

MEIO AMBIENTE, GEOLOGIA-GEMORFOLOGIA E DISPONIBILIDADE HÍDRICA NA BACIA HIDROGRÁFICA GUANDU/RIO DE JANEIRO

*ENVIRONMENT, GEOLOGY-GEMORFOLOGY AND WATER AVAILABILITY IN THE
GUANDU RIVER BASIN/RIO DE JANEIRO*

*MEDIO AMBIENTE, GEOLOGÍA-GEMORFOLOGÍA Y DISPONIBILIDAD DE AGUA
EN LA CUENCA DE GUANDU/RIO DE JANEIRO*

PAULO ROBERTO PALHARES REIS JUNIOR ¹
FLÁVIO RODRIGUES DO NASCIMENTO ²

¹ Pós-graduação em Geografia da Universidade Estadual do Rio de Janeiro/UERJ.
E-mail: palhares.geo@gmail.com , ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9016-007X>

² Professor do Programa de Pós-graduação em Geografia das Universidade Federal do Ceará/UFC e Universidade Federal Fluminense/UFF.
E-mail: flaviogeo@uf.br, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7382-6853>

RESUMO

A Bacia Hidrográfica do Rio Guandu/BHG, faz parte do sistema Guandu que é o principal fornecedor de água do Rio de Janeiro/RJ. Atende a mais da metade da população residente na Região Metropolitana desta cidade. Tal sistema está relacionado ao maior complexo de estruturas hidráulicas do Estado e viabiliza a geração de energia elétrica, a criação de uma série de empreendimentos econômicos na Região hidrográfica 2, um dos mais importantes do Brasil. Além de possuir a maior Estação de Tratamento de Água/ETA da América Latina. Por essas e outras características peculiares, o cenário ambiental da BHG é único no país e precisa ser melhor conhecido. A BHG está inserida na Província Geotectônica Mantiqueira e se estende até a reentrância costeira Baía de Sepetiba. Como tal, apresenta condições geológicas e geomorfológicas diversas e complexas que influenciam, direta e indiretamente, na disponibilidade, vazão e aporte de recursos hídricos, de superfície e de subsuperfície. As condições geológicas, por meio de poços predominam como principais fontes hídricas na região para usos múltiplos de águas, sobretudo industrial, para além própria ETA que capta as águas superficiais.

Palavras-Chaves: Bacia Hidrográfica Guandu/Sistema Guandu, Suprimento de água, Geologia, Geomorfologia

ABSTRACT

The Guandu River Basin/GRB is part of the Guandu system, which is the main water supplier of Rio de Janeiro/RJ. It serves more than half of the population living in the Metropolitan Region of this city. This system is related to the largest complex of hydraulic structures in the State and enables the generation of electricity, the creation of a series of economic enterprises in the Hydrographic Region 2, one of the most important in Brasil. In addition to having the largest Water Treatment Station/WTA in Latin America. For these and other peculiar characteristics, GRB's environmental scenario is unique in the country and needs to be better known. GRB is inserted in the Mantiqueira Geotectonic Province and extends to the coastal recess Sepetiba Bay. As such, it presents diverse and complex geological and geomorphological conditions that, directly and indirectly, influence the availability, flow and intake of water, surface and subsurface resources. Geological conditions, through wells, predominate as the main water sources in the region for multiple uses of water, especially industrial, in addition to WTA itself that captures surface waters.

Key-words: Guandu River Basin/Guandu System. Water supply. Geology. Geomorphology.

RESUMEN

La Cuenca del Río Guandu/CRB es parte del Sistema Guandu, que es el principal proveedor de agua de Rio de Janeiro/RJ. Atiende a más de la mitad de la población que vive en la Región Metropolitana de esta ciudad. Este sistema está relacionado con el mayor complejo de estructuras hidráulicas del Estado y permite la generación de electricidad, la creación de una serie de empresas económicas en la Región Hidrográfica 2, una de las más importantes de Brasil. Además de contar con la Estación de Tratamiento de Agua/ETA más grande de América Latina. Por estas y otras características peculiares, el escenario ambiental de CRB es único en el país y necesita ser mejor conocido. CRB se encuentra en la Provincia Geotectónica de Mantiqueira y se extiende hasta el recoveco costero de la Bahía de Sepetiba. Por lo tanto, presenta diversas y complejas condiciones geológicas y geomorfológicas que influyen directa e indirectamente en la disponibilidad, flujo y contribución de los recursos hídricos, superficiales y subsuperficiales. Las condiciones geológicas, a través de pozos, predominan como las principales fuentes de agua en la región para múltiples usos del agua, especialmente industrial, además de la propia ETA que capta aguas superficiales.

Palabras clave: Cuenca del río Guandu/Sistema Guandu. Abastecimiento de agua. Geología. Geomorfología

INTRODUÇÃO, LOCALIZAÇÃO E ASPECTOS AMBIENTAIS

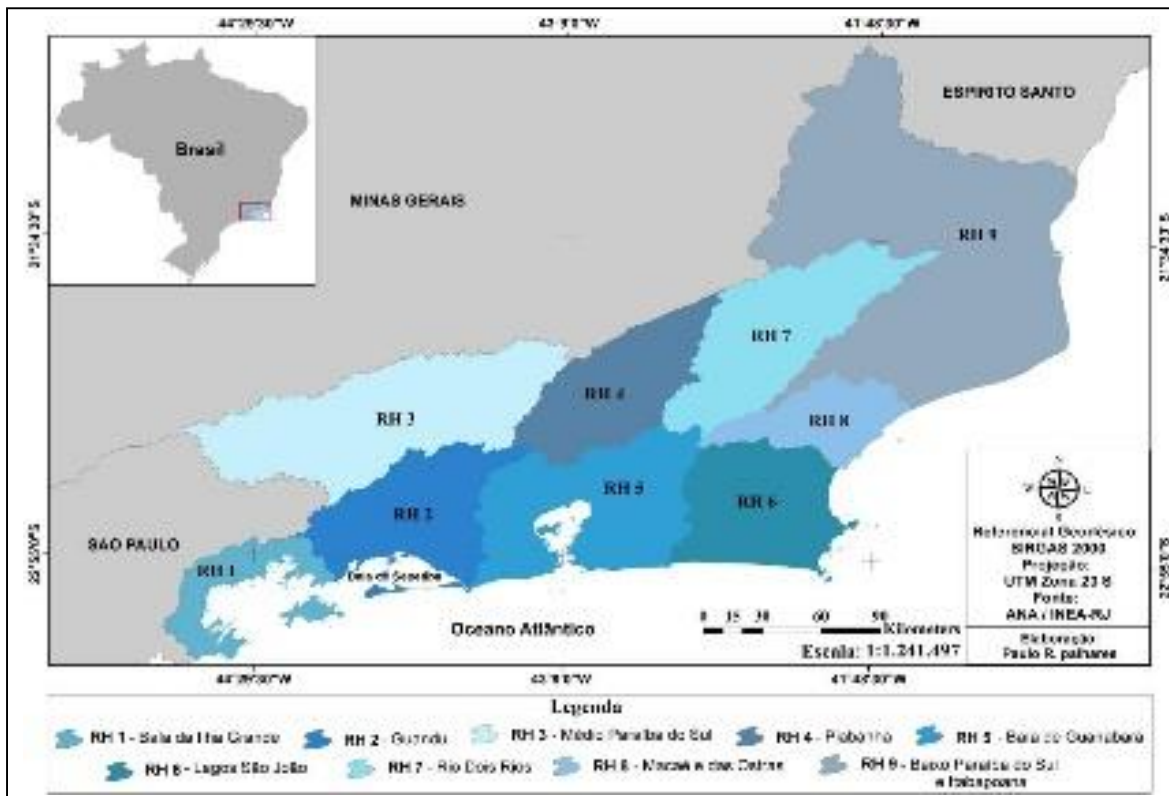
Através da Lei Complementar Federal nº 20, de 1º de julho de 1974, que dentre outras ações, fundiu os Estados da Guanabara e do Rio de Janeiro, foi criada a Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro – RMRJ. A realização deste recorte espacial atendeu os anseios e necessidades do controle político-administrativo de áreas cujos domínios e afinidades as distinguem das demais áreas do Estado. O número de municípios pertencentes a esta região foi sendo alterado ao longo do tempo, e hoje abarca 21 municipais, concentrando uma população com cerca de 12 milhões de pessoas, 73,7% da população total do Estado (CEPERJ, 2013). Ocupa o segundo lugar no *ranking* das Regiões Metropolitanas mais populosas do país ficando atrás apenas da Região Metropolitana de São Paulo - RMSP (IBGE, 2010).

A Metrópole Fluminense centraliza capital, infraestrutura e força de trabalho. Reúne a maior parte das indústrias do Estado em parques industriais bastante diversificados. Aglutina serviços altamente especializados nos setores financeiro, comercial, educacional e de saúde, assim como órgãos públicos federais estratégicos, como universidades, bases militares, porto e aeroportos. Entretanto, enfrenta problemas quanto à mobilidade urbana, segurança pública além de reunir a maior parte dos bolsões de misérias (incluindo sérios problemas com saneamento básico e ambiental) encobertos pelo protagonismo econômico da região no cenário Nacional.

Outro ponto a ser levantado é o intenso processo de degradação ambiental, em função dos usos e atividades degradantes dos recursos naturais, especialmente das coleções hídricas (REIS JUNIOR E NASCIMENTO, 2022). A impermeabilização do solo, o aumento de efluentes domésticos e industrial, e principalmente a degradação das bacias hidrográficas, com a supressão das matas e florestas em áreas de recarga estão entre os principais problemas de estiagem das águas interiores (NASCIMENTO, 2011). É neste contexto que a Região Hidrográfica 2/RH 2 (classificação Estadual de RH no RJ), ou seja, a Bacia Hidrográfica do Guandu, objeto de estudo se inserida. Detém os principais aportes de águas, incluindo o Sistema Guandu (Figura 1) no tratamento de água e mananciais responsáveis pelo abastecimento de grande parte da RMRJ.

Denominada Bacia do Guandu, a RH 2 compreende inúmeras sub-bacias hidrográficas, além de três bacias principais sendo todas contribuintes à Baía de Sepetiba, todas consideradas estratégicas para o suprimento de recursos naturais para todo o Estado. Ocupa uma área total de 5.968 km², e sua instituição sucedeu a criação do Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CERHI pela Lei nº 3.239/1990, formando um órgão colegiado, responsável pela promoção e implementação de diretrizes da Política Estadual de Recursos Hídricos - PERH. Pela resolução nº 107 de 22 de maio de 2013, o Conselho definiu nove Regiões Hidrográficas para o Estado do Rio de Janeiro (Figura 2), contribuindo efetivamente com a governança das águas Estaduais no tocante à gestão dos Comitês de bacia.

Figura 1: Regiões Hidrográficas do Rio de Janeiro segundo classificação do INEA.



Fonte: Elaborado com base em ANA (2017); INEA (2017).

As Bacias Hidrográficas incluídas na RH 2 são as dos rios Guandu, da Guarda e Guandu-Mirim, localizadas no litoral Sul-Sudoeste do Estado, entre os paralelos 22°35' e 23° S e pelos meridianos 43°30' e 44° WG. Para Moura et. al. (1982) este conjunto paisagístico está contido na Bacia da Baía de Sepetiba e integra três subsistemas principais, o da Serra do Mar e Maciços Costeiros (do Gericinó- Mendanha e da Pedra Branca), a Baixada de Sepetiba, e a Baía propriamente dita (Figura 2).

O principal rio da RH 2 passa a ter o nome de Guandu a partir da confluência com o Rio Santana, com extensão total de 48 Km, cuja foz é na Baía de Sepetiba. O seu curso final leva o nome de Canal de São Francisco, retificado pelas obras do Departamento Nacional de Obras de Saneamento - DNOS na década de 1950. Tem como principais afluentes os Rios São Pedro, Poços e Santana, Ribeirão das Lajes, Rio dos Macacos, Rio Queimados e Rio Ipiranga. (ANA, 2006).

O Rio da Guarda deságua na Baía de Sepetiba, a Oeste da foz do rio Guandu. Seu principal formador é o Valão dos Bois, com nascentes que se situam na vertente Nordeste da Serra da Cachoeira. Trata-se de um canal com cerca de 35 km de extensão e área de drenagem de 131,4 km². Pode-se dizer que o estirão caracterizado como Rio da Guarda se inicia após a confluência do Valão dos Bois com o Rio Piloto e se desenvolve ao longo de aproximadamente sete quilômetros até a sua foz na Baía de Sepetiba (ANA, 2006). A maior parte da bacia do Rio da Guarda está contida no território municipal de Seropédica e o aspecto ambiental de maior destaque nesta bacia, notadamente, é a extração de areia em cava, atividade de grande importância econômica do município e para o abastecimento do mercado da construção civil na Região Metropolitana do Rio de Janeiro e localidades adjacentes.

O Rio Guandu Mirim nasce na Serra do Mendanha, com o nome de Guandu do Sena. Logo em seguida, troca de nome para o Rio da Prata do Mendanha até a confluência com o Rio Guandu Sapê, quando passa a se chamar Guandu Mirim. Suas águas ingressam no Canal D.

Pedro II e, posteriormente, no Canal Guandu, que deságua na Baía de Sepetiba. O seu curso total tem cerca de 40,5 Km. Os principais afluentes do Rio Guandu Mirim são, pela margem direita, os Rios Guandu do Sapê e Cabenga, Guarajuba, dos Cachorros; e, pela margem esquerda, o Rio Campinho (ANA, 2006). Apenas dois municípios fazem parte desta bacia, Rio de Janeiro e Nova Iguaçu, sendo ambos consideráveis vetores de crescimento urbano.

Ao todo, 15 municípios fazem parte da RH 2. Os municípios de Engenheiro Paulo de Frontin, Itaguaí, Japeri, Mangaratiba, Paracambi, Queimados e Seropédica estão totalmente inseridos, enquanto Barra do Pirai, Mendes, Miguel Pereira, Nova Iguaçu, Pirai, Rio Claro, Rio de Janeiro e Vassouras estão apenas em parte (Tabela 1).

Tabela 1: Participação das unidades municipais na Região Hidrográfica 2.

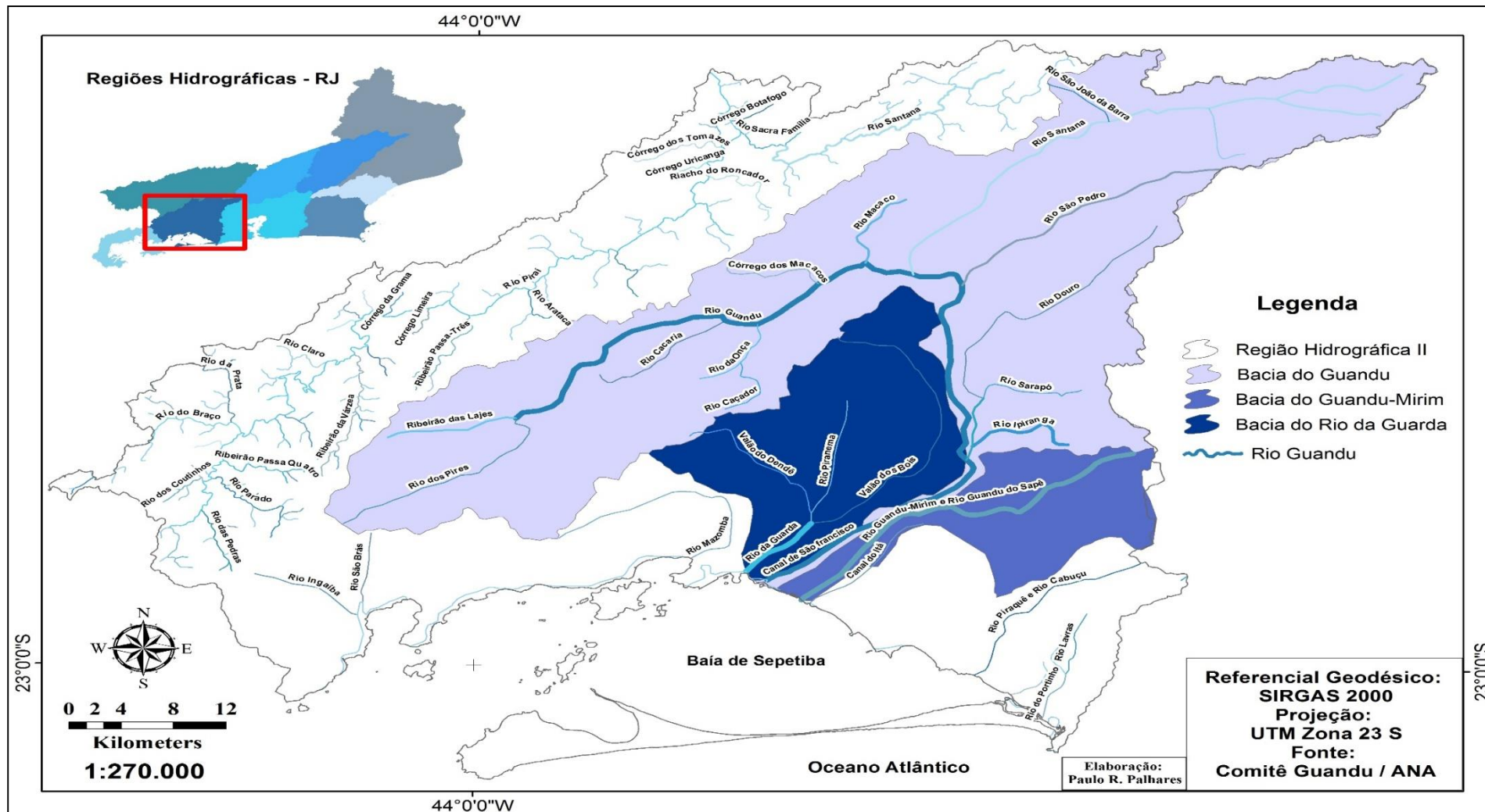
Unidade Municipal	Área total	Área na RH II	
	(Km ²)	(Km ²)	(%)
Barra do Pirai	584,61	45,83	1,23
Engenheiro Paulo de Frontin	139,81	139,81	3,75
Mendes	95,32	74,83	2,01
Miguel Pereira	287,93	252,5	6,78
Paracambi	190,95	190,95	5,13
Pirai	490,25	395,43	10,62
Rio Claro	846,79	798,99	21,46
Vassouras	535,64	40,98	1,1
Mangaratiba	360,52	360,52	9,68
Japeri	81,69	81,69	2,2
Seropédica	283,63	283,63	7,62
Nova Iguaçu	520,80	259,67	6,98
Queimados	75,70	75,70	2,03
Itaguaí	273,36	273,36	7,34
Rio de Janeiro	1.200,17	464,69	12,48
Total	5.967,17	3.722,79	100

Fonte: Elaborada com base em IBGE (2017); AGEVAP (2017)

O mapa a seguir evidencia as informações do Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CERHI acerca da rede de drenagem da RH 2. Na Bacia do Guandu mais de 65% da drenagem está situada no território administrativo de quatro Municípios, sendo eles Rio Claro, Miguel Pereira, Nova Iguaçu, e Paracambi (Figura 6) (CERHI, 2013). Portanto, é crucial direcionar ações preservacionistas para os municípios supracitados, especialmente de questões relacionadas ao saneamento básico.

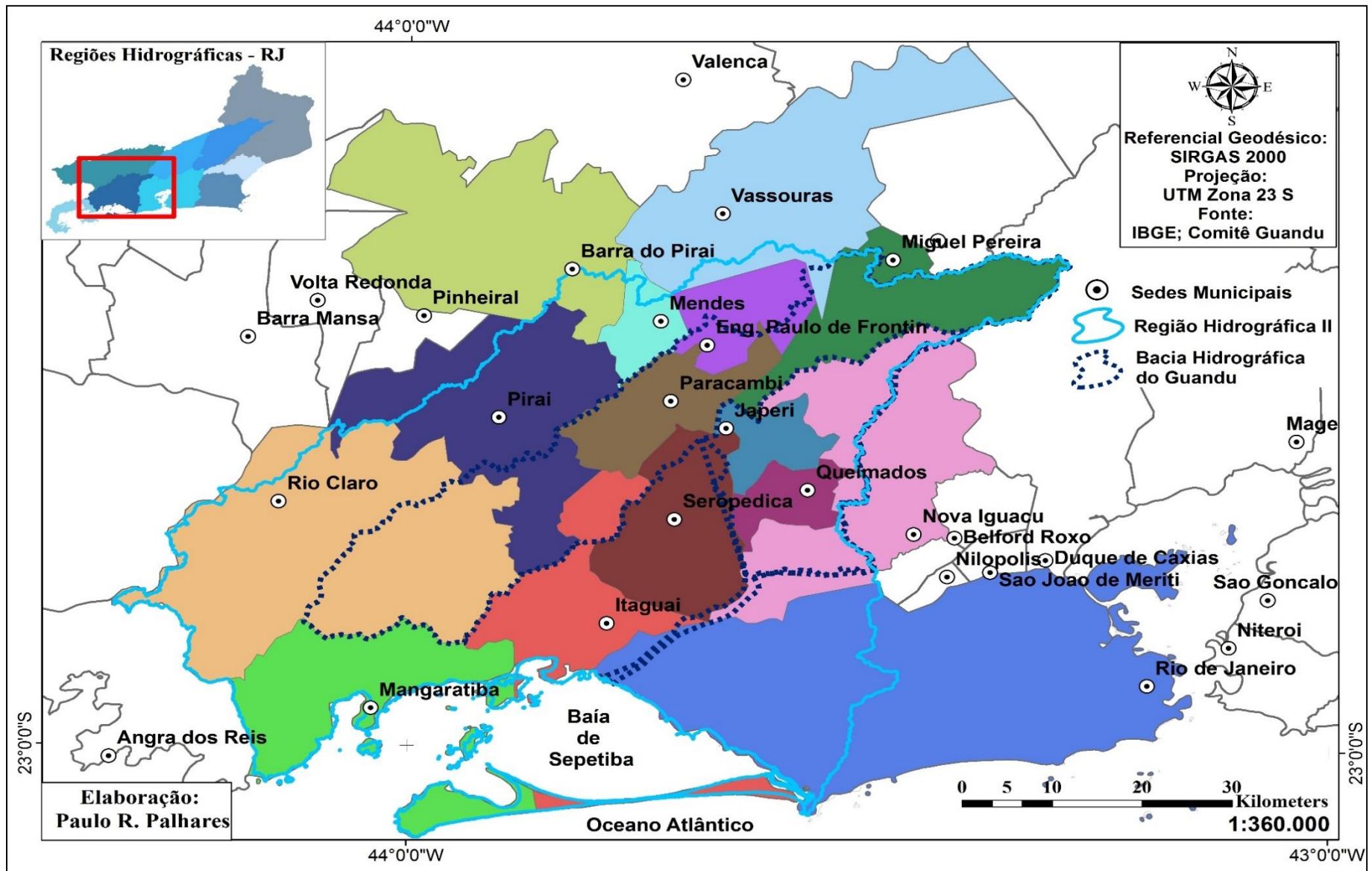
Tal medida visa conter o processo de degradação da bacia, minimizando os impactos da crise hídrica no Estado, mesmo considerando que 2/3 da água que abastece a RMRJ e parte da Baixada Fluminense, seja oriunda da transposição do Rio Paraíba do Sul por um conjunto de objetos e ações que encerram o Sistema Guandu.

Figura 2: Localização e rede drenagem das Principais Bacias Hidrográficas da RH II.



Fonte: Elaborado com base em ANA (2017); Comitê Guandu (2017).

Figura 3: Municipais drenados (integral e parcialmente) pela RH II - Bacia do rio Guandu.



O SISTEMA GUANDU

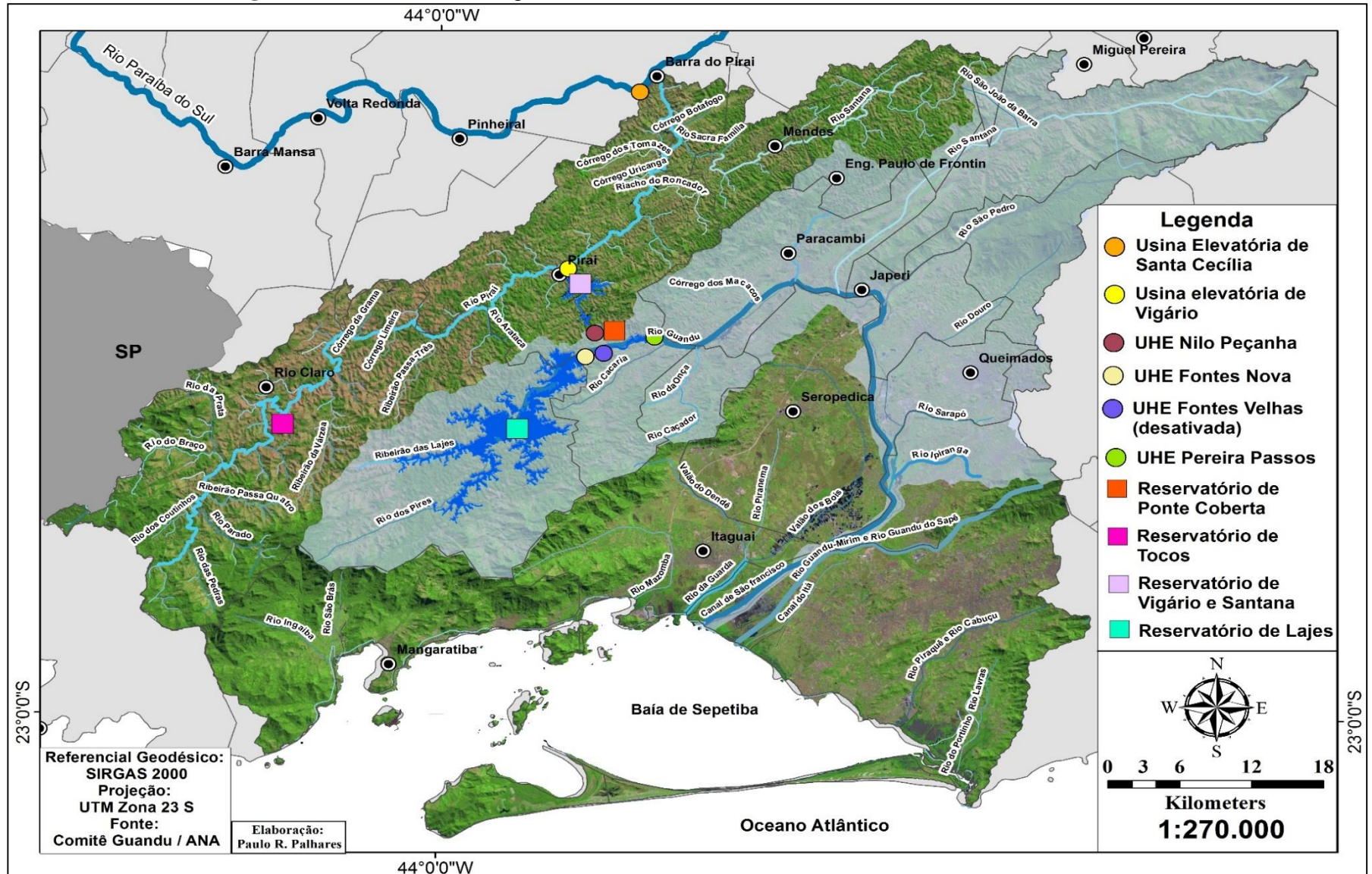
De acordo com a Agência Nacional de Águas – ANA (2010), define-se o Sistema Hídrico do Guandu como sendo formado pelo conjunto de rios, canais, reservatórios, usinas hidrelétricas, estações elevatórias e demais estruturas hidráulicas entre a estação elevatória de Santa Cecília e o canal de São Francisco, interligando as Bacias hidrográficas do Rio Paraíba do Sul com a do Rio Guandu. O sistema compreende uma área que se origina na margem direita do Rio Paraíba do Sul, adjacente ao alto curso da bacia do Guandu. Seguindo em direção ao baixo curso, inclui-se o complexo de Lajes, localizada na Serra das Araras (um setor da Serra do Mar), na divisa dos Municípios de Paracambi e Piraí, cujo rio principal deságua na Baía de Sepetiba entre os Municípios do Rio de Janeiro e Itaguaí (REIS JUNIOR, 2018).

A construção deste complexo começou em 1903, pela então empresa de geração de energia *The Rio de Janeiro Tramway, Light and Power Co.*, atualmente conhecida como Grupo Light Energia. As estruturas atuais configuram o principal sistema de geração da empresa, com capacidade instalada de 612 *megawatts* (LIGHT, 2017). O empreendimento inclui, considerando o território do Estado do Rio de Janeiro, duas usinas elevatórias, Santa Cecília e Vigário, três usinas hidrelétricas, Nilo Peçanha, Fontes Nova, Pereira Passos e cinco reservatórios, Ponte Coberta, Tócos, Vigário, Santana e o reservatório de Lajes (Figuras 7 e 8).

A materialização do sistema teve como pressuposto garantir a geração de energia elétrica e suprir as demandas crescentes no Rio de Janeiro. Posteriormente as águas utilizadas para este fim adquiriram novas funções, dentre elas o abastecimento prioritário da Baixada Fluminense. Atualmente, o sistema é responsável por sustentar o fornecimento de água para mais da metade da população residente na RMRJ, lhe conferindo importância estratégica na conjuntura Estadual.

No entanto, este uso compartilhado da água não seria viável sem a contribuição das águas transpostas do Rio Paraíba do Sul. A Bacia do Rio Guandu apresenta uma disponibilidade hídrica natural de 25 m³/s, sendo que os usos na bacia eram estimados em 57 m³/s, atestando um déficit considerável, insuficiente para atender, inclusive, às demandas prioritárias (FRANZ, 2011). Por este e outros motivos, em 1952, a configuração hidrográfica da bacia sofreu alterações significativas em função de novos empreendimentos. Com o objetivo de ampliar a capacidade de geração hidrelétrica a LIGHT investiu e finalizou uma série de obras de suporte à transposição das águas dos Rios Paraíba do Sul para Bacia do Guandu (Figuras 4 e 5).

Figura 4: Sistema hidro-energético, reservatórios e elevatórias do Sistema Gandu.



Fonte: Elaborado com base em ANA (2016); Comitê Guandu (2017).

Figura 5: Principais reservatórios, UHE's e elevatórias do Sistema Guandu, Rio de Janeiro.



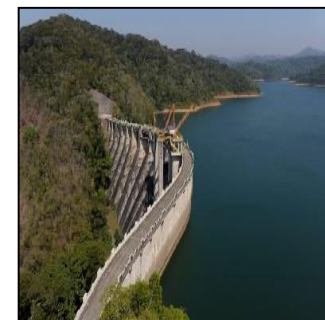
Reservatório de Tócos



Reservatório de Santana



Reservatório de Vigário



Reservatório de Lajes



Reserv. de Ponte Coberta



Usina hidrelétrica Nilo Peçanha



Usina hidrelétrica Fontes Nova



Usina hidrelétrica Pereira passos



Usina de elevatória Santa Cecília



Usina elevatória de Vigário

Fonte: Light (2017).

Em face de sua localização, a Bacia Hidrográfica do Rio Pirai é utilizada como “trampolim” na transposição das águas do Rio Paraíba do Sul, o que exigiu intervenções e modificações no escoamento em sua calha como implantação da barragem de Santana. Esta é receptora direta das vazões bombeadas do Paraíba do Sul na elevatória de Santa Cecília, inversão do fluxo do rio Pirai no trecho entre as barragens de Santana e de Vigário, localizado em Pirai, onde é feito o segundo estágio de bombeamento para o reservatório de Vigário, podendo bombear até 188,8 m³/s (ANA, *ibid.*). Importante ressaltar que a barragem de Santa Cecília represa o Rio Paraíba do Sul, sendo que a elevatória pode bombear atualmente até cerca de 160 m³/s, executados por quatro bombas com capacidade de 40 m³/s para o reservatório de Santana (LIGHT, 2017).

A Bacia do Ribeirão das Lajes abrange 668 km². Deste total, 326 km² correspondem à área de captação da barragem da Represa de Lajes (SEMADS, 2001). Este Complexo é o maior conjunto de estruturas hidráulicas do Estado, que corresponde aos aproveitamentos hidrelétricos do Ribeirão das Lajes e a transposição de águas da Bacia do Rio Paraíba do Sul para Vertente Atlântica da Serra do Mar, com aproveitamento do seu potencial hidrelétrico proporcionado por uma diferença altimétrica da ordem de 300 metros na Vertente Atlântica da Serra do Mar (FRANZ, 2011, p. 23).

Ressalta-se que além de viabilizar a geração de energia elétrica, a criação do Sistema Guandu propiciou uma série de empreendimentos econômicos na Região hidrográfica II como: a Usina Termoeletrica de Santa Cruz – UTE Santa Cruz; a Gerdau/Cosigua (Companhia Siderúrgica da Guanabara) além de outras indústrias e UTE’s; bem como a ETA Guandu e outros sistemas de abastecimento público para RMRJ. Por essas e outras características peculiares, o cenário da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu é único no país.

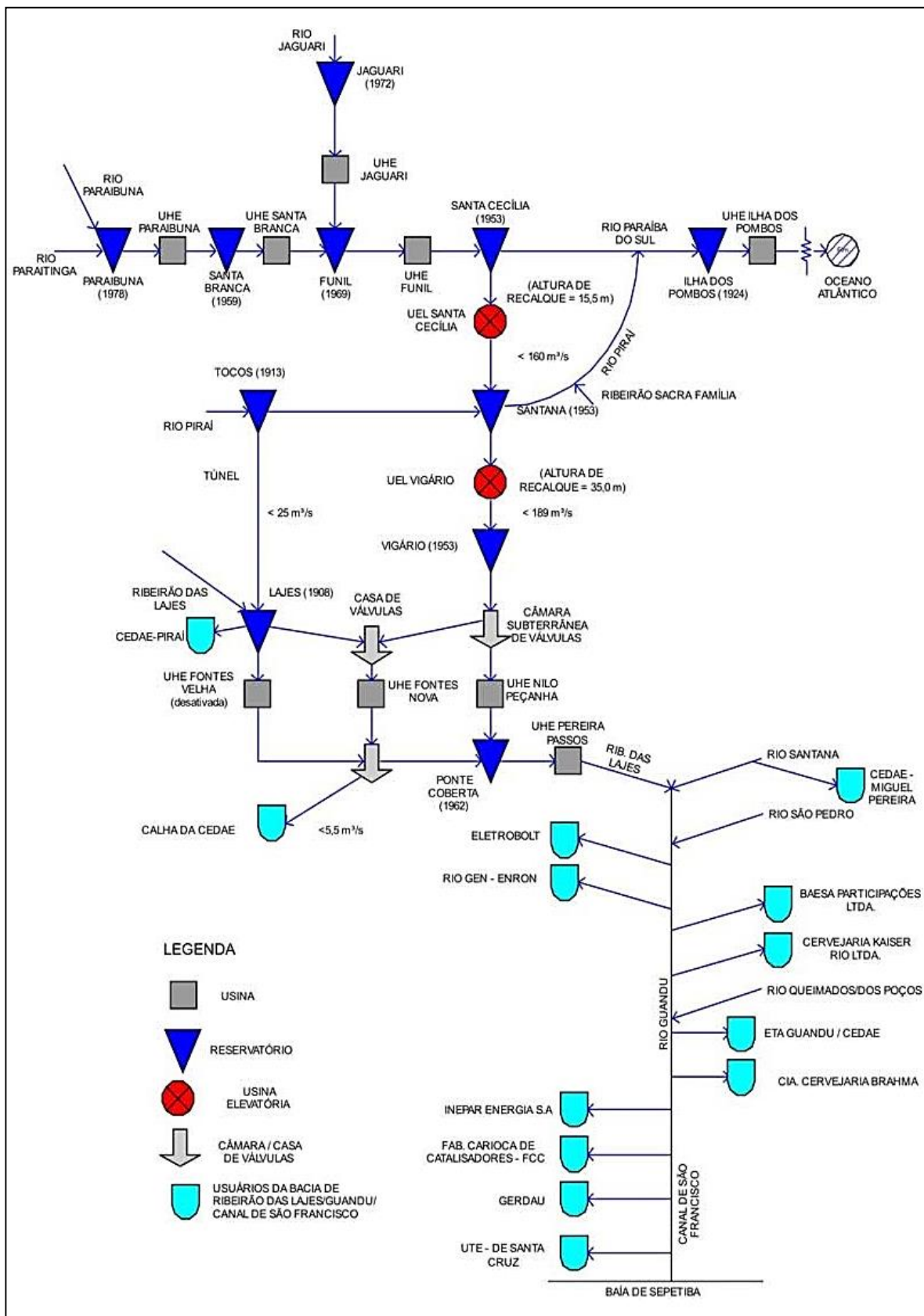
Notadamente, grande parte do volume de água que compõe esta bacia tem origem na transposição. As definições das regras e a fiscalização das operações de todo este complexo sistema cabem à ANA, que em suas atribuições estabelece, por exemplo, os volumes máximo e mínimo a serem bombeados. A recente RESOLUÇÃO Nº 1188, de 29 de setembro de 2016, estabeleceu a redução do limite mínimo de 190 m³/s em Santa Cecília para 110 m³/s, podendo chegar a 115 m³/s, dependendo da variação da maré na Baía de Sepetiba, visando o controle da intrusão salina no Canal de São Francisco.

As estruturas hidráulicas envolvidas na operação do Sistema Guandu se encontram representados na Figura 6. O diagrama topológico apresenta os componentes e o fluxo das águas, incluindo barragens, reservatórios, usinas e estações elevatórias situados no alto, médio e baixo cursos da Bacia do Rio Guandu.

ASPECTOS GEOLÓGICOS E GEOMORFOLÓGICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO MÉDIO GUANDU

A Geologia condiciona a natureza e propriedades das rochas, provoca diferenças nas condições hidrológicas e influencia diretamente a relação entre Geomorfologia x Pedologia - impulsionada pelas características geomorfológicas das rochas e os processos morfoclimáticos atuantes.

Figura 6: Diagrama topológico do Sistema Guandu.



Fonte: LABHIDRO/COPPE (apud ANA, 2006).

Por sua vez, a Geomorfologia é a mais facilmente identificada, delimitada e interpretada, além de resultar da evolução dialética dos geoambientes, pelo menos Tércio-Quaternária, com WILLIAM MORRIS DAVIS

cada compartimento aferindo padrões próprios de drenagem superficial, tipos de solos, características peculiares de fitofisionomia. Deste modo, os padrões de ocupação são também influenciados. De resto, a geomorfologia conduz a uma condição parcial de integração, por meio das condições morfo-estruturais, morfo-pedológicas, morfo-climáticas e hidromorfológicas (Souza, 2000). E assim, mostrando mais sobre a geodinâmica existente nas paisagens da bacia em tela.

Não obstante, ao considera-se que o relevo pertence a uma dada estrutura que o sustenta e mostra um aspecto escultural e que a Geomorfologia é decorrente da ação do tipo climático atual e pretérito, que atuou e atua nessa estrutura (1992), as formas de relevos derivam-se em compartimentos e subcompartimentos pertencentes a uma determinada província geológica em diferentes níveis topográficos, as chamadas Unidades Morfoesculturais. Estas, por seu turno, são de dimensões inferiores às das Unidades Morfoestruturais, e com idade bem menor. Portanto mais recentes.

Nada obstante, embora essas apreciações sejam gerais elas são aplicáveis ao contexto aqui tratado. E é evidente, que tanto a geologia, quanto a geomorfológica, assim como ambas articuladas influenciam direta e indiretamente na distribuição, aporte e recargas de aquíferos e das águas superficiais também.

EVOLUÇÃO GEOLÓGICA E IMPLICAÇÕES NA CONFIGURAÇÃO REGIONAL DO RELEVO

GEOLOGIA

Considerando as características geológicas da bacia do Guandu, têm-se que o substrato é predominantemente constituído por rochas Pré-Cambrianas representadas por uma associação de gnaisses-granitóides, migmatitos e gnaisses. Sobre estas, identifica-se a ocorrência de sedimentos inconsolidados, resultantes de sedimentação fluvial, representados por formações arenosas, areno-argilosas, argilosas, siltosas, além de ocorrências esporádicas de níveis de cascalhos (BRASIL, 1983).

Destes litotipos, têm-se os grupos geológicos na bacia hidrográfica que serão discutidos a seguir: Depósitos flúvio-lagunares; Rio Negro; Santo Aleixo/Suíte Serra dos Órgãos; Serra dos Órgãos/Suíte Serra dos Órgãos; Serra do Medanha; e Tinguá.

A Região Hidrográfica 2, assim como as demais regiões hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro, está inserida na Província Geotectônica Mantiqueira. A Província Mantiqueira (ALMEIDA et al., 1977; 1981) representa um sistema orogênico Neoproterozoico que se estende numa faixa de direção NE-SW com mais de 3.000 km de comprimento e largura média de 200 km, paralelo à costa atlântica do sudeste e sul do Brasil, desde a Latitude 15° S até o Uruguai (HEILBRON et al., 2004).

Na Bacia do Guandu a Província Mantiqueira reúne principalmente rochas ígneas e metamórficas de idade Pré-Cambriana. (SILVA, 2001). Das oito unidades que compõem arcabouço geológico da Bacia Hidrográfica do Guandu, apenas seis constituem a área correspondente ao médio curso, sendo elas: Complexo Rio Negro; Unidade Santo Aleixo; Unidade Serra do Mendanha; Unidade Serra dos Órgãos e Unidade Tinguá além de Sedimentos cenozoicos coluviais, marinhos e fluviais também aparecem recobrimdo as rochas Pré-cambrianas (SILVA, 2001).

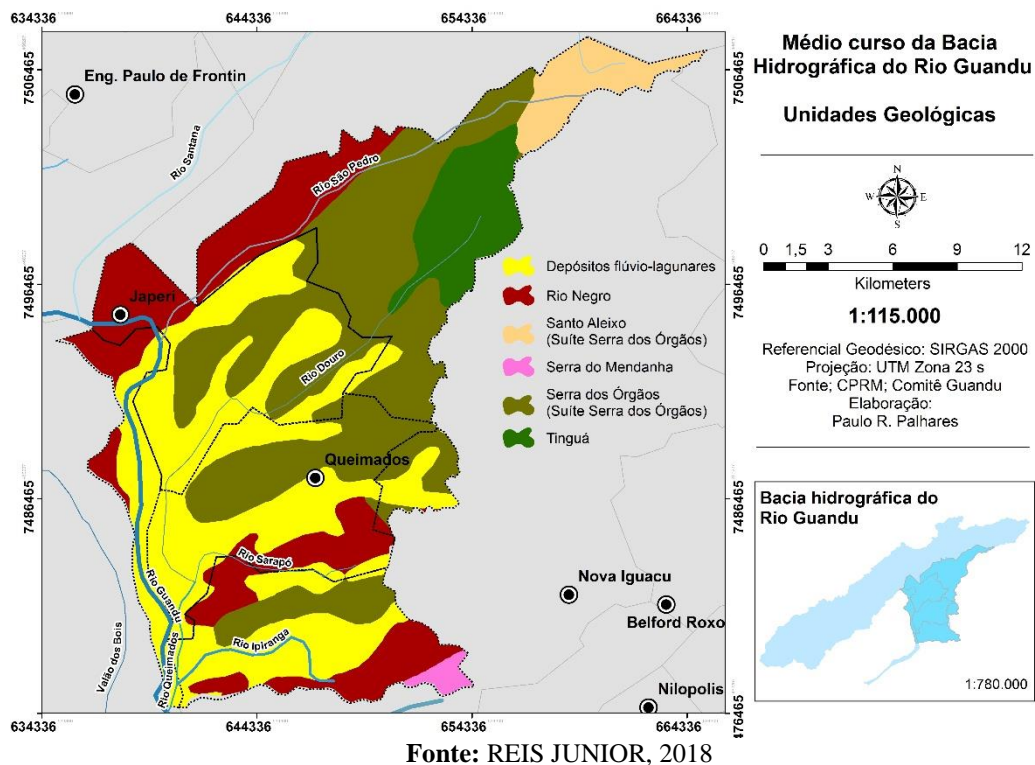
O Complexo Rio Negro é observado no médio curso nas porções Norte/Noroeste e Centro/Sul, território dos Municípios de Japeri, Queimados e Nova Iguaçu, e na parte Leste, correspondendo uma parcela do Município de Seropédica. Apresenta três tipos litológicos

distintos, sendo eles: gnaise granítico, migmatito e quartzito. A unidade em si é caracterizada por uma associação de migmatitos e gnaisses graníticos (BRASIL, 1983).

A Unidade Serra dos Órgãos forma o maior batólito granítico do estado e, associado a esta estrutura, se encontra a Unidade Santo Aleixo, compreendendo a faixa marginal do batólito. Em sua porção NE é intrusivo nos paragnaisses, rochas metassedimentares e metavulcânicas Neoproterozoicas do Complexo Paraíba do Sul. Litologicamente, ambas são constituídas por hornblenda-biotita granitóide de granulação grossa e composição expandida de tonalítica a granítica, composição cálcio-alkalina (CPRM, 2001, p. 45).

A Figura 7 demonstra as unidades de mapeamentos geológicos avaliadas na bacia hidrográfica em teste.

Figura 7 - Unidades de Mapeamento Geológico da Bacia do Médio Guandu-RJ



GEMORFOLOGIA

De acordo com os estudos realizados por Goes (1994), basicamente, dois sistemas geomorfológicos formam a bacia, sendo eles a encosta da Serra do Mar e as Colinas e Baixadas de Sepetiba, considerando as características morfológicas do relevo. As Unidades supracitadas compreendem, portanto, o Domínio Montanhoso e as Escarpas Serranas do médio curso. Além disso, compreende parte das Colinas dissecadas e Morros Baixos, presentes em grande parte da área de estudo.

Deste modo, as unidades de mapeamento geomorfológico na bacia correspondem aos seguintes Domínios: Montanhoso e de Colinas amplas e suaves, de Colinas Dissecadas e Morros Baixos, de Morros e Serras Baixas, das Escarpas Serranas e das Planícies fluviomarinhas.

Praticamente, na totalidade da área que encerra o médio curso da Bacia, se constata a presença das Unidades Morfoesculturais compreendidas pelas Planícies fluviomarinhas. Essas unidades têm origem nas flutuações do nível relativo do mar desde o Pleistoceno Superior e

promoveram a sedimentação das áreas de baixada, principalmente próximas ao litoral (CPRM, 2000). Neste ambiente, em razão das águas mistas e salobras, os usos múltiplos das águas dificultadas ou impeditivas.

Essas áreas, incluindo as de deposição fluviolagunares, apresentam um alto potencial de vulnerabilidade a eventos de inundação nas baixadas. Originalmente constituem terrenos mal drenados, com padrão de canais meandantes a divagantes, em função do aporte de sedimentos e a redução das cotas altimétricas (BRASIL, 1983).

Nesse sentido, cabe ressaltar a importância econômica dos sedimentos Quaternários de origem aluvionar, dos depósitos de sistemas fluviais, como barras de pontal e meandros abandonados, e os sedimentos de preenchimento de canal nesses ambientes. Tratam-se de materiais que foram transformados em recurso por uma série de empresas mineradoras que se estabeleceram neste e em outros trechos da bacia. Através de cavas, materiais são retirados, especialmente areia, para abastecer setores da construção civil no Estado do Rio de Janeiro, (MELLO, 2013. p. 46).

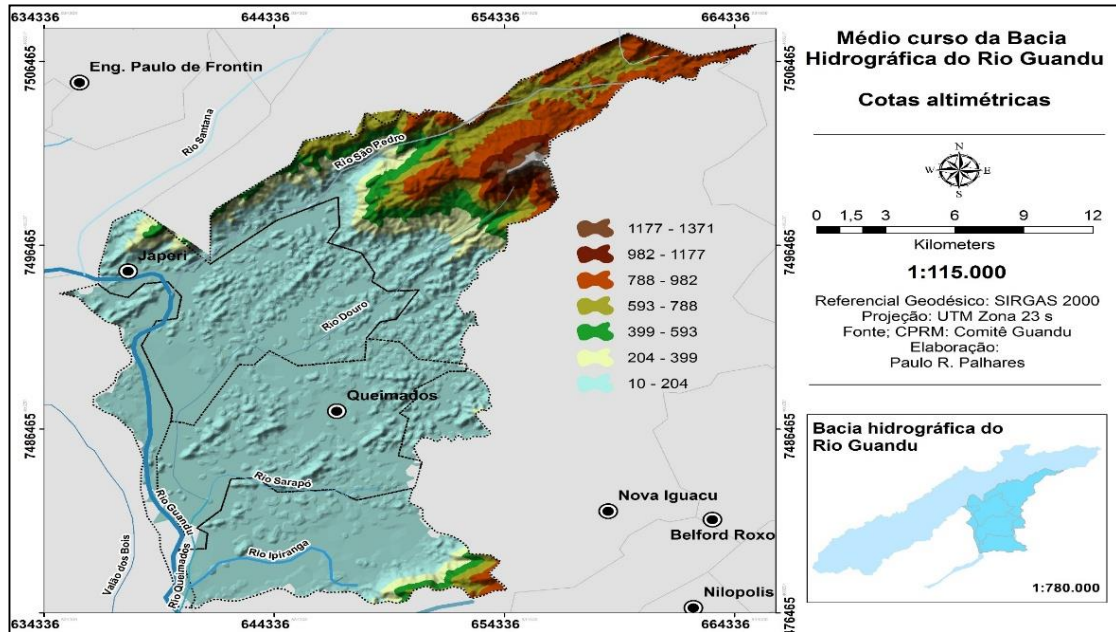
Não só a mineração, mas outras atividades se instalaram neste segmento da bacia em função das características do relevo. Além da disponibilidade de recursos hídricos, citada anteriormente, a fertilidade dos solos nas planícies colúvio-alúvionares se transformaram em vetores de crescimento das atividades agropecuárias no Estado. Em pequenas e médias propriedades as lavouras e os rebanhos foram se desenvolvendo até que a região se tornou grande fornecedor de produtos alimentícios, especialmente hortifrutigranjeiros, para RMRJ (REIS JUNIOR, 2018; REIS JUNIOR e NASCIMENTO, 2022).

As Unidades Maciço do Tinguá e Serra do Mendanha (integrantes do Maciço de Gericinó) se localizam, respectivamente, na face Nordeste e Sudeste do médio curso da bacia, junto à Região Metropolitana do Rio de Janeiro. O primeiro divide as águas que drenam para as bacias hidrográficas da baía de Guanabara, a Leste e de Sepetiba, a Oeste, não raro mostrando controles estruturais de drenagens. Nas encostas estão contidas as nascentes dos Rios Santo Antônio e Douro, este, importante contribuinte do Rio Guandu cuja confluência se dá no médio curso.

Neste trecho da Bacia, médio curso, pode-se observar uma predominância de áreas cujas cotas se situam entre 10 a 204 metros de altitude, coincidindo com as áreas da planície fluviomarina e dos domínios de morros e serras baixas. Altitudes superiores a estas cotas, de 204 a 982 metros, compreendem os domínios de Colinas amplas e suaves, e as Escarpas serranas (Figura 8).

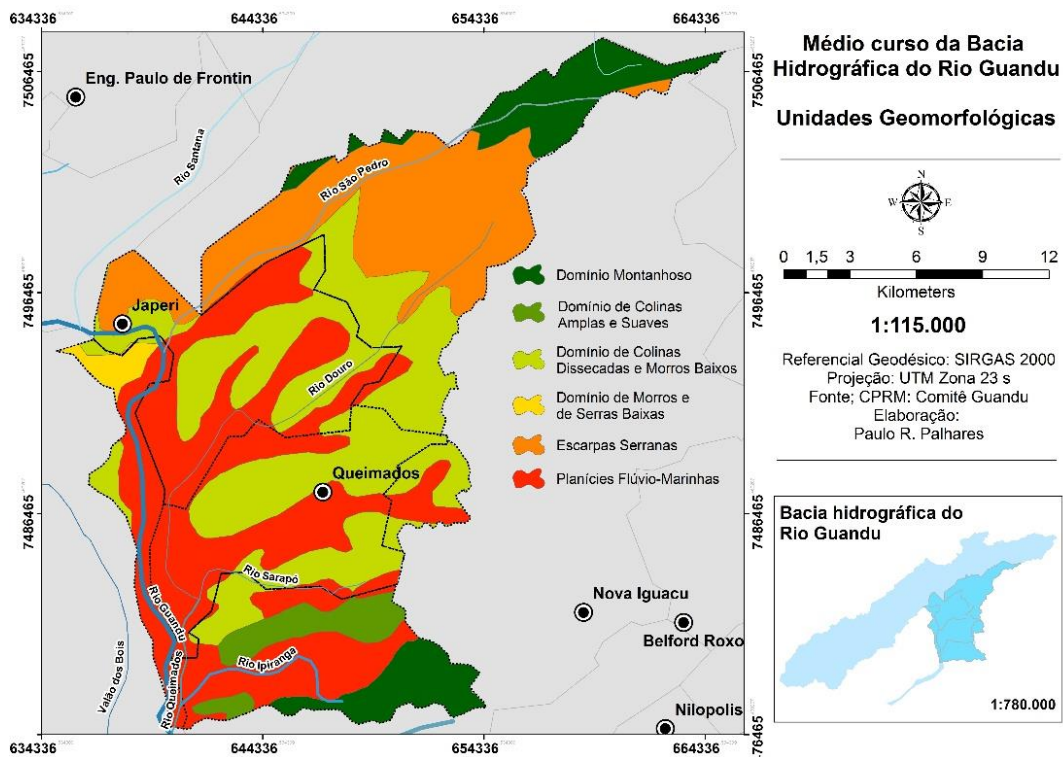
Embora suas vertentes apresentem uma densa cobertura vegetal, e apresente fator natural limitante, sofre com processo ocupação da Baixada Fluminense com a supressão das áreas verdes. Boa parte do Maciço Tinguá corresponde a Unidade de Conservação da Reserva Biológica do Tinguá. Todavia, mesmo que protegida por Lei, recebe pressão da urbanização crescente em função de sua localização na zona periférica dos núcleos de adensamento populacional, especialmente em Nova Iguaçu, concorrendo para degradação das áreas de nascentes da bacia e a recarga dos aquíferos.

Figura 8: Cotas altimétricas do médio curso da Bacia hidrográfica do Rio Guandu



Fonte: Elaborado com base em: CPRM (2001); Comitê Guandu (2017).

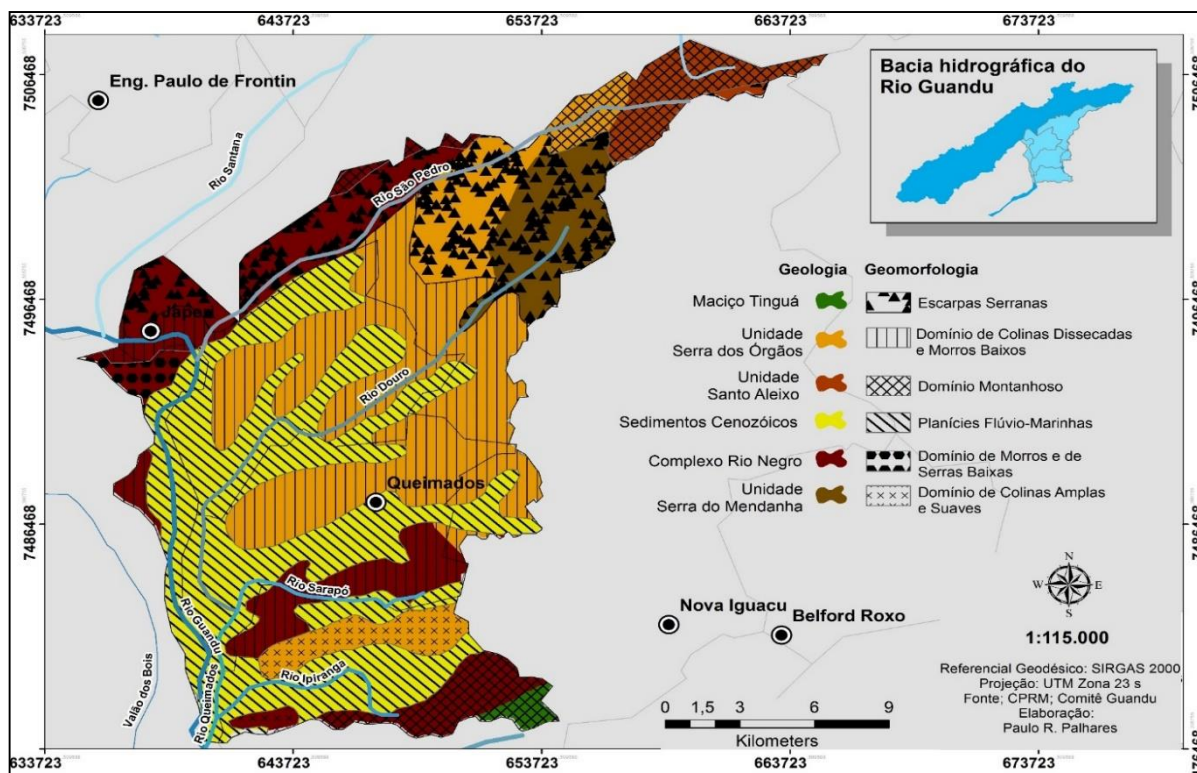
Figura 9 - Unidades de Mapeamento Geomorfológicas da Bacia do Médio Guandu.



Fonte: Elaborado com base em: CPRM (2001); Comitê Guandu (2017).

Com álgebra de mapas, com os temas geológicos e geomorfológicos, é possível vislumbrar as unidades de mapeamento homônimas e associadas. Isto contribui para melhor visualização e compreensão da espacialização das Províncias Geológicas e das Formas de Relevo correlatas -a par do que foi discutido neste subcapítulo. Se não, observe-se:

Figura 1 – Unidades Geológicas e Domínios Geomorfológicas do Médio curso da Bacia hidrográfica do Rio Guandu.



Fonte: Elaborado com base em CPRM (2001); Comitê Guandu (2017).

ASPECTOS GEOLÓGICO-GEMORFOLÓGICOS E A DISPONIBILIDADE DE ÁGUAS: COLOCAÇÕES FINAIS

As condições geológicas e geomorfológicas interferem nas disponibilidades e qualidade de águas superficiais e subsuperficiais, de modo direto e indireto. Águas mais carbonáticas estão normalmente associadas a ocorrência de bacias sedimentares e intracratônicas. Enquanto as enriquecidas em sais, são mais comuns nas regiões onde predominam o embasamento cristalino, com os escudos e maciços antigos. Neste caso, as linhas de instabilidade crustais. Qual o caso da Bacia em tela.

Importante colocar que as planícies no alto curso da bacia se comportam como áreas fontes e produtoras de sedimentos a serem mobilizados com dinâmica que interfere na condição hidrossedimentológica dos rios, dos seus vales e da qualidade das águas. Por sua vez, as áreas potamais da bacia, são receptoras de colmatagem de sedimentos, no caso, de mais finos calibres.

Em regra geral, os aquíferos cristalinos são exíguos, pois nas rochas impermeáveis do domínio cristalino as condições hidrogeológicas se dão por percolação e relativa concentração ao longo das fraturas (fraturas de tensão e alívio de tensão, com seus espaços em planos paralelos à compressão) e linhas de falhas. Assim, nos condicionantes estruturais e tectônicas há proporcional pequena de aportes de água subterrâneos no embasamento cristalino, formando aquíferos fissurais dispersos pela bacia em zonas de cisalhamentos, com falhas e fraturas.

Como é sabido, nos episódios de tectônicas de distensão, o diaclasamento e basculamento podem originar espaços entre as rochas cristalinas, e estes intertícios podem armazenar água no seu interior. Deste modo, as falhas transcorrentes com suas superfícies irregulares podem ser gerados espaços vazios, que podem ser preenchidos por águas. E é este o caso da Bacia do Médio Guandu – onde os terrenos cristalinos sobressaem, como dito.

Constatou-se presença de aquífero fraturado com áreas de recarga em poços tubulares, cuja profundidade ocorre em intervalos de 15 a 20, 20 a 30, 35 a 40 metros, com ocorrência de profundidades inferiores a 10 metros e superiores aos 170 metros (ANA, 2006, p. 185).

Neste sentido, pode-se inferir que a disponibilidade hídrica foi um dos principais motivos para concentração de grandes empreendimentos neste trecho da bacia, especialmente pós implantação do Sistema Guandu. Esta condição atraiu e contribuiu para instalação de parques industriais, notadamente aqueles cuja água é o principal insumo da produção (REIS JUNIOR, 2018).

Tal evidência tem fundamento no fato de que a maior parte dos usuários de água no médio curso da bacia obtém o recurso através de captação subterrânea através de poços rasos e profundos (REIS JUNIOR, 2018; REIS JUNIOR e NASCIMENTO, 2022).

E os aspectos quantitativos dos recursos hídricos configuram-se como importante ferramenta de gestão das águas. O conhecimento sobre os usos e as vazões médias, especialmente nos períodos mais secos do ano são fundamentais para manutenção da segurança hídrica. No caso da bacia em epígrafe, o domínio das informações sobre o balanço hídrico é fundamental, não só para garantia do abastecimento, mas para controle de fatores limitantes das utilizações.

Um desses fatores é a contenção do avanço da cunha salina na foz, na Baía de Sepetiba, que diminui a potencialidade do Rio Guandu. Segundo a ANA (2006), para conter a entrada de água salgada, é necessária uma reserva mínima de água doce considerada como “demanda ambiental” segundo o Plano Estratégico de Recursos Hídricos - PERH.

Nas áreas com ocorrência de acumulações Cenozoicas e Quaternárias, efeitos de saís se fazem sentir nas condições hidrogeológicas das zonas costeiras, em regra. Na bacia em causa, isso se dá sobre influência da Baía de Sepetiba e nas planícies fluviomarinhas associadas.

Pesquisas realizadas já na década de 1970, apontavam que a vazão na foz deveria ser mantida a um volume de 60 m³/s, de modo a não comprometer os usos naquela região. A Figura 29 representa um balanço entre a vazão do Rio Guandu e as águas da Baía de Sepetiba, associando indicadores de profundidade e distância atingida pela água salobra.

Evidentemente este processo de salinização causa impactos nas diversas atividades desenvolvidas no Canal de São Francisco (Figura 11), seja ela industrial ou de subsistência. Empresas como a Companhia Siderúrgica do Atlântico (CSA) - TKCSA precisaram substituir o ponto de captação de água, antes feita no próprio Canal, por outro a montante, neste caso, distante cerca de 20 Km, na Lagoa Guandu, próximo à área de captação da ETA Guandu (Figura 12).

Figura 2: Canal de São Francisco desaguando na Baía de Sepetiba. À direita o terreno da empresa TKCSA.



Fonte: REIS JUNIOR (2018).

Figura 12: Canteiro de obras para construção dos poços da empresa TKCSA, distante 20 Km da sede da empresa



Fonte: REIS JUNIOR (2018).

AGRADECIMENTOS

Agradecimento à AGEVAP/Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (<https://www.agevap.org.br/>), por auxílios recebidos para a elaboração da Pesquisa: Identificação de conflitos ambientais com base nas tipologias de uso, funções e utilizadores de água no Médio curso da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu – RJ, sob Coordenação do Prof. Flávio Rodrigues do Nascimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA F.F.M.; HASUI, Y.; BRITO-NEVES, B.B.; FUCK, R.A. **As províncias estruturais do Brasil**. 1977. In: SBG, Simp Geol. Nordeste, 8, Bol. Esp., 12p.

_____. *Brazilian Structural Provinces: an introduction*. 1981. Earth-Sci. Rev., vol. 17, p. 1-29.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas; panorama nacional**. Agência Nacional de Águas. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília. 2017.

_____. **Plano estratégico de recursos hídricos da bacia hidrográfica dos rios Guandu, Guarda e Guandu Mirim**. Relatório diagnóstico. Sondotécnica Engenharia de Solos S.A. Brasil. ANA, SPR. 2006.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto **RADAMBRASIL**, Folhas SF 23/24, Mapas Geológico, Geomorfológico, de Vegetação, de Avaliação do Relevo, de Capacidade de Uso dos Recursos Naturais Renováveis, Exploratório de Solos, Levantamento de Recursos Naturais Rio de Janeiro/Vitória. Rio de Janeiro, 1983.

AGEVAP. **Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul**. Disponível em: <http://www.ceivap.org.br>. Acesso em: 02/12/2017.



William Morris Davis - Revista de Geomorfologia, v. 3, n. 1, julho de 2022, p. 1-20. DOI: <https://doi.org/10.48025/ISSN2675-6900.v3n1.2022.147>

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Estudo Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro. Geomorfologia do Rio de Janeiro.** Ministério de Minas e Energia, Secretaria de Minas e Metalurgia. Brasília. 2000.

FRANZ, B. Fatores intervenientes nas vulnerabilidades dos recursos hídricos às mudanças do clima no Estado do Rio de Janeiro. In; NUNES, Riane, T. S.; FREITAS, Marcos A. V.; ROSA, Luiz Pinguelli.(Orgs.). **Vulnerabilidade dos Recursos Hídricos no âmbito regional e urbano.** Mudanças Globais, v. 1. Rio de Janeiro. Interciência. 2011.

GOES, M.H.B. **Diagnóstico Ambiental por Geoprocessamento do Município de Itaguaí.** Tese (Doutorado em Geografia)- Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, 1994, 529 p.

HEILBRON, M.; VALERIANO, C.M.; ALMEIDA, J.C.H.; VALLADARES, C.S. & TUPINBAMBÁ, M. 1994. Segmento Central da Faixa Ribeira, exemplo de colisão continental oblíqua no evento termo-tectônico Brasileiro. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 38, Balneário de Camboriú, 1994. **Boletim de Resumos Expandidos.** SBG, vol. 1, p.263-265.

IBGE. **Características da população e dos domicílios:** resultados do universo. Censo demográfico 2010. Rio de Janeiro. Site: <https://cidades.ibge.gov.br>. Acesso em: 17/03/2017.

LIGHT. **Light Serviços de Eletricidade S.A.** Disponível em: <http://www.light.com.br/grupo-light/Empresas-do-Grupo/light-energia.aspx>. Acesso em: 30/11/2017.

MELLO, F. M. de. Análise estrutural aplicada aos estudos geoambientais no Sub-Gráben Guandu-Sepetiba-RJ. In. **Bacias Hidrográficas dos rios Guandu, da Guarda e Guandu Mirim:** experiências para a gestão dos recursos hídricos. INEA, 2013, p. 42-59.

MOURA, J.A.; DIAS-BRITO, D.; BRÖNNIMANN, P. Modelo ambiental de laguna costeira clástica - Baía de Sepetiba, RJ. 1982. **Atas do IV Simpósio do Quaternário no Brasil**, p. 135-152.

NASCIMENTO, F. R. do. Categorização de Usos Múltiplos dos Recursos Hídricos e Problemas Ambientais. **Revista da ANPEGE**, v. 7, p. 81-97, 2011

REIS JUNIOR, P. R. P. **Categorização das tipologias de uso, usuários e funções da água no Médio curso da bacia do rio Guandu - RMRJ.** 2018. Dissertação (Mestrado em Geografia) - UFF, 125 p.

REIS JUNIOR, P. R. P.; NASCIMENTO, F. R. Tipologias de uso, usuários e funções da água em bacia hidrográfica. In: Anderson Pereira Portuguese; Jean Carlos Vieira Santos. (Org.). **Geografia, educação ambiental e dinâmicas espaciais.** 1ed.Ituiutaba: Editora Barlavento, 2022, v. 1, p. 46-85.

SEMADS. **Bacias Hidrográficas e Recursos Hídricos da Macrorregião Ambiental 2; bacia da Baía de Sepetiba.** Cooperação técnica Brasil-Alemanha. Projeto Planágua. Secretaria de Estado de meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Rio de Janeiro. 2001.

SILVA, L. C. **Geologia do Estado do Rio de Janeiro:** texto explicativo do mapa geológico do Estado do Rio de Janeiro. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Execução:



William Morris Davis - Revista de Geomorfologia, v. 3, n. 1, julho de 2022, p. 1-20. DOI: <https://doi.org/10.48025/ISSN2675-6900.v3n1.2022.147>

CPRM - Serviço Geológico do Brasil /Departamento de Recursos Minerais - DRM – RJ. CPRM. 2ª edição revista em 2001.

SOUZA, M. J. N. de. **Bases geoambientais e esboço do Zoneamento ecológico-econômico do Estado do Ceará.** In: LIMA, Luiz. C. (Org.) Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará. Fortaleza: FUNCEME, 2000. p 6-105.