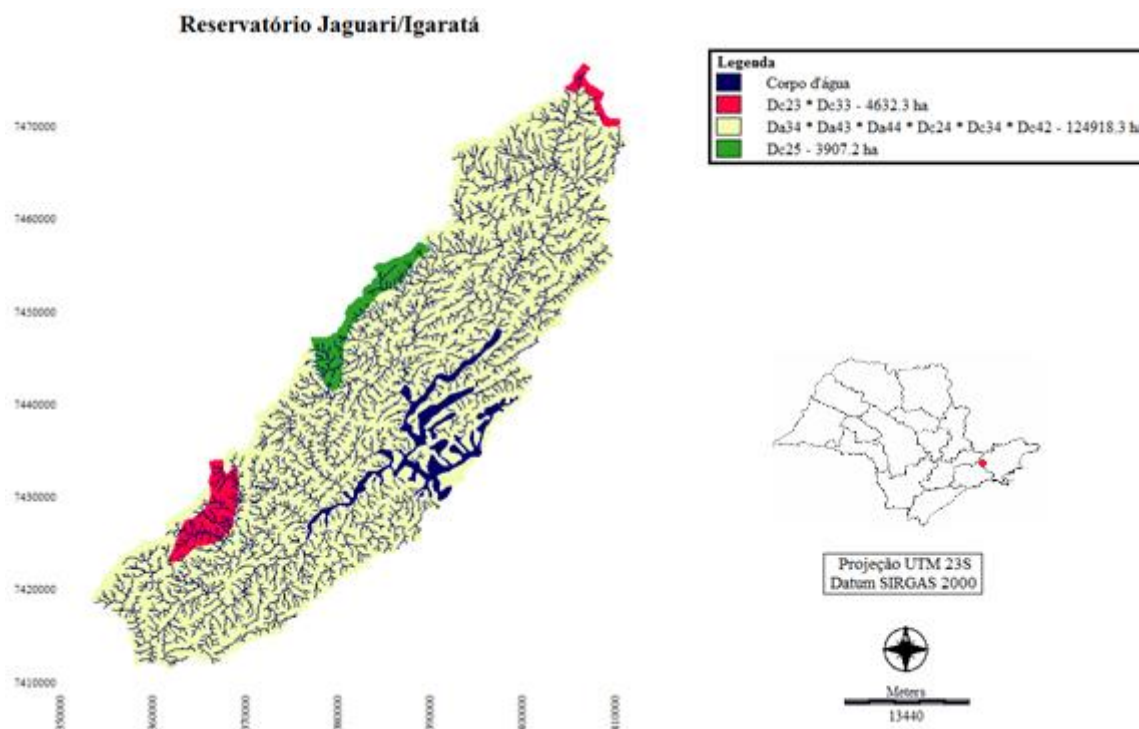
Fonte: CPRM, 2006.

A área em amarelo correspondente com a inserção do reservatório da Figura 37 condiz com a unidade do “Planalto Paulistano/Alto Tietê” do Quadro 53 e todo o restante da bacia pertence ao “Planalto de Paraitinga/Paraibuna”. Constitui-se como geologia dominante no reservatório de Paraitinga os granitoides, granitos, gnaisses, rochas calcissilicáticas, anfibolito e migmatitos (Quadro 54).

5.23. RESERVATÓRIO JAGUARI/IGARATÁ

A bacia do Atlântico Sudeste, onde localiza-se a UGRHI 2 – composta pelos reservatórios de Jaguari/Igaratá, Santa Branca e Paraibuna, é banhada por rochas de escudos antigos e diferentes faixas de dobramento, atravessando parcialmente, junto à costa, depósitos sedimentares diversos, sobretudo cenozoicos (BARTORELLI 2012). O reservatório Jaguari localizado no rio Jaguari e município de Igaratá está exposto juntamente com sua bacia na Figura 38 todo ele estando assentado sobre o “Planalto e Serra da Mantiqueira” (Quadro 55).

Figura 38 – Reservatório Jaguari, sua bacia hidrográfica e as texturas geomorfológicas



Fonte: autoria própria.

Quadro 55 – Características geomorfológicas, geológicas e pedológicas da bacia Jaguari

Unidade Morfoestrutural		Unidade Morfoescultural
Cinturão Orogênico do Atlântico		Planalto Atlântico
PLANALTO E SERRA DA MANTIQUEIRA		
Formas de Relevo		
Modelado Dominante	Altimetria (m)	Declividade Dominante (%)
Escarpas e morros altos	1000 a 2000 ou 700 a 1000	> 30 ou 20 a 30
Solos Dominantes		Litologias Dominantes
Cambissolos, Neossolos e Afloramentos rochosos		Granitos, Gnaisses e Migmatitos

Fonte: Ross & Moroz, 1997.

Quadro 56 – Estrutura geológica da bacia Jaguarí

RESERVATÓRIO JAGUARI/IGARATÁ		
Éon	Era	Período
Proterozoico	Neoproterozoico	Ediacariano
Proterozoico	Neoproterozoico	Criogeniano
UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA	Província Mantiqueira, Terreno Embu, Magmatismo Domínio Embu	
	Granitoides foliados calcialcalinos de alto K, tipo I (NP3ey2I): Santa Isabel (si)	
	Província Mantiqueira, Terreno Apiaí, Formação Iporanga	
	Granitoides foliados, quimicamente indiferenciados (NP3py2): Morro Claro/Imbiruçu (mc)	
	Granitoides foliados, quimicamente indiferenciados (NP3py2): Morro Azul/Igaratá (mi)	
	Província Mantiqueira, Terreno Apiaí, Grupo São Roque	
	Formação Estrada dos Romeiros (NP3srer): biotita-sericita filito, por vezes bandado ou com lentes de filito metarenito, metarcóseo, quartzito, calcissilicática, anfibolito, 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.	
	Complexo Embu	
	Unidade paragnáissica (NPepg): muscovita-granada-sillimanita-biotita gnaiss migmatítico, biotita gnaiss tonalítico a granodiorítico; xisto gnaisssoide e biotita gnaiss quartzoso	
Domínio Tectônico		
Terreno Embu - Magmatismo metaluminoso sin-orogênico - Neoproterozoico		
Terreno Embu - Depósitos terrígenos de origem incerta - Neoproterozoico		

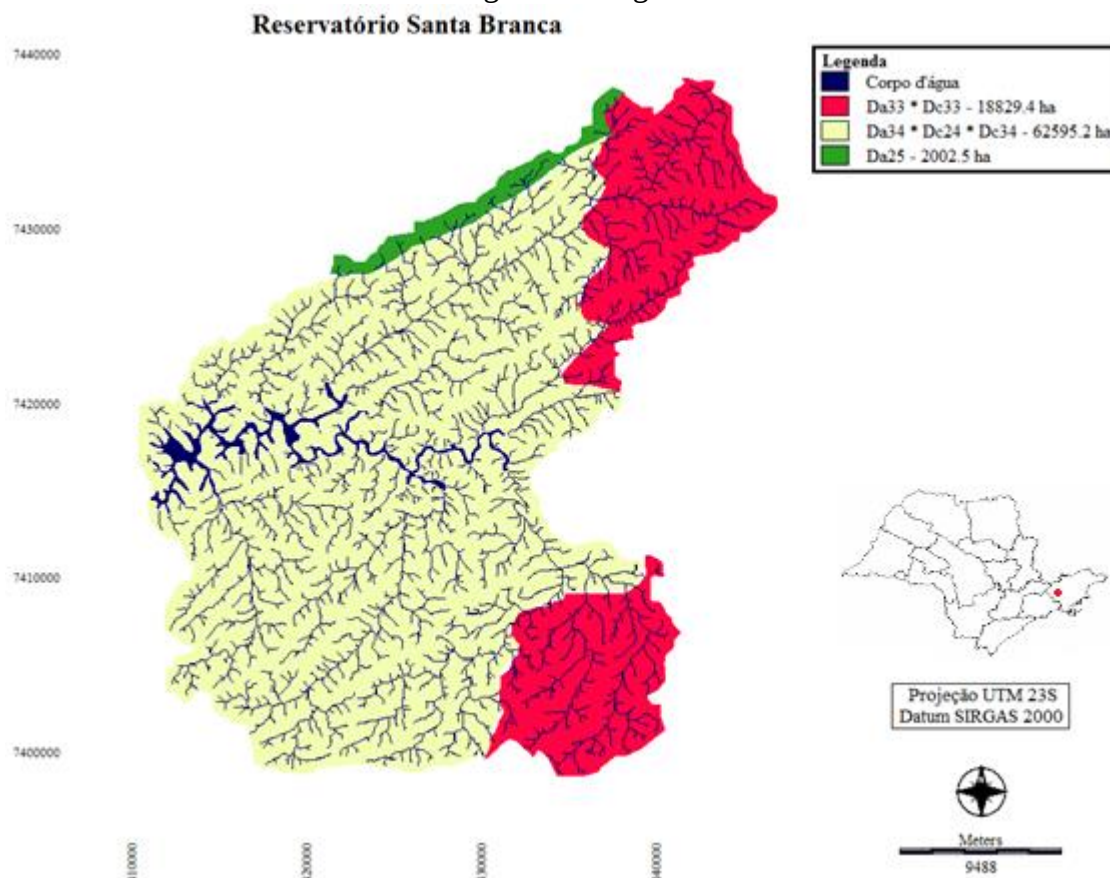
Fonte: CPRM, 2006.

Através da análise do Quadro 56, percebe-se a ocorrência de granitoides, minerais do grupo das micas como a biotita e a sericita. Arcósios são rochas sedimentares detríticas de granulação entre 0,02 e 2 mm, formado por fragmentos de quartzo, rica em feldspato (mais de 25%) e pouca argila. É geralmente o produto de decomposição de granitos e gnaisses em climas áridos (MINEROPAR, 2016). Os arcósios, arenitos, anfibolitos, quartzito, conglomerado e o mineral hematita encontram-se também na área do reservatório de Jaguarí.

5.24. RESERVATÓRIO SANTA BRANCA

O reservatório de Santa Branca está localizado no município de mesmo nome no rio Paraíba do Sul. O “Planalto de Paraitinga/Paraibuna” tem predominantemente o domínio das áreas dessa bacia, com apenas uma pequena porção a noroeste – em verde – sobre a “Depressão do Médio Paraíba” (Figura 39 e Quadro 57).

Figura 39 – Reservatório Santa Branca, sua bacia hidrográfica e as texturas geomorfológicas



Fonte: autoria própria.

Quadro 57 – Características geomorfológicas, geológicas e pedológicas da bacia Santa Branca

Unidade Morfoestrutural		Unidade Morfoescultural
Cinturão Orogênico do Atlântico		Planalto Atlântico
PLANALTO DE PARAITINGA/PARAIBUNA		
Bacia Sedimentar Cenozoica/Depressão Tectônica		Depressão do Médio Paraíba
DEPRESSÃO DO MÉDIO PARAÍBA		
Formas de Relevo		
Modelado Dominante	Altimetria (m)	Declividade Dominante (%)
Morros altos e alongados	900 a 1200 ou 800 a 900	20 a 30
Colinas de topos convexos	600 a 700	10 a 20

Solos Dominantes	Litologias Dominantes
Cambissolos e Neossolos	Granitos e Gnaisses
Latossolo Vermelho-Amarelo	Arenitos, Folhelhos e Argilitos

Fonte: Ross & Moroz, 1997.

Quadro 58 – Estrutura geológica da bacia Santa Branca

RESERVATÓRIO SANTA BRANCA		
Éon	Era	Período
Proterozoico	Neoproterozoico	Ediacariano
Proterozoico	Neoproterozoico	Criogeniano
Arqueano	Neo-Arqueano	---
UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA	Província Mantiqueira, Terreno Embu, Magmatismo Domínio Embu	
	Granitoides foliados peraluminosos, tipo S (NP3ey1S)	
	Complexo Embu	
	Unidade paragnáissica (NPepg): muscovita-granada-sillimanita-biotita gnaiss migmatítico, biotita gnaiss tonalítico a granodiorítico; xisto gnaissóide e biotita gnaiss quartzoso	
	Complexo Rio Capivari (A4PPr): Biotita-hornblenda gnaiss migmatítico, quartzo diorítico-onalítico com leucossoma trondhjemitico, granodiorítico ou granítico; ortognaiss granítico a tonalítico; intercalações de anfibolito e calcissilicática	
Domínio Tectônico		
Terreno Embu - Magmatismo peraluminoso sin a tardi-orogênico - Neoproterozoico		
Terreno Embu - Ortognaisses metaluminosos - Neoproterozoico		
Terreno Embu - Depósitos terrígenos de origem incerta - Neoproterozoico		
Terreno Embu - Remanescentes ortognáissicos - Arqueano		

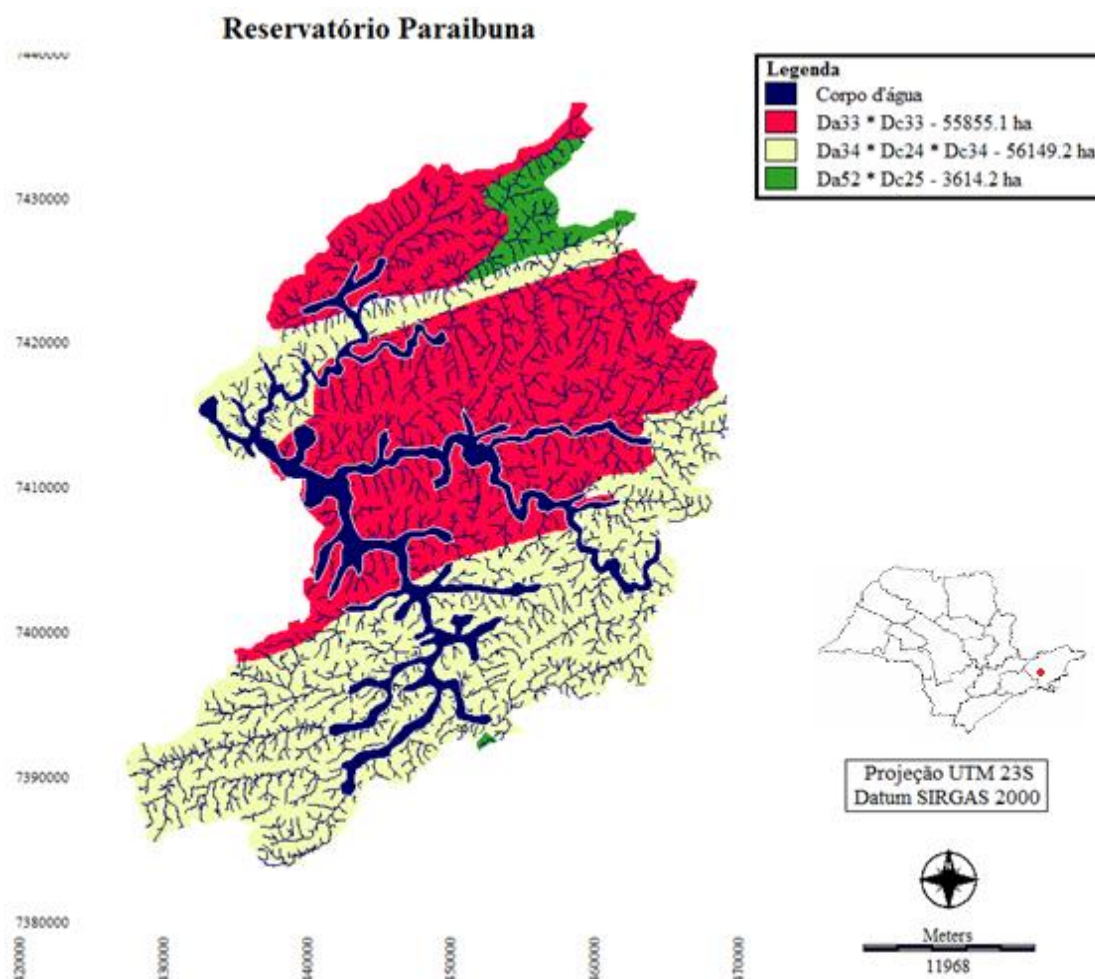
Fonte: CPRM, 2006.

Por meio da análise do Quadro 58 conclui-se que o elemento geológico NPepg também está presente no reservatório de Santa Branca, assim como no Jaguari e de Paraibuna. Além desses integrantes, há também granitoides, o mineral hornblenda, gnaiss, migmatitos, quartzo, diorito, anfibolito e o tonalito, que é uma rocha ígnea plutônica com componentes essenciais quartzo, plagioclásio, biotita e/ou hornblenda (CPRM, 2016).

5.25. RESERVATÓRIO PARAIBUNA

O reservatório de Paraibuna está localizado nos municípios de Paraibuna, Natividade da Serra e Redenção da Serra no rio Paraíba do Sul com sua área total fixada sobre o “Planalto de Paraitinga/Paraibuna” (Figura 40 e Quadro 59).

Figura 40 – Reservatório Paraibuna, sua bacia hidrográfica e as texturas geomorfológicas



Fonte: autoria própria.

Quadro 59 – Características geomorfológicas, geológicas e pedológicas da bacia Paraibuna

Unidade Morfoestrutural		Unidade Morfoescultural
Cinturão Orogênico do Atlântico		Planalto Atlântico
PLANALTO DE PARAITINGA/PARAIBUNA		
Formas de Relevo		
Modelado Dominante	Altimetria (m)	Declividade Dominante (%)
Morros altos e alongados	900 a 1200 ou 800 a 900	20 a 30
Solos Dominantes		Litologias Dominantes
Cambissolos e Neossolos		Granitos e Gnaisses

Fonte: Ross & Moroz, 1997.

Quadro 60 – Estrutura geológica da bacia Paraibuna

RESERVATÓRIO PARAIBUNA		
Éon	Era	Período
Fanerozoico	Paleozoico	Cambriano
Proterozoico	Neoproterozoico	Ediacariano
Proterozoico	Neoproterozoico	Criogeniano
UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA	Província Mantiqueira, Terreno Serra do Mar, Magmatismo relacionado ao Orógeno Araçuaí-Rio Doce	
	Granitos peraluminosos, tipo S (εαγ4S): Natividade da Serra (na)	
	Província Mantiqueira, Terreno Serra do Mar	
	Granitos calcialcalinos, tipo I (NP3αγ2I): Natividade da Serra (nas)	
	Granitos foliados calcialcalinos, tipo I (NP3αγ1I): Ponte Nova-Paraibuna (pn)	
	Província Mantiqueira, Terreno Embu, Magmatismo Domínio Embu	
	Granitoides foliados peraluminosos, tipo S (NP3εγ1S)	
	Granitoides quimicamente indiferenciados (NP3εγ1): Pinheirinho (pi)	
	Província Mantiqueira, Complexo Costeiro	
	Unidade quartzítica (NPccq): quartzito bandado, rocha calcissilicática, granada-sillimanita-biotita-quartzo xisto ou gnaiss; biotita gnaiss tonalito granodiorítico	
Unidade ortognáissica (NPccog): ortognaiss migmatítico cálcio-alcalino, (hornblenda)-biotita granitoide gnáissico porfiroide e augen gnaiss		
Unidade de gnaisses peraluminosos (NPccgp): gnaiss kinzigítico com núcleos antigos como restitos biotíticos, rocha calcissilicática e anfibolito		
Unidade granito gnáissica migmatítica (NPccgm): hornblenda-biotita gnaiss granitoide porfiroide e augen gnaiss		
Complexo Embu		
Unidade paragnáissica (NPeppg): muscovita-granada-sillimanita-biotita gnaiss migmatítico, biotita gnaiss tonalítico a granodiorítico; xisto gnaissóide e biotita gnaiss quartzoso		
Unidade de xistos, localmente migmatíticos (NPexm): muscovita-biotita-quartzo xisto com cianita, estauroлита, granada, sillimanita e quartzo xisto com muscovita, biotita, granada e plagioclásio alternados ritmicamente, intercalações de rocha calcissilicática, anfibolito e metaultramáfica		
Domínio Tectônico		
Orógeno Araçuaí-Rio Doce - Magmatismo pós-orogênico - Cambriano		
Orógeno Araçuaí-Rio Doce - Magmatismo metaluminoso sin a tardi-orogênico - Neoproterozoico		
Terreno Serra do Mar - Rochas ortoderivadas - Neoproterozoico		
Terreno Serra do Mar - Depósitos supracrustais - Neoproterozoico		

Fonte: CPRM, 2006.

De todos os reservatórios apresentados, este é o que mais apresenta diversidade de elementos geológicos na área do reservatório (Quadro 60) com a dominância de granitos e granitoides. Ademais, salienta-se a existência de quartzito, gnaiss, migmatito, hornblenda, muscovita, sillimanita, granada e anfibolito.

Todas as informações dos Quadros referentes à Estrutura geológica da bacia dos reservatórios está apresentado no Quadro 61 com uma visão abrangente de todas as bacias. Essa sobreposição dos dados deixa em destaque a terceira coluna as informações que são semelhantes para as outras bacias também e o que está em preto é porque trata-se de um embasamento geológico exclusivo para a referida bacia dentre as estudadas aqui.

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 nessas áreas de estudo são: alumínio (Al), ferro (Fe), potássio (K), magnésio (Mg), sódio (Na), titânio (Ti), cálcio (Ca), bário (Ba), chumbo (Pb), rubídio (Rb), cério (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).

Com relação ao datum do mapa base geomorfológico de Ross & Moroz (1997), as imagens do satélite GLS-Landsat 5 e as drenagens são diferentes e por isso a conversão para SIRGAS 2000 foi feita apenas nos mapas finais a fim de evitar empecilho durante a execução do trabalho. Por conta disso, reconhece-se a dificuldade de se trabalhar com diferentes fontes de informação (feitas por diferentes pessoas e/ou instituição) e em diferentes escalas.

Quadro 61 – Estrutura geológica das bacias separadas por UGRHI

Reservatório	UGRHI	Unidade Litoestratigráfica
Lobo	13	J3K1bt, Qce, Q2a
Armando de Salles Oliveira	4	NPvog
Euclides da Cunha	4	NP3sy1C(jd)
Graminha	4	NPvog, NPvm, NP3sy(cc), NP3sy1C(jd)
Jaguari/Igaratá	2	NPpeg, NP3srer, NP3py2(mi), NP3py2(mc), NP3ey2l(si),
Santa Branca	2	A4PPr, NPpeg, NP3ey1S
Paraibuna	2	NPexm, NPpeg, NPccgm, NPccgp, NPccog, NPccq, NP3ey1(pi), NP3ey1S, NP3ay1l(pn), NP3ay2l(nas), εay4S(na)
Salto Grande	5	C2P1i, K1δsg, ENrc
Jundiá Mirim	5	NPvm
Cachoeira	5	NPvog, NPvm
Atibainha	5	MP2si, NPvm, NP3sy1S(np), NP3py2(ju), NP3py2l(pe)
Jaguari	5	NPvog, NP3sy1l(bp), NP3sy3A(pc)
Cabuçu	6	MP2si
Paiva Castro	6	NP3sy1l(ma), NP3srer
Rasgão	6	NP3sy1l(sr), NP3srer
Pirapora	6	NP3srpv, NP3srer, NP3py(po), NP3sy1l(it)
Graças	6	MP1vot
Pedro Beicht	6	NPexm
Guarapiranga	6	NPexm, NPpeg, Er, Q2a
Billings	6	NPexm, NPpeg, NP3ey1S(tl), Er, Q2a
Ponte Nova	6	NPccgm, NPccgp, NP3ay2l(ca), Q2a
Taiáçupeba	6	Esp, Q2a
Ribeirão do Campo	6	NPccgm, NPccog
Paraitinga	6	NPexm, NPccgp, NP3ey1S(sc)
Biritiba	6	NPccgp, NPccog, NP3ay2l(ca), εay4S(ta)

Fonte: CPRM , 2006.

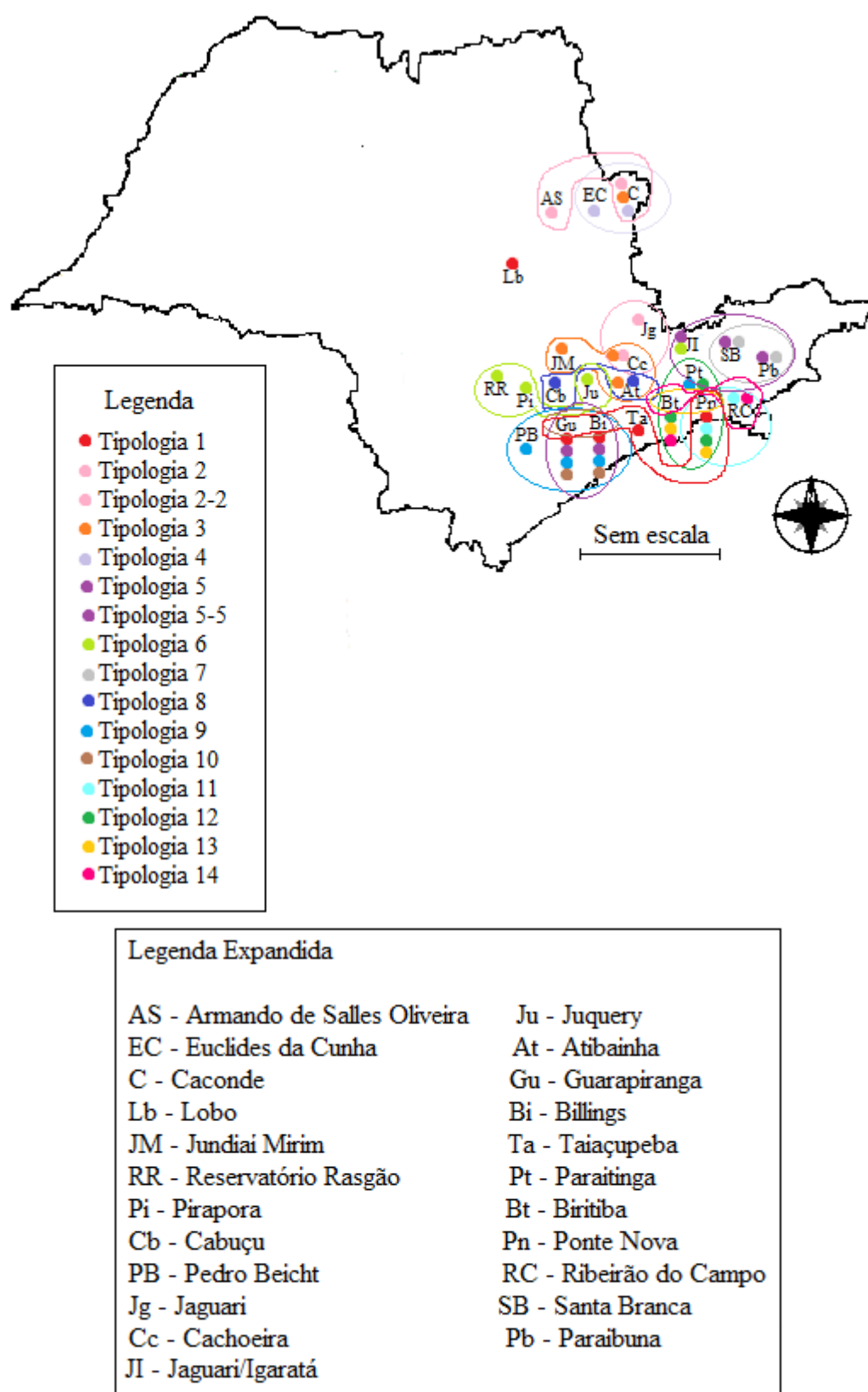
A partir da análise do Quadro 61 deriva-se outro dado (Quadro 62) que são os componentes geológicos em comum para outros reservatórios. Com esse dado permite-se estabelecer as tipologias de reservatórios usando a variável geologia em comum de cada reservatório de acordo com a proximidade geográfica desses elementos. A Figura 41 elucida as tipologias resultantes da análise.

Quadro 62 – Componente geológico semelhante para outros reservatórios

Unidade Litoestratigráfica	Reservatório
 Q2a	Lobo, Guarapiranga, Billings, Ponte Nova e Taiacupeba
 NPvog	Armando de Salles Oliveira, Graminha, Cachoeira e Jaguari
 NPvm	Graminha, Jundiá Mirim, Cachoeira e Atibainha
 NP3sy1C(jd)	Euclides da Cunha e Graminha
 NPepg	Jaguari/Igaratá, Santa Branca, Paraibuna, Guarapiranga e Billings
 NP3srer	Jaguari/Igaratá, Paiva Castro, Rasgão e Pirapora
 NP3ey1S	Santa Branca e Paraibuna
 MP2si	Atibainha e Cabuçu
 NPexm	Pedro Beicht, Guarapiranga, Billings e Paraitinga
 Er	Guarapiranga e Billings
 NPccgm	Ponte Nova e Ribeirão do Campo
 NPccgp	Ponte Nova, Paraitinga e Biritiba
 NP3ay2l(ca)	Ponte Nova e Biritiba
 NPccog	Ribeirão do Campo e Biritiba

Fonte: CPRM, 2006.

Figura 41 – Espacialização da tipologia de reservatórios a partir da variável geologia



Fonte: autoria própria

Constata-se a existência de 14 tipologias de reservatórios utilizando como variável a geologia. Dessas 14, 2 delas são do mesmo componente geológico, mas em diferente região geográfica. São elas: Armando de Salles Oliveira e Graminha representados pela UGRHI 4 e Cachoeira e Jaguari pela UGRHI 5 com o elemento NPvog e Jaguari/Igaratá, Santa Branca e Paraibuna da UGRHI 2 e Guarapiranga e Billings da UGRHI 6 com o elemento NPpeg.

Para algumas das outras 12 tipologias criadas, há algumas que tem o reservatório excluído da tipologia por estar relativamente distante da região abrangente do domínio de seu componente geológico, essas situações estão presentes na tipologia 1 com o reservatório Lobo excluído do grupo Guarapiranga, Billings, Ponte Nova e Taiaçupeba com o elemento Q2a. A tipologia 3 com o reservatório Graminha excluído do grupo Jundiá Mirim, Cachoeira e Atibainha com o elemento NPvm. A tipologia 6 com o reservatório Jaguari/Igaratá excluído do grupo Paiva Castro, Rasgão e Pirapora com o elemento NP3srr. E a tipologia 9 com o reservatório Paraitinga excluído do grupo Pedro Beicht, Guarapiranga e Billings com o elemento NPexm.

As tipologias 4, 7, 8, 10, 11, 12, 13 e 14 abrangem todos os reservatórios dentro da tipologia proposta por meio da informação geológica.

No tocante as informações dos dados geomorfológicos, foram encontradas 8 classes do Planalto Atlântico do “Cinturão Orogênico do Atlântico” que são: *Planalto do Alto Rio Grande*, *Planalto de Serra Negra/Lindoia*, *Planalto de Jundiá*, *Planalto e Serra da Mantiqueira*, *Planalto de Ibiúna/São Roque*, *Planalto Paulistano/Alto Tietê*, *Planalto de Paraitinga/Paraibuna* e *Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos*, 2 classes do Planalto Ocidental Paulista da “Bacia Sedimentar”, são eles: *Planalto Centro Ocidental* e *Planalto Residual de São Carlos* e 1 classe da Depressão Periférica Paulista também da “Bacia Sedimentar do Paraná” representada pela *Depressão Moji-Guaçu* e 3 classes da “Bacia Sedimentar Cenozoica/Depressão Tectônica” mais especificamente as ditas *Pequenas Planícies Fluviais*, *Planalto de São Paulo* e *Depressão do Médio Paraíba*.

6. CONCLUSÕES

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.

Nesse sentido, segundo a análise da composição geológica obteve-se como resultado 14 tipologias e a expectativa para os próximos trabalhos é a obtenção de dados geoquímicos para servir de análise e preenchimento do banco de dados, que tem o objetivo de auxiliar na gestão, visto que a maior parte das informações estão dispersas dificultando o gerenciamento dos recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

AES TIETÊ. Disponível em: <http://www.aestiete.com.br/geracao/Paginas/nossas-usinas.aspx#conteudo>. Acesso em: 18 jul. 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Disponibilidade e demandas de Recursos Hídricos no Brasil, 2005. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/planejamento/planos/pnrh/VF%20DisponibilidadeDemanda.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: 2013. Disponível em: http://arquivos.ana.gov.br/institucional/spr/conjuntura/PDFs%20agregados/ANA_Conjuntura_Recurso_Hidricos_Brasil_capitulos_.pdf. Acesso em: 18 abr. 2016.

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

AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; PELICICE, F. M. Os reservatórios brasileiros e sua ictiofauna. In: **Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil**. Maringá: Eduem, 2007. p.39-106.

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.

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. ATLAS DE ENERGIA ELÉTRICA DO BRASIL. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas3ed.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2016

AOYAGUI, A. S. M.; BONECKER, C. C.; TÔHA, F. A. L.; VELHO, L. F. M. **Estrutura e dinâmica dos rotíferos no reservatório de Corumbá (GO), Brasil**. Acta Scientiarum (UEM) (Cessou em 2002), Maringá-PR, v. 25, n.1, p. 31-39, 2003.

ARGENTO, M, S, F.; CRUZ, C, B, M. Mapeamento Geomorfológico. In: **Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações**. Cunha, S. B. Guerra, A. J. T. (orgs), 2 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002.

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.

- BARBOSA, F. A. R.; PADISÁK, J.; ESPÍNDOLA, E. L. G.; BORICS, G.; ROCHA, O. The Cascading Reservoir Continuum Concept (CRCC) and its application to the river Tietê-Basin, São Paulo State, Brazil. In: Tundisi, J. G.; Straškraba, M. (eds) **Theoretical Reservoir Ecology and its Applications**. São Carlos: International Institute of Ecology/Brazilian Academy of Sciences, 1999. p. 425–437.
- BARRELLA, W. et al. As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO; H. F. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.
- BARTORELLI, A. Contexto geológico e evolução da rede hidrográfica do Brasil. In: **Geologia do Brasil**. HASUI, Y.; CARNEIRO, C. D. R.; ALMEIDA, F. F. M.; BARTORELLI, A. (orgs) São Paulo: Beca, 2012 p.574-610.
- 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.
- BOSCARDIN BORGHETTI, N. R.; BORGHETTI, J. R.; ROSA FILHO, E. F. **Aquífero Guarani: A verdadeira integração dos países do Mercosul**. Curitiba, 2004. 214p.
- 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. Acesso em 20 jun. 2016
- BRITO NEVES, B. B. **Inventário hidrogeológico básico do Nordeste**: Folha 24 – Aracajú - SO. Recife: SUDENE. 1972. 284 p. (Série Hidrogeologia, Volume 26).
- CALIJURI, M. C.; BUBEL, A. P. M. Conceituação de Microbacias. In: LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. (Orgs.) **As florestas plantadas e a água**: Implementando o conceito da microbacia hidrográfica como unidade de planejamento. São Carlos – SP: RiMa, 2006. p.45-59.
- CARDOSO-SILVA, S; PAIVA, T. C. B; POMPÊO, M. L. M. O processo de implantação da Diretiva Quadro da Água na Comunidade Européia. **Saneas**, v.12, nº 40, p.18-22, 2011.
- 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. Acesso em: 23 nov. 2016.

CARVALHO, R. G. As Bacias Hidrográficas Enquanto Unidades de Planejamento e Zoneamento Ambiental no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente – SP. N.36, Volume especial, p. 26-43, 2014

CAZULA, L. P.; MIRANDOLA, P. H. **Bacia Hidrográfica – Conceitos e importância como unidade de planejamento: um exemplo aplicado na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado/SP - Brasil**. Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros, Seção Três Lagoas, v. 12, p. 101-124, 2010.

CBDB (COMITÊ BRASILEIRO DE BARRAGENS), disponível em:
<<http://www.cbdb.org.br/5-38/Apresenta%C3%A7%C3%A3o%20das%20Barragens>>
Acesso em 06 abr. 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

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

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° 3. **Analysis of Pressures and Impacts**. 148p. 2003c.

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. 2003d.

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. 2003e.

CIS - Common Implementation Strategy For The Water Framework Directive (2000/60/EC). Guidance Document N° 6. **Towards a guidance on establishment of the intercalibration network and the process on the intercalibration exercise**. 47p. 2003f.

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. 2003j.

CNRH. Resolução n. 32, de 15 de outubro de 2003. Deliberações. Resoluções. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2003.

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

CUNHA, D. G. F. **Heterogeneidade espacial e variabilidade temporal do reservatório de Itupararanga: uma contribuição ao manejo sustentável dos recursos hídricos da bacia do rio Sorocaba (SP)**. 2012. 235 p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

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. 2005. p.211-252

CUNHA, S. B. Bacias Hidrográficas. In: **Geomorfologia do Brasil**. Cunha, S. B.; Guerra, A. J. T. (orgs.) Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2006. 4ed. p.229-271.

DAEE. Programa Nascentes. Disponível em: http://www.daee.sp.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=1588:programa-nascentes-daee-conclui-primeira-etapa-do-reservatorio-de-paraitinga&catid=48:noticias&Itemid=53. Acesso em 10 fev. 2017.

EC - European Commission/Environment/Water/Water Framework Directive. Disponível em: http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/info/timetable_en.htm. Acesso em 27 jun. 2016.

EPE (Empresa de Pesquisa Energética), Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2015. Disponível em <http://www.epe.gov.br/AnuarioEstatisticodeEnergiaEletrica/Anu%C3%A1rio%20Estat%C3%ADstico%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%202015.pdf> Acesso em 06 abr. 2016

FLORENZANO, T. G. **Imagens de Satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

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.

GLCF – Global Land Cover Facility. Disponível em: <http://glcf.umd.edu/data/gls/>. Acesso em 04 jul. 2016

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

HASUI, Y. A grande colisão Pré-Cambriana do sudeste brasileiro e a estruturação regional. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 29, p. 141-169, 2010.

HENRY, R. **Ecologia de reservatórios**: Estrutura, Função e Aspectos sociais. Botucatu: FUNDIBIO/FAPESP. 800p. 1999.

IBGE. Sala de Imprensa. Disponível em:
<http://saladeimprensa.ibge.gov.br/noticias?view=noticia&id=1&busca=1&idnoticia=2972>.
 Acesso em: 17 nov. 2016.

IPT. Mapa geológico do Estado de São Paulo, 1964.

JACOMINE, P. K. T. **A nova classificação brasileira de solos**. Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica, Recife, vols. 5 e 6, p.161-179, 2008-2009.

KELMAN, J.; Pereira, M. V. F.; Neto, T. A. A.; Sales, P. R. H.; Vieira, A. M. Hidreletricidade, 2006. In: Rebouças, A. C.; Braga, B.; Tundisi, J. G. (orgs.) **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras, p.507-544

KIMMEL, B. L.; LIND, O. T; PAULSON, L. J. Reservoir Primary Production. In: **Reservoir Limnology: Ecological Perspectives**. Thornton, K. W.; Kimmel, B. L.; Payne, F. E. New York: John Wiley & Sons, Inc; 1990. p. 133-193

LANDAU, E. C.; GUIMARÃES, D. P. **Análise comparativa entre os modelos digitais de elevação ASTER, SRTM e TOPODATA**. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Curitiba, Brasil, INPE, p.4003-4010, 2011.

LEINZ, V.; LEONARDOS, O. H. **Glossário geológico**. São Paulo: Companhia editora nacional e USP, 1971.

LIMA, A. **Zoneamento Ecológico-Econômico à luz dos direitos socioambientais**. Curitiba: Juruá, 288p., 2009.

LOEB, S. L. 1994. An ecological context for biological monitoring. In: Loeb, S. L. & Spacie, A. (eds.) **Biological monitoring of aquatic systems**. Boca Raton, Lewis. p.3-7.

MARGALEF, R. **Ecologia**. Barcelona: Omega, S. A. 1998. 951p.

MARQUES, J. S. Ciência Geomorfológica. In: **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Guerra, A. J. T.; Cunha, S. B. São Paulo: Bertrand Brasil, 6 ed. 2005. p.23-50.

MELLO, F. M. Barragens com grandes reservatórios em pauta. In: **Revista Fundações & Obras Geotécnicas**. São Paulo – SP. p. 06-12, 2014. Disponível em:
<http://www.anebrasil.org.br/ane2014/images/pdf/artigos/h-barragens-grandes-reservatorios.pdf>. Acesso em: 12 maio 2015.

MINEROPAR – Serviço Geológico do Paraná, Glossário de termos geológicos. Disponível em: <http://www.mineropar.pr.gov.br/modules/glossario/conteudo>. Acesso em 13 jul. 2016

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA. Disponível em:
<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em 28 jun. 2016.

MÜLLER, A. C. **Hidrelétricas, meio ambiente e desenvolvimento**. São Paulo: Makron Books, 1995, pag. 412.

NATARAJAN, A. V. & PATHAK, V. 1987. Man-made reservoirs as managed ecosystems in tropical and subtropical India. In: Michael, G. R. (ed.) **Managed aquatic ecosystems**. Amsterdam, Elsevier. p. 93-109.

PARRON, L. M.; LIMA, J. E. F. W.; CRUZ, C. J. D.; FRANCISCON, L. Geologia, uso da terra e qualidade dos recursos hídricos superficiais na bacia hidrográfica do Rio Preto, MG. **Revista de Estudos Ambientais**. v.11, p. 59-70, 2009.

PISSARRA, Teresa Cristina; POLITANO, Walter. A bacia hidrográfica no contexto do uso do solo com florestas. IN: VALERI, Sérgio Valiengo. et al. (Ed.). **Manejo e recuperação florestal: legislação, uso da água e sistemas agroflorestais**. Jaboticabal: Funep, 2003. p. 29-54.

POPP, J. H. **Geologia Geral**. Rio de Janeiro: LTC, 5ed. 376p, 1998.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. Gestão de Bacias Hidrográficas. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 43-60, 2008.

ROCHA, A. A. A Bacia Hidrográfica como Unidade de Gestão da Água. In: II Seminário Luso-Brasileiro: Agricultura Familiar e Desertificação, 2008, João Pessoa - PB. Editora Universitária da UFPB, 2008.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; LEAL, A. C. Planejamento ambiental de bacias hidrográficas desde a visão da geoecologia da paisagem. In: FIGUEIRÓ, A. S.; FOLETO, E (org.). **Diálogos em geografia física**. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2011.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: FFLCH-USP/IPT/FAPESP, 1997.

SABESP. Região Metropolitana de São Paulo. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=36>. Acesso em: 14 nov. 2016.

SANTOS, H. G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. **Conceitos de Bacias Hidrográficas: teorias e aplicações**. Ilhéus, BA : Editus, 2002. 289p

Secretaria do Meio Ambiente. Legislação Ambiental. Lei Estadual Nº 9.034, de 27 de dezembro de 1994. Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/lei/1994/1994-Lei-9034.pdf>. Acesso em: 17 maio 2016.

SEMA – SECRETARIA DO ESTADO DO MEIO AMBIENTE. **Termo de referência para o programa de recuperação ambiental da Bacia Billings**. São Paulo: Coordenadoria de Planejamento Ambiental, 1999. 828 p.

SENDACZ, S.; KUBO, E. Zooplâncton de Reservatórios do Alto Tietê, Estado de São Paulo. In: Henry, R. (editor). **Ecologia de Reservatórios: Estrutura, Função e Aspectos Sociais**. Botucatu: FUNDIBIO: FAPESP, 1999.

SENDACZ, S.; MONTEIRO JUNIOR, A. J.; MERCANTE, C. T.; MENEZES, L. C. B.; MORAES, J. F. Sistemas em Cascata: Concentrações e cargas de nutrientes no Sistema Produtor Alto Tietê, São Paulo. In: **Ecologia de reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata**. Nogueira, M. G.; Henry, R.; Jorcín, A. (orgs.) São Carlos: RiMa, 2ed, 2006.

SILVEIRA, A. L. L. et al.; **Seleção ambiental de barragens**: Análise de favorabilidades ambientais em escala de bacia hidrográfica. Santa Maria: Ed. UFSM, 2005. 390p.

SILVEIRA, A. L. L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: **Hidrologia: ciência e aplicação**. Tucci, C. E. M. (org.) Porto Alegre: ABRH. Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007. p. 35-52.

SISTEMA INTEGRADO DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO. SigRH. Indicadores para Gestão dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo. Disponível em:
http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/7421/indicadores_gestao_rs_2013.pdf. Acesso em 27 jun. 2016

SISTEMA INTEGRADO DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO. SigRH. Disponível em:
<http://www.sigrh.sp.gov.br/cbhtj/apresentacao>. Acesso em: 18 jul. 2016.

SPERLING, E. von. **Morfologia de lagos e represas**. Belo Horizonte: DESA/UFMG. 138 p, 1999.

STRAŠKRABA, M.; TUNDISI, J. G. Reservoir Ecosystem Functioning: Theory and Application. In: Tundisi, J. G.; Straškraba, M. (eds) **Theoretical Reservoir Ecology and its Applications**. São Carlos: International Institute of Ecology/Brazilian Academy of Sciences, 1999. p. 565 - 583

TEMPLETON, D. M.; ARIESE, F.; CORNELIS, R.; DANIELSSON, L. G.; MUNTAU, H.; VAN LEEUWEN, H. P.; LOBIŃSKI, R. Guidelines for terms related to chemical speciation and fractionation of elements. Definitions, structural aspects, and methodological approaches. *Pure and Applied Chemistry*, vol. 72, p. 1453-1470. 2000.

THORNTON, K. W. Perspectives on Reservoir Limnology. In: **Reservoir Limnology: Ecological Perspectives**. Thornton, K. W.; Kimmel, B. L.; Payne, F. E. New York: John Wiley & Sons, Inc; 1990. p. 1-13

TUNDISI, J. G. Reservatórios como Sistemas Complexos: Teoria, Aplicações e Perspectivas para Usos Múltiplos. In: **Ecologia de Reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais**. Henry, R. ed. Botucatu: FUNDIBIO: FAPESP, p 19-38. 1999.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos. Ed. RiMa, IIE, 251p, 2ed, 2005.

TUNDISI, J. G. Gerenciamento Integrado de Bacias Hidrográficas e Reservatórios – Estudos de Caso e Perspectivas. In: NOGUEIRA, M. G.; HENRY, R.; JORCIN, A. (orgs.)

Ecologia de reservatórios: Impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata. 2a Ed. Sao Carlos: RiMa, 2006. p. 1-21.

TUNDISI, J. G. Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos. In: **Revista USP**, São Paulo – SP, nº 70, p. 24-35, 2006.

TUNDISI, J. G. **Recursos hídricos no Brasil:** problemas, desafios e estratégias para o futuro. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2014.

TUNDISI, J. G.; Matsumura-Tundisi, T.; CIMINELLI, V. S.; BARBOSA, F. A. **Water availability, water quality water governance:** the future ahead. Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences, v. 366, p. 75-79, 2015.

USGS – United States Geological Survey. Disponível em:
http://landsat.usgs.gov/science_GLS.php. Acesso em 04 jul. 2016

VALERIANO, M. M. **Modelo Digital de Elevação com dados SRTM disponíveis para a América do Sul.** São José dos Campos: INPE, 72p, 2004.

WICANDER, R.; MONROE, J. S. **Fundamentos de Geologia.** Revisão técnica Maurício Antônio Carneiro. São Paulo: Cengage Learning, 508p., 2009.

YASSUDA, E. R. Gestão de recursos hídricos: fundamentos e aspectos institucionais. **Rev. Adm. Púb.**, Rio de Janeiro. v.27, n.2, p.5-18, 1993.