

# **Caracterização geológica de sítios para um repositório profundo de rejeitos radioativos**

## **RELATÓRIO TÉCNICO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**

**Raphael Ramos da Costa Fioranelli Vieira**  
**Orientador: Roberto Vicente**

Dezembro /2020

Serviço de Gerência de Rejeitos Radioativos  
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares  
Comissão Nacional de Energia Nuclear  
São Paulo

**GRR – Gerência de  
Rejeitos Radioativos**





# **Caracterização geológica de sítios para um repositório profundo de rejeitos radioativos**

## **RELATÓRIO TÉCNICO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**

**Raphael Ramos da Costa Fioranelli Vieira**  
**Orientador: Roberto Vicente**

Dezembro /2020

Serviço de Gerência de Rejeitos Radioativos  
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares  
Comissão Nacional de Energia Nuclear

São Paulo

**GRR – Gerência de  
Rejeitos Radioativos**



Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN  
Presidente: Paulo Roberto Pertusi  
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - Ipen-Cnen/SP  
Superintendente: Wilson Aparecido Parejo Calvo  
Serviço de Gerência de Rejeitos Radioativos - GRR  
Gerente: Júlio Takehiro Marumo

O Serviço de Gerência de Rejeitos Radioativos é o departamento do Ipen-Cnen/SP que tem como Missão promover a gestão segura dos rejeitos radioativos gerados no Brasil, dentro dos princípios éticos de proteção ao homem e ao meio ambiente. O objetivo da gestão dos rejeitos radioativos é assegurar um nível adequado de proteção à população e às gerações futuras e a preservação do meio ambiente, protegendo, além do Homem, as outras espécies e os recursos naturais.

O SEGRR presta serviços de gestão de rejeitos aos usuários de materiais radioativos das áreas industrial, médica e outras. Desenvolve atividades de pesquisa e desenvolvimento conduzidas no sentido de se aprimorar os métodos, as técnicas e as estratégias de gestão para reduzir os custos e melhorar a segurança no tratamento dos rejeitos. As atividades de P&D estão voltadas para as áreas de caracterização, tratamento e deposição final. Além disso, o SEGRR participa das atividades de ensino, formação e treinamento nas diversas áreas de aplicação da tecnologia nuclear.

O presente relatório técnico foi preparado para divulgar, da forma mais ampla possível, as informações contidas nos resultados das atividades de pesquisa e desenvolvimento da GRR, para a administração do Estado, para a comunidade acadêmica, e para o público em geral.

Comentários e sugestões sobre este ou outros relatórios da GRR são bem vindos e devem ser dirigidos a SEGRR – Ipen-Cnen/SP

*Av. Prof. Lineu Prestes, 2242 – Cidade Universitária*

*CEP 05508-000 – São Paulo, SP*

*Fone: 11 2810-8145*

*Janeiro/2021*

Página do Ipen-Cnen/SP na Internet: <http://www.ipen.br>

Página da CNEN na Internet: <https://www.gov.br/cnen/pt-br>

Sugestão de referência deste relatório:

Fioranelli Vieira, R.R.C; Vicente, R. Caracterização geológica de sítios para um repositório profundo de rejeitos radioativos. Ipen-Cnen/SP, São Paulo, Janeiro de 2021. (IPEN/GRR-REL-01/21)

Palavras-chave: repository, site characterization, radioactive waste

NOTA: Nem o Ipen-Cnen/SP nem a GRR dão garantias, expressas ou implícitas, da exatidão, completeza ou utilidade de quaisquer informações, produtos ou processos descritos neste relatório, ou de que seu uso não infrinja direitos privados. A referência, neste relatório, de qualquer produto comercial, processo ou serviço pelo nome comercial, marca ou fabricante não constitui nem implica necessariamente a recomendação ou favorecimento pela GRR ou pelo Ipen-Cnen/SP.

As conclusões e pontos de vista apresentados neste relatório são do autor.

Para cópias deste documento, contatar:

Biblioteca Terezine Arantes Ferraz

*Av. Prof. Lineu Prestes, 2242 – Cidade Universitária*

*CEP 05508-000 – São Paulo, SP*

*Fone: 11 3133-9094*

*bibl@ipen.br*

Para contatos sobre o conteúdo:

Roberto Vicente

*Av. Prof. Lineu Prestes, 2242 – Cidade Universitária*

*CEP 05508-000 – São Paulo, SP*

*Fone: 11 3133-9758*

[rvicente@ipen.br](mailto:rvicente@ipen.br)



## **Caracterização de sítios para um repositório profundo de rejeitos radioativos**

### **Resumo**

O presente trabalho tem como finalidade contribuir para o desenvolvimento de métodos, no Serviço de Gerência de Rejeitos Radioativos do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares- IPEN, direcionados à identificação de áreas potenciais para a instalação de repositórios do tipo poço tubular profundo, destinados à deposição de fontes seladas em desuso. Trata-se de exercício para avaliar a viabilidade de instalação de um repositório sobre o recorte regional referente ao alto e médio Vale do Rio Paraíba do Sul, utilizado como modelo para o objeto de análise, segundo os requisitos da segurança do homem e do meio ambiente, em curto e em longo prazo, e conforme os critérios estabelecidos pela norma CNEN NE 6.06. Resolução CNEN 014/89 - Seleção e Escolha de Locais para Depósitos de Rejeitos Radioativos, de janeiro de 1990.

## **Geological characterization of sites for a deep repository of radioactive waste**

### **Abstract**

The purpose of this work is to contribute to the development of methods in the Radioactive Waste Management Department of IPEN, for the characterization of suitable sites, using geographic analysis, for the construction of deep borehole-type radioactive waste repositories, for disused sealed radioactive sources. It is an academic exercise with the objective of collecting information about the physical characteristics of high and medium Paraíba do Sul River Valley, to assess its acceptability for a borehole disposal facility, according to the safety requirements to protect man and environment, now and in the future, according to the criteria of CNEN regulation CNEN-066/89 – Selection of Sites for Radioactive Waste Disposal Facilities, of January 1990.



## DEFINIÇÕES E SIGLAS

São adotadas as seguintes definições e siglas.

**Aluvião** - designação genérica para englobar depósitos detríticos recentes, de natureza fluvial, lacustre, marinho, glacial ou gravitacional constituídos por cascalhos, areias, siltes e argilas, transportados e depositados por corrente, sobre planícies de inundação e no sopé de montes e escarpas.

**ANA** - Agência Nacional de Águas

**Anfibólio** - grupo de minerais complexos, constituído por pelo menos 86 silicatos de dupla cadeia de SiO<sub>4</sub>, contendo o íon hidroxila e cátions metálicos variados (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup>, Na<sup>+</sup>, e outros).

**ANM** - Agência Nacional de Mineração

**Área potencial** - área contida na área preliminar, identificada como potencialmente satisfatória para receber um depósito de rejeitos radioativos, através da aplicação de critérios técnicos restritivos e estudos técnicos específicos.

**Área preliminar** - área identificada dentro da região de interesse, não excluída pela análise regional e a ser investigada para identificação de áreas potenciais.

**Argila metamorfozizada** - rocha formada pelo aumento de pressão e temperatura sobre argila nas seguintes etapas: folhelho, ardósia, filito, xisto, paragneisse.

**Armazenamento** - confinamento de rejeitos radioativos por um período definido de tempo.

**Batólito**: Grande massa plutônica, com mais de 100 km<sup>2</sup> de exposição, constituída por rochas com granulação média a grosseira, e composição granítica (granodiorito, granito e quartzo- monzonito). Quando inferior a 100 km<sup>2</sup> denomina-se stock.

**Biotita** - mineral do grupo das micas

**Cárstico** - relevo geológico caracterizado pela dissolução química das rochas calcáreas, que forma cavernas, dolinas, vales cegos, rios subterrâneos e paredões rochosos expostos.

**CETESB** - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

**Ciclo Brasileiro** - ciclo geodinâmico desenvolvido na Plataforma Sul-Americana que se inicia entre 950 Ma e 800 Ma e termina entre 510 Ma e 490 Ma.

**Cisalhamento** - deformação envolvendo uma sollicitação tangencial, resultado de um par de forças paralelas e de sentidos opostos, denominado binário ou conjugado.

**CNEN** – Comissão Nacional de Energia Nuclear

**Colúvio** - conjunto de detritos rochosos, produtos do intemperismo e deslocados encosta abaixo devido à ação da gravidade, depositando-se como camadas delgadas com detritos angulosos de tamanhos variados e sem classificação.

**CONDEPHAAT** - Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico

**CSN** - Companhia Siderúrgica Nacional

**Datação isotópica radiogênica** - técnica de datação de minerais que mede a razão entre a quantidade de um radioisótopo, impureza radioativa que é incorporada em nível de traço quando o mineral é formado e seu produto de decaimento.

**Diabásio** - rocha ígnea básica, constituída essencialmente por plagioclásio cálcico, piroxênio, minerais opacos, e por vezes olivina, e apresentando freqüentemente a textura ofítica.

**Diastrofismo** - processo de deformação da crosta terrestre, por movimento plástico que envolve o dobramento e o falhamento das rochas.

**EIA** - estudo de impacto ambiental

**Embrapa** - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

**Éon Proterozoico** – éon que se iniciou há 2,5 Ga anos e terminou há 542 Ma; se divide em três eras: paleoproterozoico (2,5 a 1,6 Ga), Mesoproterozoico (1,6 a 1,0 Ga), e Neoproterozoico (1,0 Ga a 542 Ma).

**Éon** - maior subdivisão de tempo na escala de tempo geológico.

**Escala de detalhe** - escala cartográfica, maior que 1:10.000, utilizada para realização de trabalhos, estudos e coleta de dados.

**Escala de semidetalhe** - escala cartográfica, compreendida entre 1:10.000 e 1:100.000, utilizada para realização de trabalhos, estudos e coleta de dados.

**Escala regional** - escala cartográfica, menor que 1:100.000, utilizada para realização de trabalhos, estudos e coletas de dados.

**Feldspato** - um dos grupos minerais constituídos por silicatos de alumínio com potássio, sódio e cálcio e, raramente bário, formando três grupos principais: os feldspatos potássicos, os feldspatos calco-sódicos e os feldspatos báricos, cristalizando no sistema monoclinico ou triclinico

**Gnaisse** - rocha formada a partir de granito (Ortognaisse) ou rochas sedimentares (Paragnaisse) por altas pressões e temperaturas.

**Graben** - depressão de origem tectónica, geralmente com a forma de um vale alongado com fundo plano, formada quando um bloco de território fica afundado em relação ao território circundante em resultado dos movimentos combinados de falhas geológicas paralelas ou quase paralelas.

**Granito** - rocha ígnea de granulometria grossa composta principalmente por quartzo, feldspato e plagioclásio, formada por magma com alto teor de sílica e óxidos de metais alcalinos que solidifica lentamente no subsolo.

**Grupo** - unidade litoestratigráfica formal, de categoria superior à formação e constituído necessariamente pela associação de duas ou mais formações, relacionadas por

características ou feições litoestratigráficas comuns ou por referências litoestratigráficas que o delimitam.

**Hornblenda** - mineral do grupo dos anfibólios.

**IAEA** - International Atomic Energy Agency

**IBAMA** - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

**IBGE** - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

**INEA** - Instituto Estadual do Ambiente, Rio de Janeiro

**IPHAN** - Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional

**IPT** - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

**Local** - área geográfica adequada para conter um depósito.

**Local candidato** - local favorável selecionado, dentre as áreas potenciais, através da aplicação de estudos técnicos de profundidade crescente em relação aos anteriormente aplicados. Dentre os locais candidatos será escolhido e confirmado, pela autoridade competente, aquele destinado à instalação de um depósito de rejeitos radioativos.

**Migmatito** - rocha ígnea/metamórfica originada de uma rocha da família dos granitóides que passou por um processo de fusão parcial e recristalização.

**Morfoestrutura** - Feição em que a forma de relevo e a drenagem estão estreitamente relacionadas à estrutura geológica, seja ela de caráter dobrado, falhado ou lineagênico, podendo apresentar feição positiva ou negativa, ou ainda estar à superfície ou então inumada por espessa sequência sedimentar.

**PIB** – produto interno bruto

**Plagioclasio** - mineral do grupo dos feldspatos..

**Região de interesse** - espaço territorial inicialmente identificado no processo de seleção e escolha de locais, em nível regional.

**Rocha metamórfica** - rocha formada a partir de uma rocha preexistente, que sofre mudanças físicas e químicas pela ação de altas pressões e temperaturas.

**Rocha metassedimentar** - rocha metamórfica formada pela deposição e solidificação de sedimentos que são, depois sepultados sob outras rochas e são submetidos a alta pressão e temperatura, se recristalizando.

**Rocha metavulcânica** - rocha originalmente formada por lava ou tefra e que é, depois, recristalizada sob alta pressão e temperatura.

**Silte** - todo e qualquer fragmento de mineral ou rocha menor do que areia fina e maior do que argila que, na escala de Wentworth, corresponde a diâmetro  $> 4 \mu\text{m}$  e  $< 64 \mu\text{m}$  ( $1/256 = 0,004$  a  $1/16 = 0,064$  mm).

**Sm-Nd** - samário-neodímio: técnica de datação de minerais que mede a razão entre o radioisótopo natural  $^{147}\text{Sm}$  (meia-vida de 106 bilhões de anos), que decai por emissão de partícula alfa, e o isótopo estável  $^{143}\text{Nd}$ , formado no decaimento.

**Tefra** - material fragmentado produzido por uma erupção vulcânica (piroclasto).

**Trondhjemito** - rocha granítica rica em plagioclásio com presença de piroxênio em sua mineralogia.

**U-Pb** - urânio-chumbo: técnica de datação de minerais que mede a razão entre o radioisótopo natural  $^{238}\text{U}$  (meia-vida de 4.5 bilhões de anos), que decai para vários outros radioelementos em uma série chamada de cadeia do urânio, e o isótopo estável  $^{206}\text{Pb}$ , último isótopo da cadeia de decaimento.

**Xisto** - rocha metamórfica formada a partir de folhelho ou lama e identificável por ser laminada.

**ZCRPS** - Zona de Cisalhamento do Rio Paraíba do Sul

$\varphi$  - Latitude

$\lambda$  - Longitude



## Sumário

1. Introdução	15
2. Critérios de investigação	17
3. Região de Interesse	21
3.1. Rio Paraíba do Sul	23
3.2. Aspectos Políticos e Administrativos	27
3.3. Uso e ocupação do solo	28
3.4. Áreas de patrimônio histórico, cultural e artístico	33
3.5. Áreas de interesse minerário	34
3.6. Distribuição territorial dos municípios	36
3.6.1. Vale do Rio Paraíba do Sul – Paulista e Fluminense	36
3.6.2. Área de Influência – Litoral norte de São Paulo e Litoral sul fluminense	37
3.7. Fatores Geomorfológicos	41
3.8. Fatores Geológicos	43
3.8.1. Plotagem da Litologia regional sobre limites municipais	45
3.8.2. Anomalias de Bouguer	47
3.9. Tectônica geral	48
3.9.1. Tectônica regional	49
3.9.2. Sismicidade regional	50
3.10. Fatores Hidrogeológicos	53
3.11. Recursos Hídricos	55
3.11.1. Recursos Hídricos Superficiais	56
3.11.2. Recursos Hídricos Subterrâneos	57
3.12. Clima Regional	58
3.13. Cobertura Vegetal	60
3.14. Unidades de Conservação	60
4. Exercício de análise aplicada a um modelo de área preliminar	64
4.1. Análise espacial e caracterização de área municipal	66
4.2. Georreferenciamento e redução escalar	69
4.3. Identificação e caracterização Geológica	75
4.4. Análise geomorfológica e topográfica do modelo de área preliminar	76
4.5. Análise logística ao modelo de área preliminar	79
4.5.1. Localização das principais instalações radioativas e nucleares	80
4.5.2. Sistemas de transportes regionais	81
4.5.3. Terrestres: rodovias e ferrovias	82
4.5.4. Aeroportos e aeródromos	83
5. Conclusão	86
6. Referências	92



## 1. Introdução

O processo de seleção e escolha de **locais**, ideais à instalação de um repositório, envolve a identificação, caracterização e análise de um conjunto de fatores, ambientais e antrópicos, que caracterizam uma determinada **região de interesse**, e atuação de forma ininterrupta, sobre durabilidade e sustentabilidade de um repositório, e determinarão seu potencial de retenção dos radionuclídeos em relação ao meio ambiente e à dinâmica característica do ecossistema regional pesquisado.

A adequação do local deve atender aos critérios estabelecidos a partir das especificações técnicas referentes ao modelo de repositório adotado, conforme legislação ambiental e regulamentos referentes às instalações radioativas estabelecidas na Norma CNEN NE 6.06 para Seleção e Escolha de Locais para Depósitos de Rejeitos Radioativos – Resolução CNEN 014/89, Publicação: D.O.U. 24.01.90, aplicada na caracterização, identificação e análise do conjunto de fatores prévios que caracterizam o modelo da região de interesse adotado.

Como modelo utilizado, o Vale do Rio Paraíba do Sul condiz com vários aspectos prévios que foram analisados e discutidos para colocarmos em prática um estudo direcionado à caracterização, identificação e análise dos fatores que justificariam a a região como de interesse ao repositório, dentre os quais: **a)** posicionamento geográfico estratégico no contexto nacional de produção de materiais caracterizados como rejeitos radioativos de atividade baixa e média; **b)** aspectos geológicos, que proporcionam corpos rochosos do tipo e com dimensões físicas que atendam aos critérios de viabilização física do projeto; **c)** configuração de área, referente à distribuição espacial, de infraestrutura e formas de uso e ocupação do solo, que garantem distanciamento seguro em relação às grandes concentrações urbanas, relativa equidistância aos principais centros produtores de rejeitos do país e potencial de operacionalidade logística à instalação.

Desta forma, a caracterização regional tem como objetivo identificar locais que atendam aos requisitos mínimos necessários e possam ser considerados como áreas potencialmente satisfatórias ao projeto, e aptas a serem selecionadas como locais candidatos a um eventual uso voltado à instalação de um repositório.



## **2. Critérios de investigação**

A Norma CNEN NE 6.06, estabelece os requisitos mínimos aplicáveis ao processo de seleção e escolha de locais para depósito de rejeitos radioativos, tendo em vista garantir o confinamento seguro desses materiais, pelo tempo que se fizer necessário à proteção e segurança do homem e do meio ambiente.

Embora essa norma aplique-se à localização de depósitos finais, intermediários ou provisórios, para rejeitos de baixo e médio níveis de radiação, em repositório de subsuperfície, ela define os requisitos mínimos necessários à adequação de um local em relação à capacidade de retenção de radionuclídeos e pode servir de guia para um estudo acadêmico voltado ao desenvolvimento da capacidade de fazer análises de sítio.

Como o país prescinde ainda de um documento equivalente para a localização de repositórios profundos, a CNEN-NE-6.06 será usada como guia regulatório para a localização de um sítio adequado à instalação de um poço tubular profundo destinado à deposição de fontes radioativas seladas em desuso.

A CNEN-NE-6.06 leva em conta as características do local de instalação a partir de fatores hidrogeológicos, ecológicos, socioeconômicos, geológicos e fisiográficos, e especifica as informações que devem estar contidas em relatório final para efeitos do Estudo de Impacto Ambiental – EIA, e se refere à localização, o potencial dispersivo de radionuclídeos através do ar e meio hídrico, repercussão sobre vegetação, e possibilidades de impacto sobre o meio ambiente, seja natural ou antrópico.

Uma caracterização prévia da região de interesse possibilitará futura aplicação de estudos no que diz respeito a previsão de impactos ambientais causados pela implantação e operação do repositório, em termos dos componentes físicos, químicos e biológicos, e estimativa de efeitos potenciais adversos ocasionados pela deposição de rejeitos no local.

Deslocamentos advindos da atividade de deposição, e por outras mudanças nas condições preexistentes ao local, e áreas circunvizinhas, devem ser pensados e analisados a partir do levantamento prévio sobre distribuição da vegetação, tipos de “habitat”, das espécies raras ou ameaçadas, dos “habitats” críticos, e análise das alterações subsequentes, sob forma de garantir a idoneidade das áreas de proteção e preservação do ecossistema, definidos em lei, que constituem em fatores concretos aos critérios normativos da CNEN. Desta forma, tais espaços são expressamente excluídos

de todo, e qualquer processo, de seleção e escolha de locais, ressalvados os espaços de proteção e preservação ambientais, criados em decorrência da localização do repositório.

Em relação à identificação e caracterização de fatores socioeconômicos, há de ser efetuado levantamentos referentes à demografia, jurisdição, e uso da terra e águas, tendo em vista a forma de organização das atividades antrópicas presente na região de interesse, assim como potencial de desenvolvimento, através de políticas urbanas e fundiárias, e relacionadas às terras públicas da união. Considerando que, locais selecionados e escolhidos devem, preferencialmente, estar situados em espaços pertencentes à União e aos Estados, ressalvando aqueles destinados a outros aproveitamentos, designados em Lei, tais como áreas de preservação e proteção ambientais, sítios arqueológicos, paisagens naturais notáveis, e terras indígenas.

Identificar atividades referentes ao uso da terra, como, agropastoris, comerciais, industriais, rede de infraestrutura, e vias de transporte, ao propósito de estabelecer uma projeção de eventuais impactos, diretos e indiretos, à população, e ao contexto das atividades regionais a partir da concretização de projetos direcionados à instalação do repositório.

O Levantamento dos aspectos geológicos, relacionados às principais feições estruturais e tectônicas, geomorfologia, e principais atributos do terreno do sítio, relacionadas à história geológica, hidrogeologia, e propriedades físico-químicas das águas superficiais e subsuperficiais relacionados ao meio geológico, e natureza e propriedades dos solos característicos da região de interesse.

Informações e registros de sismos, e litologia, que caracterizam a região de interesse, a partir do levantamento a nível regional, e local, assim como as características das águas de superfície e subterrâneas, das condições climáticas, observadas através da análise e interpretação dos registros históricos e previsionais. Sendo o estudo dos fatores ambientais naturais, ocorrerem de forma conjunta aos antrópicos, para que todo conjunto ambiental, que constitui a região de interesse, possa ser coerentemente caracterizado.

A relação entre repositório e meio ambiente deve ser identificada e dimensionada, sendo possível estabelecer impactos aos quais o projeto do repositório possa inferir sobre a região, e vice-versa. Além de identificar variáveis que possam alterar de forma significativa as previsões em relação às questões de segurança relacionadas ao potencial de retenção de radionuclídeos depositados, e desta forma manter o nível adequado de segurança em relação à dispersão e contaminação do meio ambiente.

Critérios aplicados ao levantamento regional prévio, permitem classificar e apontar áreas potenciais, junto ao Relatório de Local, como favoráveis ao repositório, e possibilitar o direcionamento de estudos específicos, subdivididos em etapas de pesquisa, com o propósito de melhor aplicação conceitual e definição da potencialidade de áreas que possam ser classificadas como locais candidatos, a serem escolhidos, e confirmados pelas autoridades competentes, ao propósito de instalação de um depósito de rejeitos radioativos do tipo fonte selada em desuso, de baixa e média atividades.

Em etapa inicial, de caracterização regional, há demanda por um menor detalhamento da área em relação às etapas mais avançadas, a serem realizadas in situ, o que permite uma caracterização regional prévia, por meio de análise espacial via remota, em perspectiva de pequena escala, direcionada à redução da região de interesse em áreas preliminares que atendam aos requisitos mínimos do projeto,

Ao otimizar as etapas subsequentes, referentes às análises de maior precisão e exatidão, o propósito de identificação e caracterização dos elementos e atributos locais possibilitam a melhor compreensão da relação entre fatores e variáveis que influenciarão diretamente, e de forma ininterrupta, sobre toda a estrutura física do repositório, assim como fenômenos de interação junto ao meio ambiente, sejam naturais ou antrópicos ao local onde se pretenda definir como local candidato à instalação de um repositório [1].

Ao adotarmos o Vale do Rio Paraíba do Sul como **região de interesse**, utilizamos como critério de análise o conceito de microrregião, subdivisão regional socioeconômica, com especificações geográficas naturais e históricas em comum, formada por um conjunto de municípios limítrofes, com organização espacial específica, além dos aspectos geológicos semelhantes, o que permite analisar, previamente, de forma genérica, as características pertinentes aos critérios necessários à caracterização regional, e subsequente identificação de **áreas preliminares** que tenham **potencial** de estabelecer uma relação metodológica à seleção e escolha de **locais candidatos** ao repositório.

A região analisada, insere ao contexto da bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, em seus alto e médio cursos que abrange microrregiões constituintes do Vale do Rio Paraíba do Sul, fluminense e paulista.

Municípios em áreas litorâneas, localizados sobre unidades relacionadas diretamente a Escarpa da Serra do Mar e Morros Litorâneos [2], caracterizados pela alta densidade de bioma de Mata Atlântica, foram estabelecidas, em primeira análise, e sob efeitos dos critérios estabelecidos pela Norma NE CNEN 6.06, excluídos do processo de seleção e escolha de áreas preliminares, sendo consideradas como áreas de influência, passíveis

de análise ao que diz respeito aos fatores de interação, em relação às áreas incluídas no processo por estarem inseridas no mesmo contexto climático e hídrico que os municípios da região de interesse, e considerados aptos ao processo de investigação preliminar em relação ao seu potencial a local candidato.

### 3. Região de Interesse

O modelo de região de interesse consiste em um recorte espacial que perfaz uma área total aproximada de 18.000 km<sup>2</sup>, localizado em porções das unidades federativas de São Paulo e Rio de Janeiro, estando limitado ao alto e médio curso da bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul.

O alto e médio cursos do rio Paraíba do Sul foi estabelecido com o propósito de investigação de área a partir da aplicação dos critérios fundamentados pela norma CNEN NE 6.06 com objetivo de identificação de áreas potenciais, à elaboração de um inventário constituído por um conjunto de áreas preliminares, destinado à seleção e escolha de locais candidatos à instalação de um repositório de rejeitos radioativos do tipo fonte selada em desuso, de baixa e médias atividades.



**Figura 1.** Recorte regional referente ao alto e médio Vale do Rio Paraíba do Sul nas unidades federativas de São Paulo e Rio de Janeiro.

A região de interesse é orientada de forma paralela à faixa litorânea da região sudeste brasileira, e delimitada, em perspectiva latitudinal oblíqua, no sentido SW-NE, e limitada pelas unidades morfoestruturais da Bacia de Taubaté, a sudoeste, e a Bacia de Volta Redonda, a nordeste, estando a Serra da Mantiqueira localizada por toda porção setentrional da área.

Em sua porção meridional as Serras do Mar e Bocaina interagem com a planície costeira e os planaltos de Paraitinga e Paraibuna, localizados entre os interflúvios do vale do Rio Paraíba do Sul que abrange todo complexo de drenagem da bacia.

Ambas margens, dentro da área delimitada pelos interflúvios que limitam a unidade morfoescultural do vale, configuram uma faixa longitudinal oblíqua, que se estende desde a Serra da Mantiqueira à Serra do Mar que acompanha toda a linha de costa.



**Figura 2.** Delimitação de área referente à Região de Interesse.

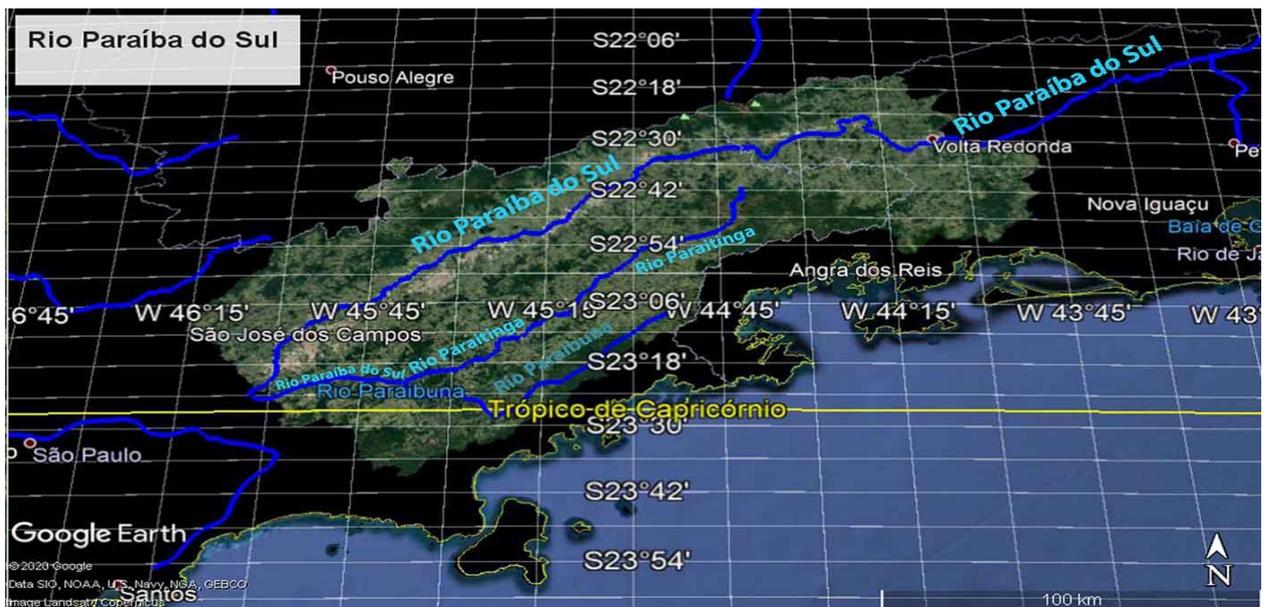
A compartimentação topográfica da região é caracterizada por planícies de Inundação, representadas pelo batólito granítico do Jaburu e Espigão Motas São Gonçalo, à margem direita do rio Paraíba do Sul, e terrenos sedimentares terciários, à margem esquerda, colinas terciárias, e morros cristalinos que emolduram a faixa central e A rede de drenagem que compõe a Bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul ocupa uma área de aproximadamente 56.500 km<sup>2</sup>, com vazões fluviais, que em geral, apresentam grande variabilidade sazonal e certa regularidade garantida pelos reservatórios de cabeceira dos

rios Paraitinga, Paraibuna, Santa Branca e Jaguari, sendo a situação pouco alterada pelos afluentes do Paraíba a jusante destes reservatórios.

Configuram as áreas de maior altimetria topográfica, e constituem em degrau intermediário entre as áreas sedimentares de menor altimetria, e os alinhamentos mais vigorosos representados pela Serra da Mantiqueira e Serra da Bocaina.

### 3.1. Rio Paraíba do Sul

O Rio Paraíba do Sul é resultado da confluência entre os rios Paraibuna e Paraitinga, e inicia seu percurso a partir das águas represadas do Paraibuna pela barragem da Usina Hidroelétrica Paraibunense, localizada no Estado de São Paulo, e segue seu percurso de aproximadamente 1.150 km ao longo de toda extensão do Vale até sua foz na praia de Atafona, localizada no município de São João da Barra no litoral norte fluminense.



**Figura 3.** Mapeamento dos principais cursos hídricos que compõem a Bacia do rio Vale do Paraíba do Sul ao longo da Região de Interesse ao repositório.



**Figura 4.** Percurso do rio Paraíba do Sul até sua foz no município de São João da Barra, no distrito de Tafona no litoral fluminense, nas coordenadas: 21° 38'24" S; 41° 03'03" W (Datum: Sirgas 2000)



**Figura 5.** Vista do Rio Paraíba do Sul próximo ao município paulista de Jacareí.

Por estar localizado em uma região de alto índice de desenvolvimento urbano e industrial, responsável por cerca de 10 % da arrecadação do PIB nacional, o rio Paraíba do Sul abastece em torno de 15 milhões de pessoas, das quais 87 % residentes em regiões metropolitanas como a do Rio de Janeiro, com população estimada em mais de 8 milhões de habitantes, o que resulta em intenso impacto causado pelo consumo urbano, industrial e produção energética, o que contribuí consideravelmente para contínuo aumento da

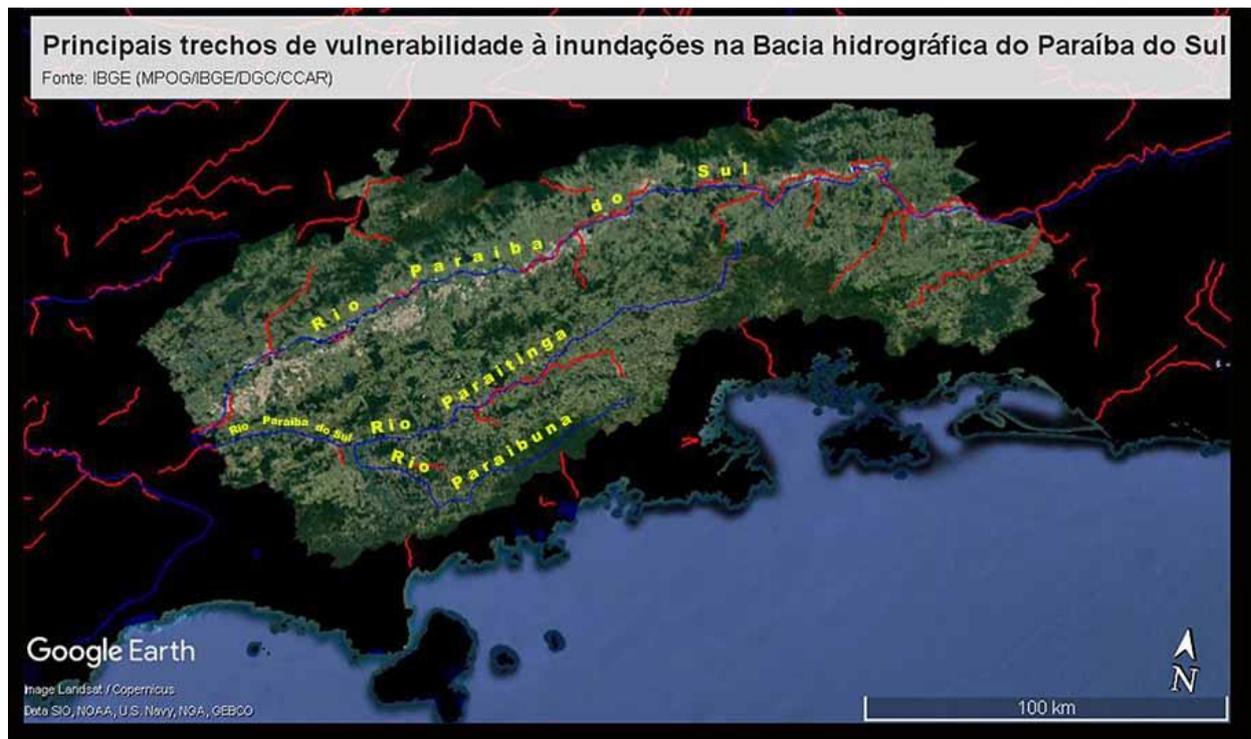
demanda de água, riscos de escassez e configuração de sérios quadros de degradação ambiental e indícios de comprometimento qualitativo dos recursos hídricos regionais.



**Figura 6.** Vista aérea do Rio Paraíba do Sul no município fluminense de Barra Mansa, ( $\varphi = 22^{\circ}32'39''$  S;  $\lambda = 44^{\circ}10'17''$  W / **Altitude:** 381 metros)

O sistema de bacias fluviais é subdividido por quatro subsistemas fundamentais de superfície, intrinsecamente interligados, dentre os quais o próprio **leito do rio** Paraíba do Sul e seus afluentes, **subsistema do canal fluvial** composto por canal ativo onde o fluxo de água é mais rápido, meandros ou canais abandonados das curvas meândricas, e barras de acresção lateral, ambientes de deposição compostas por sedimentos grosseiros, principalmente areias, e **subsistema da planície de inundação** que corresponde ao leito maior, que é regularmente ocupado pelas cheias e em sua maior parte é formada por sedimentos grossos advindos da movimentação lateral do canal fluvial coberto por sedimentos finos advindos da carga suspensas das águas de cheia, e apresenta as seguintes unidades morfológicas:

**(a)** Cordões marginais convexos ou arco meândrico: saliências e depressões nas margens convexa das curvaturas meândricas formadas à medida que o canal fluvial migra lateralmente em direção à margem côncava, devido ao depósito lateral de sedimentos; **(b)** Diques marginais: cristas ou saliências formadas acima da superfície da planície de inundação e adjacentes ao canal fluvial, geralmente contendo material de maior granulometria depositado durante as fases de transbordamento;



**Figura 7.** Sobreposição dos o dos trechos vulneráveis à inundações sobre os três principais rios que formam a Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul.

**(c)** Bacias de inundações: *terrenos baixos localizados entre os diques marginais e os terraços ou vertentes, onde predominam depósitos de sedimentos finos.* **(d)** Diques de rompimento: *depósitos formados durante as cheias a partir do rompimento dos diques marginais;* e **Subsistema dos terraços fluviais** que constituem planos horizontais ou sub-horizontais topograficamente mais altos que a planície de inundações, que as águas de inundações raramente alcançam. Pode ser definido como antigas planícies de inundações que foram abandonadas, sendo composto então pelos materiais sedimentares típicos destas planícies.[3]

O diagrama unifilar hidrográfico é uma representação cartográfica, sintética e esquemática da organização estrutural da rede fluvial, reproduzindo a topologia hídrica dos trechos de cursos d'água e confluências, simbolicamente representadas por segmentos de linhas conectados (TEIXEIRA et al., 2007) [4]



**Figura 8.** Principais trechos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. Interconectados pela hidrografia unifilar, plotados sobre área da região de interesse.

### 3.2. Aspectos Políticos e Administrativos

A região de interesse não é definida como unidade administrativa formal, mas por definição regional genérica, sob aspectos geológicos, geomorfológicos, hidrográficos e climáticos comuns, onde o histórico de ocupação antrópica, relacionada aos distintos ciclos econômicos do Brasil, confeririam características culturais e históricas semelhantes, e que constituíram, no imaginário coletivo, uma definição cultural de região que espacialmente abrange porções das unidades federativas de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, sendo formalmente submetida a distintas autarquias estaduais com aplicabilidades legislativas distintas.

Em termos legais, a região de interesse é coberta por administrações de autarquias vinculadas ao governo federal, governos estaduais, paulista e fluminense, e municipais, e, portanto, passível de aplicabilidades institucionais, administrativas e jurídicas das diferentes hierarquias administrativas.

Gerência e fiscalização dos recursos hídricos, na porção paulista é submetida à CETESB, autarquia estadual, responsável pelo controle, fiscalização, monitoramento e licenciamentos ambientais, enquanto que o INEA, é responsável pelo controle, na jurisdição fluminense, estando ambas vinculadas à jurisprudência de autarquia federal

do IBAMA, que é submetido ao Ministério do Meio Ambiente, e cobre todo território nacional.

No que diz respeito aos recursos minerais, a ANM, autarquia federal, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, é responsável pela gestão das atividades de mineração, hidrocarbonetos e substâncias nucleares, e detém jurisdição de influenciar sobre a escolha de áreas preliminares sobre áreas de relevante interesse mineral da União.

### **3.3. Uso e ocupação do solo**

O histórico de ocupação no Vale do Rio Paraíba do Sul, iniciado a partir do processo de colonização portuguesa, é caracterizado por intensas e constantes intervenções antrópicas sobre o meio ambiente, que ao longo do tempo, redefiniu o arranjo espacial das populações, e tipos de atividades relacionadas à exploração dos recursos naturais configurando uma dinâmica intimamente relacionada aos períodos econômicos da história brasileira.

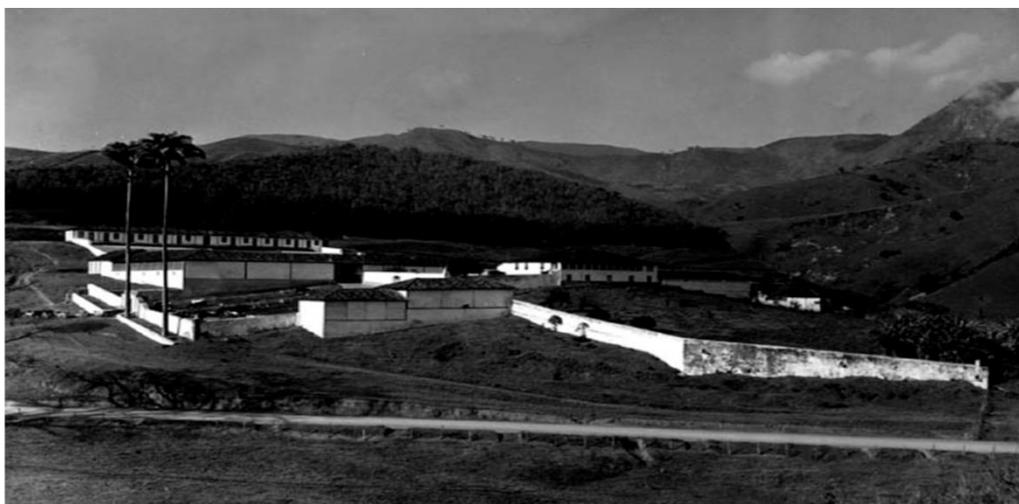
O ciclo açucareiro, estruturado sobre modelo latifundiário escravocrata voltado à monocultura da cana-de-açúcar, apesar de sua participação secundária em relação à produção colonial, consistiu na primeira atividade econômica na região relacionada à exploração do solo. Foi a partir do final do Século XVIII, durante o ciclo do ouro nas cidades mineiras, que a região se constituiu como área de povoamento e interligação entre as zonas produtoras auríferas e a cidade do Rio de Janeiro.

A região ganhou grau de importância econômica com a introdução da produção cafeeira, sendo pioneira no desenvolvimento efetivo da produção no Brasil, introduzida ao Médio Vale do Paraíba em finais do Século XVIII.

Com o declínio da produção aurífera em Minas Gerais, e inserção da cultura cafeeira, o Vale do Rio Paraíba do Sul se torna principal eixo econômico do Brasil, o que possibilitou extraordinário desenvolvimento econômico regional em seu auge, entre os anos de 1830 e 1850, o que intensificou a ocupação e áreas de cultivo, assim como os impactos das atividades antrópicas sobre o meio ambiente, dando início aos processos de degradação ambiental, principalmente os relacionados ao constante e crescente desmatamento de áreas nativas da Mata Atlântica, com o propósito de expansão das áreas de cultivo, o que resultou na redução da fertilidade do solo, aumento de áreas de vulnerabilidade e intensificação de processos erosivos.



**Figura 9.** O Rio Paraíba do Sul em gravura de Johann Moritz Rugendas, de 1835. Domínio público. *Fonte: Biblioteca Nacional Digital*



**Figura 10.** Fazenda Pau d'Alho, São José do Barreiro, SP. Fotografia de Germano Graeser. *Fonte: Acervo do IPHAN, 9a. SR, São Paulo*

A intensificação dos processos de degradação ambiental, decorrentes do uso extensivo do solo e expansão contínua das áreas de cultivo cafeeiro, resultaram em rápido exaurimento da fertilidade do solo, e conseqüente colapso da produção, acarretando uma agravante condição de declínio e decadência econômica e social na região.

Impulsionado pelo fim do tráfico negreiro, que envelheceu e encareceu a mão de obra na produção que contava exclusivamente com o trabalho escravo, a cultura do café entra em declínio. A combinação deste fator socioeconômico com fatores relacionados aos impactos ambientais, resultou no abandono, e substituição da região do Médio Vale do Paraíba do Sul, como polo produtor cafeeiro, para a região do oeste paulista, em ascensão, legando à região do Vale do Rio Paraíba do Sul um quadro de abandono.

Além do quadro de decadência econômica e social, um cenário caracterizado pela degradação ambiental irreversível, principalmente no que diz respeito ao relevo de “mares de morros”, que outrora caracterizavam áreas de Mata Atlântica, e substituída pela lavoura do café, pastos e capoeiras que foram marcadas por processos erosivos nas vertentes, e entulhamento dos fundos de vales que alteraram profundamente o equilíbrio e a dinâmica hidrológica da bacia.

Após a fase de decadência cafeeira, o Vale do Rio Paraíba do Sul retoma papel de importância no contexto econômico brasileiro a partir do período de planejamento estatal, direcionado à industrialização. Durante a Era Vargas, quando há início de sua constituição como principal eixo de interligação entre as regiões industriais de base, localizadas no estado do Rio de Janeiro. Destaque para a CSN em Volta Redonda, e os principais polos industriais do país, com destaque à indústria automobilística localizada em São Bernardo do Campo, além de interligação rodoviária entre as cidades de São Paulo e a sede federal administrativa na cidade do Rio de Janeiro, até a transferência da capital federal para Brasília em 1960.

Com a inauguração da Via Dutra em 1951, e sua conclusão em meados dos anos 1960, a região do Vale do Rio Paraíba do Sul firma seu papel de principal eixo rodoviário e ferroviário do Brasil, e se torna a principal área de escoamento da produção de base industrial, fluxo de bens e insumos, conferindo a região papel central de interesse estratégico ao país.

Investimentos direcionados à instalação de centros industriais e tecnológicos (Embraer, Instituto Tecnológico da Aeronáutica, Industrias Nucleares do Brasil) ao longo do trecho viário, e início das atividades de prospecção petrolífera em São Sebastião e instalação de refinarias da Petrobras e das usinas nucleares em Angra dos Reis, a região também assume papel principal como polo tecnológico e energético, reforçando sua importância econômica no processo de desenvolvimento nacional.

Atualmente a rizicultura é a principal cultura agrícola da região, considerada principal área produtiva do Estado de São Paulo, sendo a pecuária leiteira apontada com destaque no contexto da produção regional, caracterizada pelo alto emprego técnico que visa a sofisticação do produto, sendo responsável por grande parte da produção do setor, principalmente no que diz respeito aos produtos do tipo A e B.



**Figura 11.** Inauguração da Via Dutra (então BR-2) realizada na altura de Lavrinhas-SP permitindo o tráfego de veículos entre a Capital Federal, Rio de Janeiro, e o polo industrial de São Paulo. Fonte Banco de dados *Folha de São Paulo*.



**Figura 12.** Vista aérea da usina da CSN em Volta Redonda – RJ, às margens do Rio Paraíba do Sul.

A proximidade das unidades produtivas aos principais centros consumidores, interligados por uma eficiente rede logística, garantem forte dinamismo aos setores agrícolas, desta forma, todo o conjunto de atividades concentradas ao longo do eixo entre as Regiões Metropolitanas do Rio de Janeiro e São Paulo contribuem ao desenvolvimento regional e maior inserção econômica da região no contexto econômico nacional.

O elevado dinamismo econômico apresenta como consequência forte incidência de fatores antrópicos sobre os recursos naturais, que estão relacionados à crescente relação entre demanda do mercado consumidor e aumento da produção, que acarretam consideráveis impactos sobre o equilíbrio ambiental, e ao aumento da vulnerabilidade dos recursos hídricos regionais.

Além dos impactos sobre o meio ambiente e os recursos naturais, a forte ligação entre dinamismo econômico regional e os períodos macroeconômicos, em escala nacional, e internacional, ocasionam impactos significativos, de acordo com o momento histórico, sobre o arranjo espacial e distribuição da população na região,

Como apontado pela Norma CNEN NE 6.06, sobre aspectos sociais a serem analisados durante as etapas do processo de seleção de locais candidatos, há de ser levado em conta os diversos modos de distribuição e arranjos espaciais da população, além dos tipos de ocupações humanas nas áreas circunvizinhas às áreas preliminares identificadas. A tendência de expansão da malha urbana, não deve ser somente analisada a partir da óptica relacionada aos projetos oficiais de planejamento das administrações estatais.

Identificação de comunidades tradicionalmente estabelecidas, e reconhecidas de forma institucional, deve ser complementada pela análise de tendências relacionadas ao crescimento informal da população, em meio urbano e rural, que escapam das diretrizes institucionais, e se configuram como variáveis relevantes do contexto socioeconômico que fogem da lógica formal de planejamento, que podem configurar quadros imprevisíveis sobre a viabilidade do processo de planejamento de instalação do repositório.

A Região Metropolitana do Vale do Paraíba, e Litoral Norte, foi criada em 2010, e agrega trinta e nove municípios com uma população total de 2.340.891 habitantes, segundo dados do Censo Demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE deste mesmo ano, configurando um quadro geral de desafios crescentes, sendo os mais significativos os relacionados à relação entre demografia e impactos ambientais.

As consequências ambientais são decorrentes do acelerado processo de crescimento e desenvolvimento econômico, fomentado por grandes investimentos estatais direcionados à modernização e ampliação da infraestrutura, principalmente relacionadas à exploração de combustíveis fósseis e transporte viário, durante os anos 2000, resultaram substancial impacto sobre a dinâmica demográfica regional, observada na década subsequente ao Censo de 2010, quando alguns municípios da região apresentaram algumas das maiores taxas de crescimento demográfico do Estado de São Paulo e do Brasil.

A região por abrigar alguma das principais reservas de recursos hídricos e biodiversidade da Região Sudeste do Brasil, aponta para o estabelecimento de conflitos relacionados à gestão destes recursos. A relação entre crescimento econômico e demográfico em curso,

resulta no aumento da complexidade dos desafios que a região poderá enfrentar em um futuro próximo, inclusive aos relacionados à vulnerabilidade socioambiental da população às questões de contextos oriundos das mudanças climáticas e ambientais em escala global [4].

### **3.4. Áreas de patrimônio histórico, cultural e artístico**

A rica história do Vale do Rio Paraíba do Sul, legou à região de interesse não somente desenvolvimento econômico, tecnológico e aumento populacional, mas um vasto acervo patrimonial, em especial os relacionados ao Ciclo cafeeiro, que conferem o potencial de turístico histórico e cultural da região.

As antigas edificações das fazendas de café, tombadas pelos órgãos de preservação, como o IPHAN e CONDEPHAAT, de autarquias, federal, e da Secretaria de Estado da Cultura de São Paulo, respectivamente, conferem a paisagem bucólica remanescente no Vale do Rio Paraíba do Sul.

Como estabelecido pela Norma CNEN 6.06, as áreas de relevante interesse artístico, histórico e cultural devem ser excluídas do processo de seleção de sítios destinados ao repositório, sendo que, em razão de tombamentos patrimoniais por instituições oficiais, há de se tomar as precauções necessárias em relação aos critérios adotados pelas distintas instituições responsáveis pela preservação do patrimônio material, atuantes sobre a região de interesse, pois adotam metodologias distintas aos processos de tombamento, e ambas podem atuar sobre um mesmo imóvel, que é o caso da maioria das antigas edificações da época cafeeira.

Os critérios de tombamento e proteção adotados pelo IPHAN, que distintamente ao Condephaat que atua sobre a unidade predial, inclui, sobre o tombamento, critérios que variam desde a poligonal referente ao terreno das edificações quanto às macro áreas e zonas de preservação em torno do conjunto urbanístico, ou rural.



**Figura 13.** Sede da Fazenda Resgate tombada pelo Condephaat no município de Bananal, localizada na Estrada Nova para Barra Mansa – Km 324. *Relevante Importância histórica e artística. Fonte: Acervo Condephaat<sup>1</sup>*

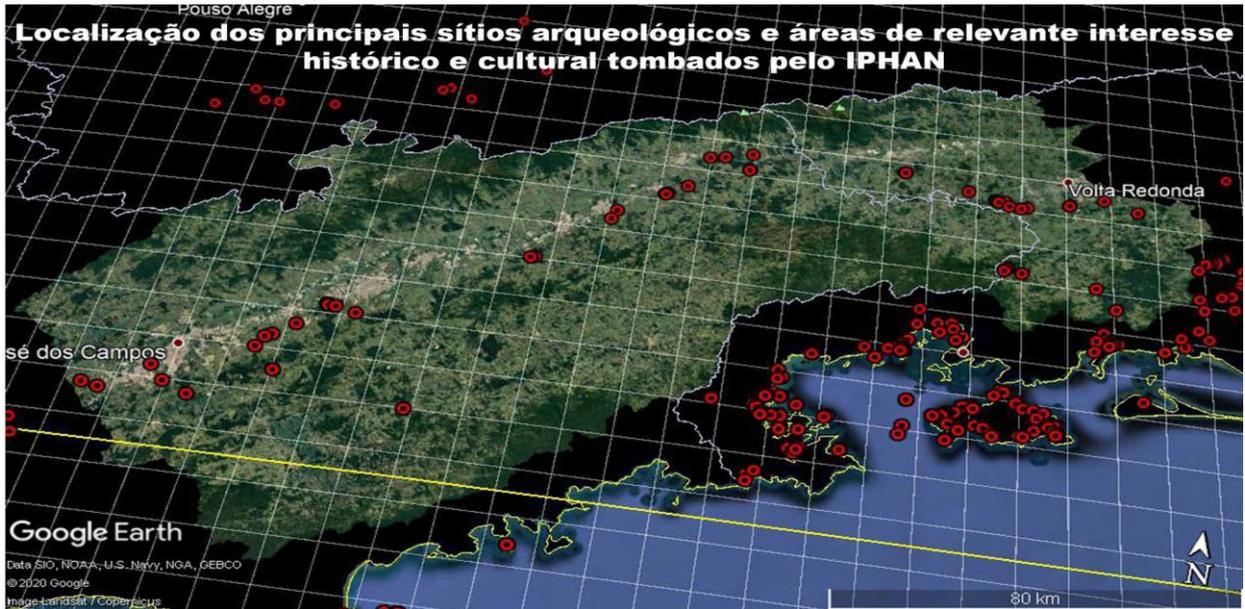
Para efeitos de seleção de locais candidatos à instalação do repositório, em proximidade a áreas tombadas, há de ser considerado os impactos inerentes durante todo processo de concretização do projeto do repositório, desde a etapa de licenciamento, e identificá-los, em relação ao potencial de interferência, durante a etapa operacional do repositório, sobre a idoneidade das estruturas tombadas, e de acordo com os critérios adotados de formas distintas pelos dois órgãos.

### **3.5. Áreas de interesse minerário**

O setor de minerário é uma das principais atividades econômicas do Vale do Rio Paraíba do Sul, principalmente as relacionadas à extração de materiais destinados à construção civil, que se concentram principalmente na área referente às bacias sedimentares de Taubaté e Resende, e ao longo da Soleira de Queluz, que coincide com o curso do rio Paraíba do Sul e pelo trajeto do eixo da malha rodoviária Presidente Dutra.

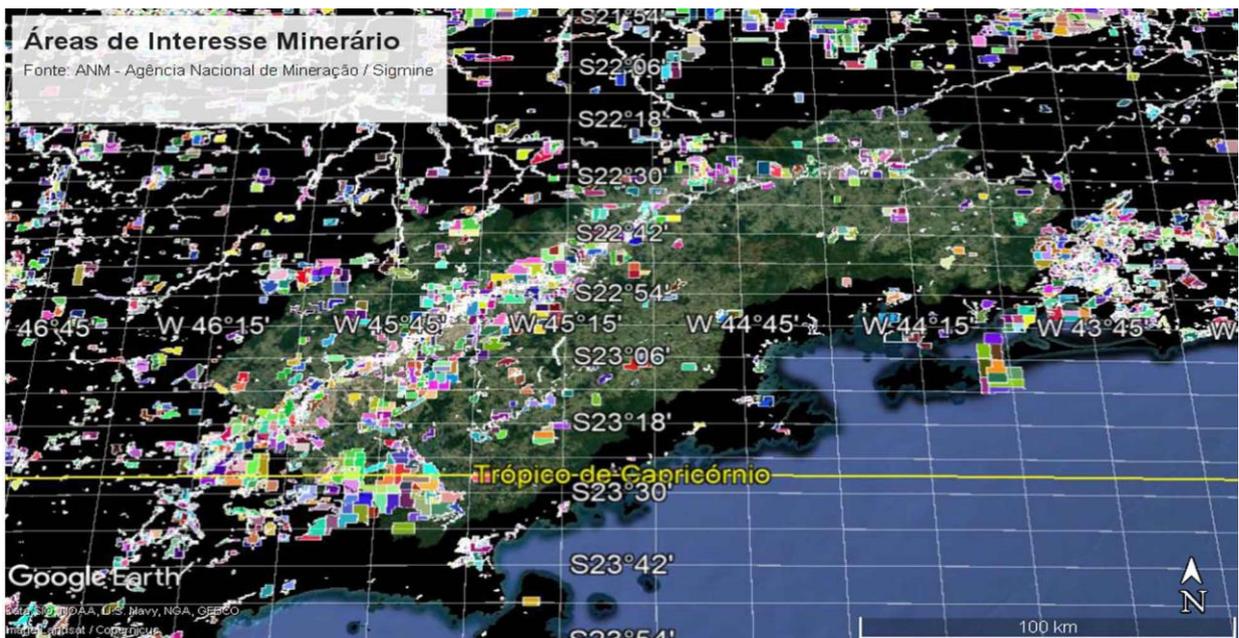
---

<sup>1</sup>“A casa, um solar assobradado construído em taipa de pilão e pau-a-pique, com planta retangular e telhado em quatro águas, constitui um dos mais ricos e requintados exemplos de moradia rural do período cafeicultor no Vale do Paraíba, em seu interior encontram-se pinturas de José Maria Villaronga.” **Fonte:** Processo de Tombamento: 22050/82. Resolução ex-offício de 12/05/1982. Inscrição nº 50, p. 3, s.d <http://condephaat.sp.gov.br/benstombados/sede-da-fazenda-resgate/>



**Figura 14.** Localização dos principais sítios arqueológicos na área de estudo – cnsa – IPHAN 2018 – relacionados à edificações tombadas datadas desde o ciclo cafeeiro.

O banco de dados do Protocolo Digital da ANM, nos permite identificar a localização, dimensão e produto de extração das principais unidades de mineração presentes na região, assim como as fases de licenciamento e operação submetidas e cadastradas à agência.



**Figura 15.** Mosaico do conjunto de áreas minerárias protocoladas junto à ANM. Fonte: Sigmim\_Agência Nacional de Mineração.

A análise dos levantamentos minerários regionais protocolados nos permite a identificar e analisar dados detalhada referentes aos processos das unidades minerárias, em quaisquer de suas fases:

**a)** requerimento de pesquisa, **b)** licenciamento, **c)** operação, **d)** abandono ou descomissionamento.

O que possibilita, por exclusão dos perímetros minerários, o apontamento dos de áreas que atendam aos critérios de seleção e escolha de locais destinados à instalação de rejeitos radioativos segundo a Norma CNEN NE 6.06, que ressalva as áreas de interesse minerário ao processo de análise a locais favoráveis ao repositório.

### **3.6. Distribuição territorial dos municípios**

A distribuição territorial do recorte utilizado para estudo do modelo da região de interesse abrange municípios que integram as unidades federativas do Rio de Janeiro e São Paulo.

Com propósito de identificar fatores de interações sistêmicas, não restritos unicamente ao recorte regional adotado, foi considerada a porção que abrange a faixa costeira como área de influência devido a seu caráter de continuidade geográfica à região de interesse.

#### **3.6.1. Vale do Rio Paraíba do Sul – Paulista e Fluminense**

Em sua composição territorial administrativa, a região de interesse é formada pelo conjunto de 44 áreas municipais, sendo 35 na porção paulista e 09 na fluminense, com aspectos legislativos, de fiscalização e jurisprudência, que incidem autarquias municipais, estaduais, e federal, as quais, não necessariamente incidem os mesmos parâmetros legais e administrativos, embora, em termos legais, a legislação mais abrangente, como ao exemplo as relacionadas aos aspectos ambientais, acabam se sobrepondo às demais.

Apesar dos critérios estabelecidos pela Norma CNEN NE 6.06 incluírem, de forma subjetiva, os critérios de Estudo de Impacto Ambiental (EIA), que devem estar contidos no relatório técnico final em relação às áreas potenciais, a análise das demais legislações incidentes sobre estas áreas devem ser aprofundadas com o propósito de se identificar quaisquer limitações legais não previstas ao projeto de um repositório em sua forma integral.

Desta forma, a subdivisão da região de interesse, e identificação dos limites municipais, possibilita a identificação das possibilidades de legais e normativas de autarquias

municipais incidentes sobre áreas preliminares, sendo que, para efeitos do presente estudo, as autarquias analisadas, que influem diretamente sobre a região de interesse, são:

- a)** Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA);
- b)** Agência Nacional de Águas (ANA);
- c)** Agência Nacional de Mineração (ANM); **d)** Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN); **e)** Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN).

Sendo as autarquias estaduais: a) Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB); b) Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico (Condephaat), de autarquia do governo do estado de São Paulo; c) Instituto Estadual do Ambiente (INEA), de autarquia do governo do estado do Rio de Janeiro.

Tomando como exemplo aos órgãos de preservação do patrimônio cultural, critérios e normativas de tombamento distintos podem atuar de forma complementar sobre um mesmo imóvel, podendo eventualmente haver incidência de normativas municipais previstas nos planos diretores municipais.

Portanto, a identificação prévia dos limites municipais, plotados sobre a área da região de interesse, consiste em ferramenta fundamental para definição das jurisprudências atuantes sobre um sítio durante etapa de análise aplicada às áreas preliminares.

### **3.6.2. Área de Influência – Litoral norte de São Paulo e Litoral sul fluminense**

A delimitação de uma Área de Influência, passível de verificação, em complemento a caracterização da região de interesse, tem a finalidade de identificar fatores e variáveis que incidem e influenciam de forma conjunta, e definem as características de uma única área geográfica.

Sendo a região de interesse e a área de influência um tipo de classificação artificial, ambas são o prolongamento do contexto natural de uma mesma região, e algumas características podem ser subdivididas naturalmente e outras se definem pelo seu caráter contínuo. Por exemplo, fatores geológicos, que subdividem uma região em duas áreas distintas, a partir das características litológicas, não se aplicam a mesma lógica que fatores dinâmicos, como os climáticos, que extrapolam uma única dimensão regional.



**Figura 16.** Áreas municipais que integram a região de interesse

1	Igaratá	2	Jacareí	3	Santa Branca	4	São José dos Campos
5	Jambeiro	6	Paraibuna	7	Monteiro Lobato	8	Caçapava
9	Redenção da Serra	10	Natividade da Serra	11	Santo Antônio do Pinhal	12	Tremembé
13	Taubaté	14	São Luís do Paraitinga	15	São Bento do Sapucaí	16	Campos do Jordão
17	Pindamonhangaba	18	Lagoinha	19	Potim	20	Roseira
21	Aparecida	22	Guaratinguetá	23	Cunha	24	Piquete
25	Lorena	26	Cruzeiro	27	Cachoeira Paulista	28	Canas
29	Lavrinhas	30	Silveiras	31	Queluz	32	Areias
33	Itatiaia	34	Resende	35	Arapeí	36	São José do Barreiro
37	Quatis	38	Porto Real	39	Barra Mansa	40	Bananal
41	Volta Redonda	42	Pinheiral	43	Piraí	44	Rio Claro

A caracterização dos fatores naturais, permite a compreensão das interações entre fatores incidentes sobre a região de interesse, assim como identificar possíveis variáveis, e dimensionar potenciais impactos decorrentes das interações sistêmicas sobre uma determinada delimitação de áreas que formam uma região geográfica.

Desta forma a região que abrange o litoral norte de São Paulo e litoral sul fluminense, excetuando o baixo curso do Rio Paraíba do Sul, delimitada em um total de área aproximada de 3.650 km<sup>2</sup>, foi denominada como sendo área de influência, que se relaciona e influí diretamente sobre a região de interesse.

As características climáticas da área de influência atuam diretamente sobre o clima regional, e confere características sobre a região de interesse, tais quais o regime pluvial entre os interflúvios do vale do Rio Paraíba do Sul.

O regime de abastecimento entre alto e médio cursos de drenagem do rio, principalmente a partir dos fenômenos climáticos relacionados às formações ciclônicas provenientes do Atlântico Sul, e da forte influência das frentes polares que incidem sazonalmente sobre a região e agem de forma interativa, de modo a influenciar diretamente sobre fatores que moldam toda dinâmica do Vale do Rio Paraíba do Sul, de forma direta, como é o caso dos regimes pluviais, e indireta, no caso do aumento de potencial de fatores geoquímicos que tendem a acelerar processos de acordo com umidade e temperatura, e influenciar sobre a dinâmica dos processos geomorfológicos atuantes na região.



**Figura 17.** Delimitação territorial da área de influência, litoral norte de São Paulo e litoral sul fluminense.

A área de influência é formada pelo conjunto de seis municípios entre os quais São Sebastião, Caraguatatuba, Ubatuba e Ilha Bela, inseridos junto ao litoral sul paulista, e Parati e Angra dos Reis no litoral sul fluminense, localizados na planície litorânea, quaternária, à meridional do alinhamento que constitui às escarpas da Serra do Mar de domínio do Planalto Orogênico do Atlântico.

Fatores climáticos típicos da planície litorânea relacionados com as oscilações de temperatura da superfície do mar e gradientes de pressão entre continente e oceano são diretamente responsáveis pela manutenção das características climáticas da região de interesse relacionadas aos índices de umidade do ar e sobre a média anual de precipitação e temperatura na área do Vale, sendo o abastecimento hídrico de toda a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul vinculado em razão da interação climática sistêmica que caracteriza a área de influência e região de interesse como porções de uma mesma unidade climática.

A unidade que compõe todo sistema hídrico fluvial extrapola as duas regiões estudadas, impactando não somente o alto e médio curso do Paraíba como inclusive a porção do baixo curso até sua foz na praia de Atafona em São João da Barra no Estado do Rio de Janeiro.



**Figura 18.** Recortes municipais da área de influência, região costeira.

A	São Sebastião	B	Caraguatatuba	C	Ilha Bela
D	Ubatuba	E	Parati	F	Angra dos Reis

### 3.7 Fatores Geomorfológicos

As características geomorfológicas da região de interesse define o Vale do Rio Paraíba do Sul, como um acidente geográfico denominado genericamente de vale, que é o caso da região de depressão alongada de planalto, onde flui o curso do rio Paraíba do Sul, são de relevos associados às falhas tectônicas de rebaixamento, que formaram a região de gráben do Vale do Rio Paraíba do Sul, resultante do soerguimento das regiões de horst, como a Serra do Mar e da Mantiqueira, localizadas nas bordas do vale.

A região se constitui de quatro compartimentações fundamentais: **a)** batólito granítico do Jaburu e espigão Motas Gonçalo, ambos à margem direita do Rio Paraíba do Sul, e que formam a planície de inundação que acompanha a calha fluvial; **b)** terrenos sedimentares, de origem terciária, à margem esquerda, seguidos, de acordo com a razão topográfica altimétrica; **c)** terraços de origem quaternária; **d)** colinas terciárias e morros cristalinos que emolduram toda a faixa central, configuram as áreas de maior altimetria da área de estudo, e se constituem em degrau intermediário entre as áreas de baixa altimetria, constituídas predominantemente por unidades sedimentares. **e)** alinhamentos pré-cambrianos da Serra da Mantiqueira e Serra da Bocaina, conjunto de compartimentos que constituem a região do alto e médio Vale do Rio Paraíba do Sul, inserido no contexto do Rift Continental do Sudeste do Brasil, em sentido ENE, de idade cenozoica (Riccomini, 1989).

O embasamento é constituído por rochas ígneas e metamórficas do Cinturão de Dobramentos do Ribeira, em sentido ENE - WSW, e de idade pré-cambriana. [6]

Gatto et al. (1983) reconhecem dois domínios geomorfológicos na região: a) Domínio das Faixas de Dobramentos Remobilizados, caracterizado pelo nítido controle estrutural sobre a morfologia atual, representado por extensas linhas de falha e escarpas de grande dimensão; b) Domínio do Escudo Exposto, que revela características morfoestruturais de estabilidade, marcado por blocos de relevos alçados, posteriormente atingidos por estágios sucessivos de erosão [7].

O Domínio das Faixas de Dobramentos Remobilizados abrange desde o reverso da Serra do Mar até as proximidades da escarpa da Serra da Mantiqueira, sendo representado pela Serra dos Órgãos, que apresenta relevo composto por escarpas escalonadas com seu reverso, constituindo um conjunto topográfico definido por

lineamentos de vales estruturais e cristas serranas. Suas cotas topográficas podem variar desde cerca de 600 m a mais de 2.200 m em locais restritos.

O sistema de drenagem se desenvolve obedecendo a um nítido controle estrutural e o Alinhamento de Cristas, do Paraíba do Sul, corresponde a um trecho do vale, cujas feições refletem autocontrole geológico, disposto em um feixe de falhas de orientação NE – SW, apresentando relevo de colinas alinhadas que variam entre 300 m e 900 m de altitude, e reflete as estruturas e litologias locais, além da distribuição das principais formas de acumulação sedimentar ao longo do rio Paraíba do Sul que originam amplas planícies fluviais em cotas altimétricas inferiores aos 300 m.

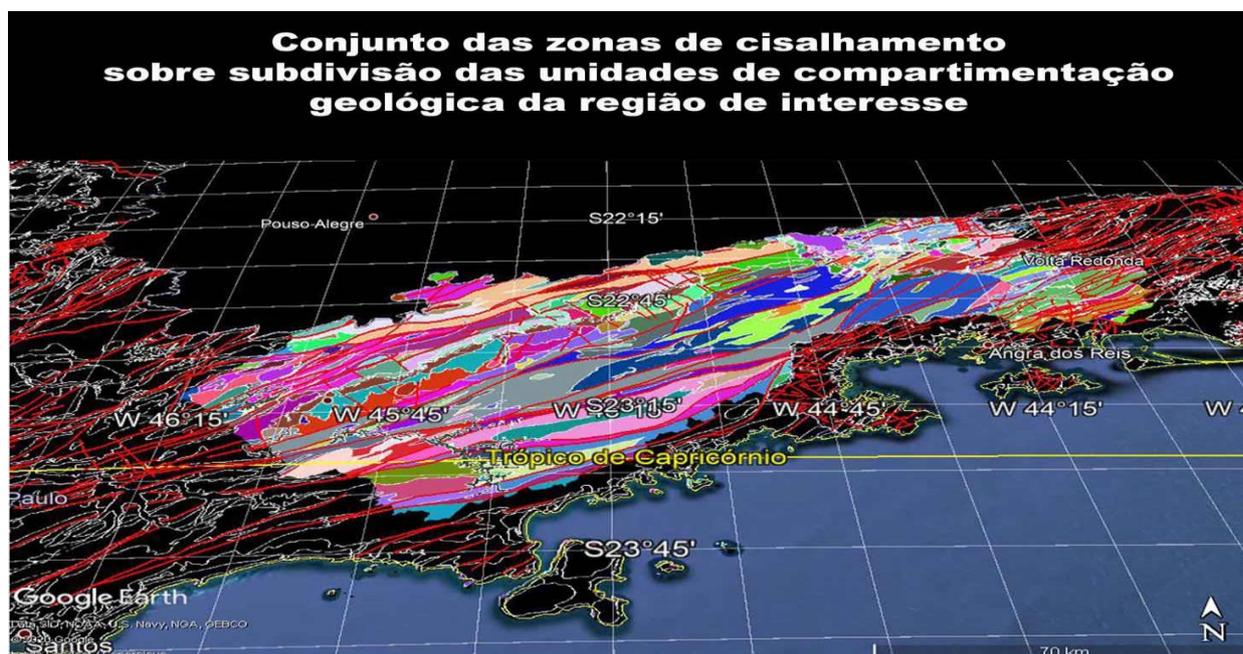
Por estar inserido na faixa intertropical, o Vale do Rio Paraíba do Sul tem como uma de suas principais características o predomínio morfoclimático das regiões de mares de morros (Ab'Saber,1970), estruturalmente definidos pela unidade morfoestrutural do Cinturão Orogênico do Atlântico, de origem pré-cambriana, subdividido pelas unidades morfoestruturais do Planalto Atlântico e da Serra da Mantiqueira, Planalto da Bocaina, de Paraitinga e Quebra Cangalha, e pelas unidade morfoestruturais referentes às Bacias Sedimentares cenozoicas que são representadas pela Depressão do Médio Paraíba, onde se localiza a bacia sedimentar terciária de Taubaté e o curso do Rio Paraíba do Sul [8].

Os terraços fluviais de origem quaternária são formados por areia, argila, silte e materiais cársticos, que acompanham as várzeas do rio Paraíba do Sul, sendo as colinas terciárias estruturalmente formadas por material sedimentar, enquanto que os morros pré-cambrianos, de origem arqueana, constituem o embasamento cristalino, e representam as maiores altitudes da região. Eles têm como característica morfoescultural as formas de terras altas acidentadas que apresentam maior razão de declividade, sendo as falésias que compõem a Serra do Mar as representações mais óbvias deste tipo de paisagem.

A drenagem dos principais rios da região coincide com as calhas de fraturas do embasamento rochoso cristalino formado por rochas gnáissicas, ocasionadas pelo soerguimento terciário e emolduram o relevo, resultando na topografia caracterizada por áreas de elevada altimetria que permitem o escoamento superficial da água em direção às regiões mais rebaixadas do terreno, assim como um maior distanciamento da superfície em relação ao nível freático médio da região, o que não excluí a possibilidade de canais subterrâneos de água entre fraturas nessas áreas [9].

### 3.8. Fatores Geológicos

A região do Vale do Rio Paraíba do Sul, é constituída predominantemente por terrenos de idade pré-cambriana, arqueados e fraturados a partir de movimentos diastróficos de grande magnitude, ocorridos em fins do período cretáceo, responsáveis pela macro compartimentação do Escudo Oriental Brasileiro, e que originaram a Serra do Mar e da Mantiqueira e o próprio Vale do Rio Paraíba, sendo tais eventos relacionados à reativação tectônica da Plataforma Brasileira, intensa desde fins do Jurássico até o Quaternário (Kazanskiy e Terent'yeu, 1968 in Almeida, 1969).

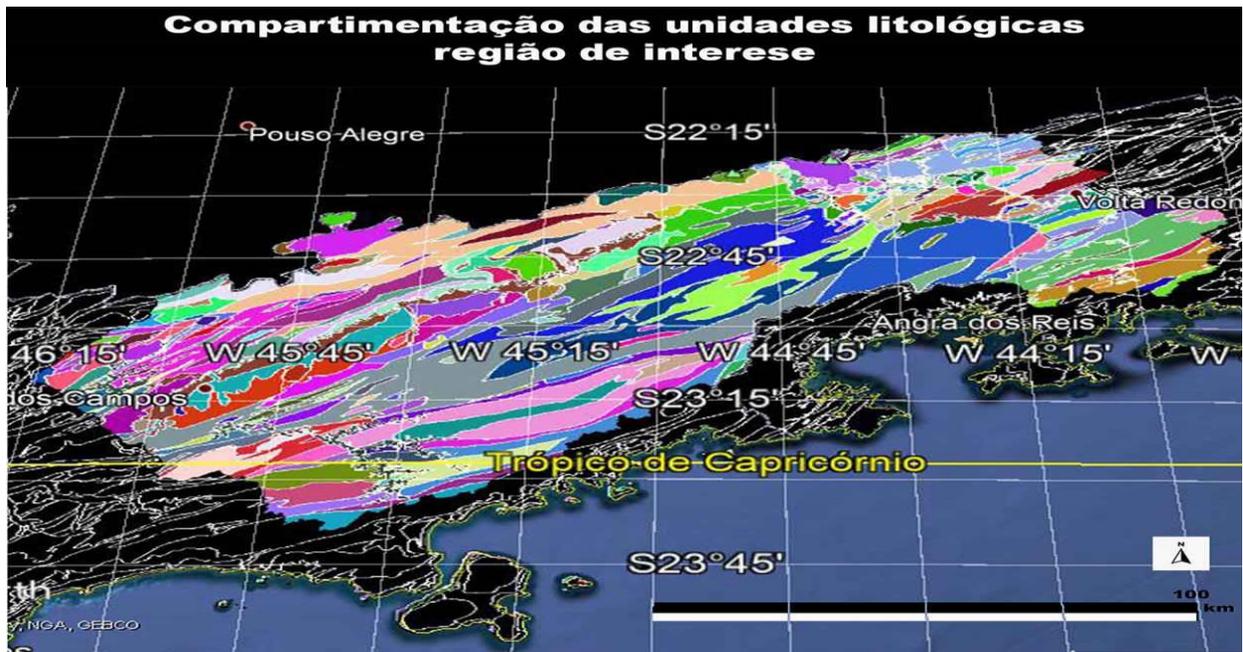


**Figura 19.** Zonas de cisalhamento (em vermelho); rupturas de tensão entre estruturas geológicas formam falhamentos transversais que caracterizam o relevo predominante na região de interesse.

Esforços tensionais diastróficos, em direção NE-SE, ocasionaram rupturas de tensão e falhamentos transversais que originaram os principais acidentes geográficos presentes no relevo, e contribuíram para a individualização, em unidades menores, em relação ao cenário preexistente até o Cretáceo, separando desta forma, os subcompartimentos das bacias de Taubaté e Resende por uma soleira de rochas cristalinas, como, por exemplo, o Gráben do Paraíba, e o travessão cristalino de Guaratinguetá, que separam os subcompartimentos localizados dentro da própria bacia de Taubaté.

Segundo levantamento da CPRM, as formações estruturais que constituem o conjunto da região de interesse somam 71 unidades distribuídas em domínios, cristalino, metassedimentar e metavulcânico, e sedimentar, sendo que, do total, 58 unidades cristalinas, dos tipos: Granito: granito gnáissica migmatítica, gnaisses peraluminosas,

ortognáisses, ortognáissica migmatítica intermediária, paragnáissica, paragnáissica migmatítica, granitoides e tonalíticas; e sete unidades metassedimentares, metavulcânicas dos tipos: quartzíticas, xistos migmatíticos; e seis unidades de domínio sedimentar das formações cenozoicas e bacias sedimentares dos tipos depósitos aluvionares e depósitos colúvio-aluvionares.



**Figura 20.** Compartimentação das unidades litológicas que compõem a região de interesse.

O Grupo Paraíba do Sul, composto por paragnáisses com intercalações carbonáticas e cálcio-silicáticas é marcada pela Zona de Cisalhamento do Rio Paraíba do Sul (ZCRPS), caracterizada pela ocorrência de diques de rocha básica, constituídos principalmente por diabásio e microgabro, que estão relacionados diretamente ao magmatismo de idade cretácea, e cortam as rochas de idade pré-cambriana, encaixadas em zonas de fraturamento, sendo a simetria de estruturas em relação à zona central do lineamento ocupada pelo Rio Paraíba do Sul. Dayan e Keller (1990), destacaram a existência dessa extensa faixa de alinhamento que exibe feições dúcteis localizadas, a identificando como zona de cisalhamento nas quais ao se aproximar à sua zona central a característica das rochas se modificam, de modo que a foliação gnáissica torna-se mais finamente espaçada e acompanhada por uma progressiva verticalização da atitude do bandamento metamórfico.

### 3.8.1. Plotagem da Litologia regional sobre limites municipais.

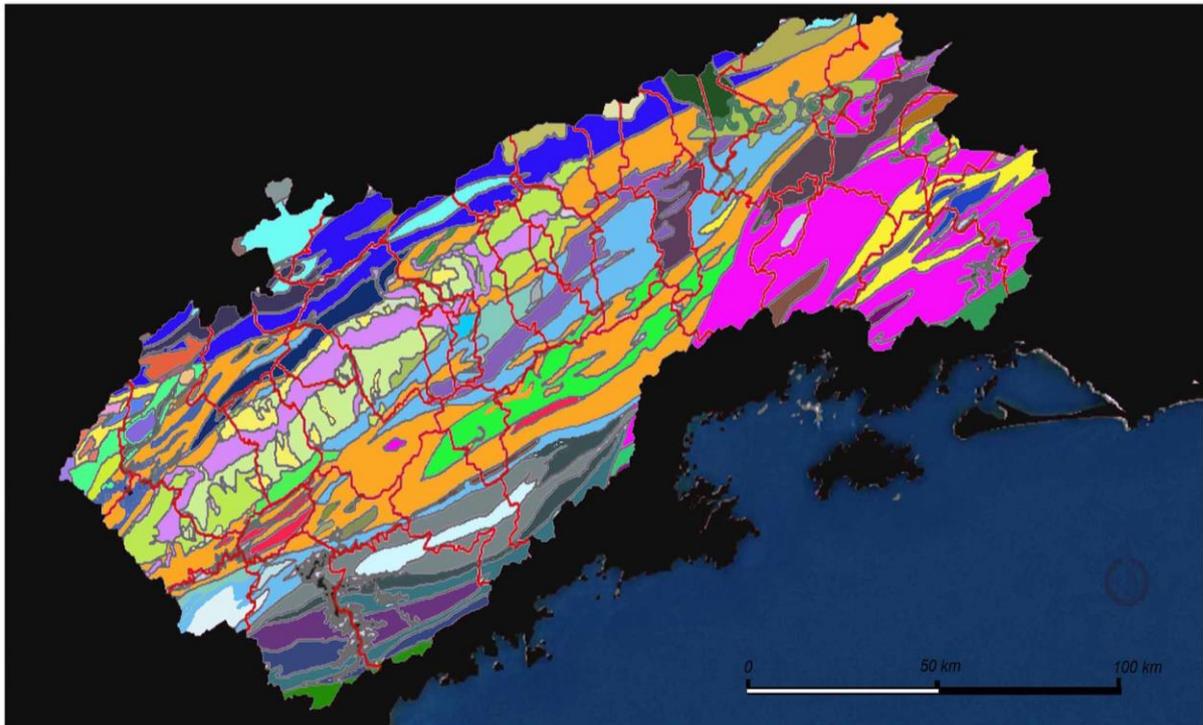
Identificação da ocorrência das unidades litológicas, por área municipal, tem como objetivo otimizar o planejamento direcionado à caracterização e análise preliminar do potencial de área, ao identificar previamente municípios onde há ocorrência de formações rochosas adequadas ao repositório.

A plotagem dos limites municipais sobre mapeamento litológico regional, possibilitará a localização das unidades litológicas distribuídas em uma determinada área municipal a ser analisada. E desta forma possibilitar a identificação e ocorrência de formações por cada unidade de área municipal dentro da região de interesse, facilitando a caracterização municipal e identificação de áreas favoráveis ao repositório no que diz respeito às características litológicas do município.

Na **figura 21** podemos identificar a plotagem dos limites municipais sobre ocorrências litológicas da região de interesse, sendo possível identificar sua distribuição por limites administrativos dos municípios, facilitando a caracterização litológica em escala municipal e identificação das porções de áreas em cada município que apresentem as características litológicas favoráveis ao repositório, segundo os critérios normativos da Norma CNEN 6.06.

Na **figura 22** há designação da nomenclatura dos limites municipais enumerados, de 1 a 44, segundo a divisão utilizada para análise da distribuição espacial dos municípios. No alto e médio cursos do Rio Paraíba do Sul, possibilitando cruzar as informações entre ocorrência e caracterização litológica e limites administrativos.

## Litologia - Região de Interesse

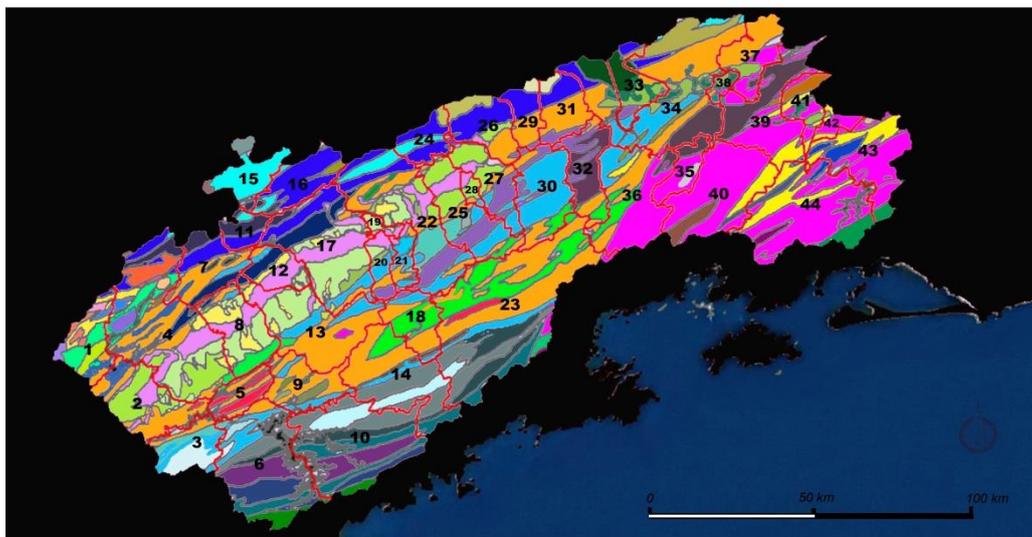


Raphael Ramos C.Fioranelli Vieira

- NP3p\_gamma\_2Ssi - Granito Serra dos Índios
- MP2si - Serra do Itaberaba
- NP3srbt - Boturuna
- NP3p\_gamma\_2mc - Granito Morro Claro/Imbiruçu
- NP3p\_gamma\_2bv - Granito Serra da Boa Vista
- NP3e\_gamma\_1S - Granitóides tipo S, sinorogênicos do Terreno Embu
- NP3p\_gamma\_2Stb - Granito Terra Boa
- NP3s\_gamma\_1Imp - Granito Morro do Pão
- NP3s\_gamma\_1C - Charnockitóides sinorogênicos, do orógeno Socorro-Guaxupé
- NPvm - Varginha - Guaxupé - paragnáissica migmatítica superior
- NPvog - Varginha - Guaxupé - ortognáissica migmatítica intermediária
- NP3s\_gamma\_1isp - Granito Serra Preta
- NP3s\_gamma\_1lct - Granito Cantagalo
- NP3s\_gamma\_1lcj - Granito Campos do Jordão
- NP3s\_gamma\_3Ama - Granito Marins
- K2\_lambda\_pq - Passa Quatro
- NPpeg - Embu - paragnáissica
- NP3a\_gamma\_3Slg - Granito Lagoinha
- NPps - Paraíba do Sul
- NP3a\_gamma\_2Srt - Rio Turvo
- NPexm - Embu, xistos localmente migmatíticos
- C\_cortado\_1a\_gamma\_4lSb - Granito Serra da Bocaina, Suíte Getulândia
- NP3a\_gamma\_3lvs - Varre-Sai
- PP2q - Quirino
- NP3s\_gamma\_2Spu - Suíte Pouso Alto
- K2\_lambda\_it - Itatiaia
- Np - Pindamonhangaba - SUBDOMÍNIO: Bacia tipo Taubaté
- Q2a - Depósitos aluvionares
- NP3a\_gamma\_3Sqc - Granito Quebra Cangalha
- A4PPr - Rio Capivari
- Esp - São Paulo
- Er - Resende
- NP3e\_gamma\_1lsp - Granito Serra do Palmital
- NPegb - Embu, gnaisses Bandados
- Et - Tremembé
- NPeog - Embu - ortognáissica
- NP3e\_gamma\_1Ssb - Granito Santa Branca
- NP3e\_gamma\_1Ssl - Granito Salto
- NP3a\_gamma\_2Inas - Granito Natividade da Serra, tipo I
- C\_cortado\_a\_gamma\_4Sna - Granito Natividade da Serra, tipo S
- NPccq - Costeiro, quartzítica
- NPccog - Costeiro, ortognáissica
- NPccgp - Costeiro, gnaisses peraluminosos
- NPccgm - Costeiro, granito-gnáissica migmatítica
- NP3a\_gamma\_1lpp - Pico do Papagaio
- NP3s\_gamma\_1Sgo - Granito Gonçalves
- C\_cortado\_a\_gamma\_4S - Granitóides tipo S, pós-orogênicos, do orógeno Araçuaí
- C\_cortado\_1a\_gamma\_4lpt - Granito Parati, Suíte Getulândia
- BAIA DA ILHA GRANDE
- NP3a\_gamma\_2Cig - Ilha Grande
- C\_cortado\_1a\_gamma\_4laz - Granito Arrozal, Suíte Getulândia
- C\_cortado\_1a\_gamma\_4lgt - Granito Getulândia
- NP3r\_gamma\_1lrm - Rio Negro
- NPpsq - Quartzito
- Q2ca - Depósitos colúvio-aluvionares
- PP2jft - Juiz de Fora, unidade tonalítica
- K2E1\_lambda\_mr - Morro Redondo2
- NP3a\_gamma\_3lps - Pedra Selada
- NP3e\_gamma\_1Str - Serra do Trabiju
- NP3e\_gamma\_1lSi - Granito Santa Isabel
- NP3e\_gamma\_1pi - Granito Pinheirinho
- NP3e\_gamma\_1Spa - Granito Serra do Pati
- NP3e\_gamma\_1Srs - Granito Redenção da Serra
- NP3e\_gamma\_1Ssr - Granito Serra da Redenção
- NP3e\_gamma\_1Ssj - Granito Serra do Jambeiro
- NP3e\_gamma\_1Stq - Taquaral
- NP3e\_gamma\_1Sml - Granito Malacacheta
- NP3e\_gamma\_1Stu - Granito Tubarão
- NP3e\_gamma\_2ap - Granito Aparecida
- NP3e\_gamma\_1Stb - Granito Tres Barras
- NP3e\_gamma\_1Sro - Granito Roncador
- NP3srr - Estrada dos Romeiros
- NP3p\_gamma\_2mi - Granito Morro Azul/Igaratá
- NP3s\_gamma\_1I - Granitóides tipo I, sinorogênicos, do orógeno Socorro-Guaxupé
- K2E1\_lambda\_st - Serra dos Tomazes

Figura 21. Unidades constituintes da litologia regional

**Litologia regional plotada sobre limites municipais**



Raphael Ramos C. Fioranelli Vieira

**Figura 22.** Plotagem dos limites municipais sobre litologia regional

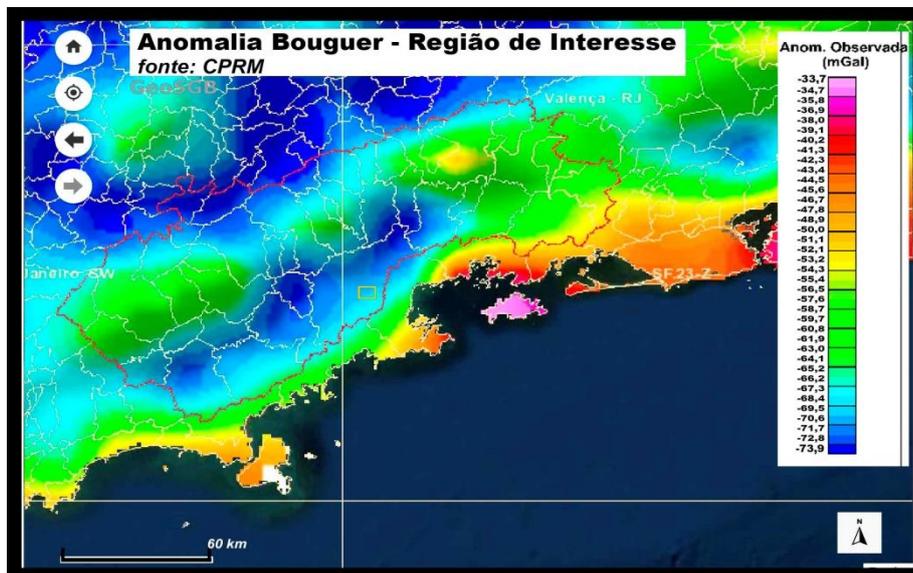
1	Igaratá	2	Jacareí	3	Santa Branca	4	São José dos Campos
5	Jambeiro	6	Paraibuna	7	Monteiro Lobato	8	Caçapava
9	Redenção da Serra	10	Natividade da Serra	11	Santo Antônio do Pinhal	12	Tremembé
13	Taubaté	14	São Luís do Paraitinga	15	São Bento do Sapucaí	16	Campos do Jordão
17	Pindamonhangaba	18	Lagoinha	19	Potim	20	Roseira
21	Aparecida	22	Guaratinguetá	23	Cunha	24	Piquete
25	Lorena	26	Cruzeiro	27	Cachoeira Paulista	28	Canas
29	Lavrinhas	30	Silveiras	31	Queluz	32	Areias
33	Itatiaia	34	Resende	35	Arapeí	36	São José do Barreiro
37	Quatis	38	Porto Real	39	Barra Mansa	40	Bananal
41	Volta Redonda	42	Pinheiral	43	Piraí	44	Rio Claro

### 3.8.2. Anomalias de Bouguer

Dados gravimétricos, das anomalias Bouguer, referentes à região de interesse permite estabelecer e analisar a localização e dimensão estimada de potenciais áreas de maciços rochosos, e coincidem com as descrições regionais referentes à litologia.

Áreas que apresentam maiores índices de anomalias coincidem à distribuição espacial das unidades cristalinas, e evidenciam, as anomalias de menores índices, referentes a localização onde o sistema aquífero do Grupo Taubaté prevalece, assim como as unidades de domínio

sedimentar como a Bacia de Taubaté, a oeste, e Bacia de Resende a leste, sobre as regiões que compreendem o alto e médio Vale do Rio Paraíba do Sul, respectivamente.



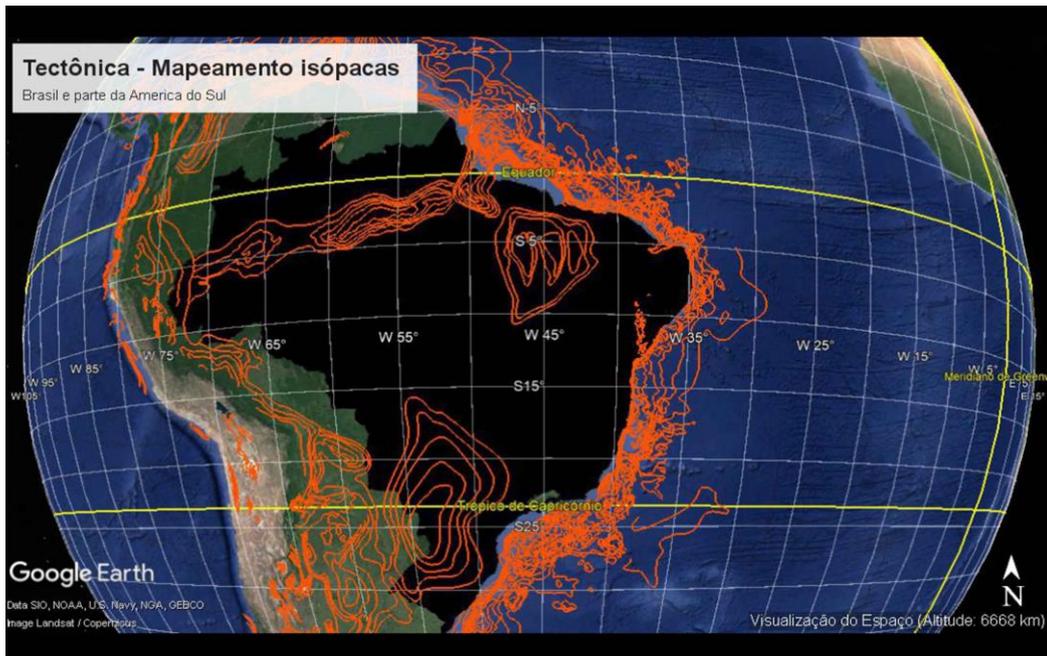
**Figura 23.** Anomalia Bouguer referente área da Região de Interesse.

Podendo concluir, com base nas informações sobre caracterização da região de interesse, que as áreas com maiores anomalias, onde prevalecem as regiões de “mares de morros”, estão relacionadas morfologicamente aos domínios cristalinos, entre o delineamento da Serra do Mar e o delineamento de segmento entre bacias sedimentares.

### 3.9. Tectônica geral

O território brasileiro está localizado no centro da placa continental Sul Americana, com extensão aproximada de trinta e dois milhões de quilômetros quadrados, e espessura litosférica de aproximadamente 200 quilômetros, e localizada entre as placas litosféricas de Nazca, que sustenta a porção leste do Oceano Pacífico da América do Sul, e se desloca em direção a placa Sul Americana, e a oeste da placa Africana, forma uma zona de divergência entre placas, que se afastam uma da outra.

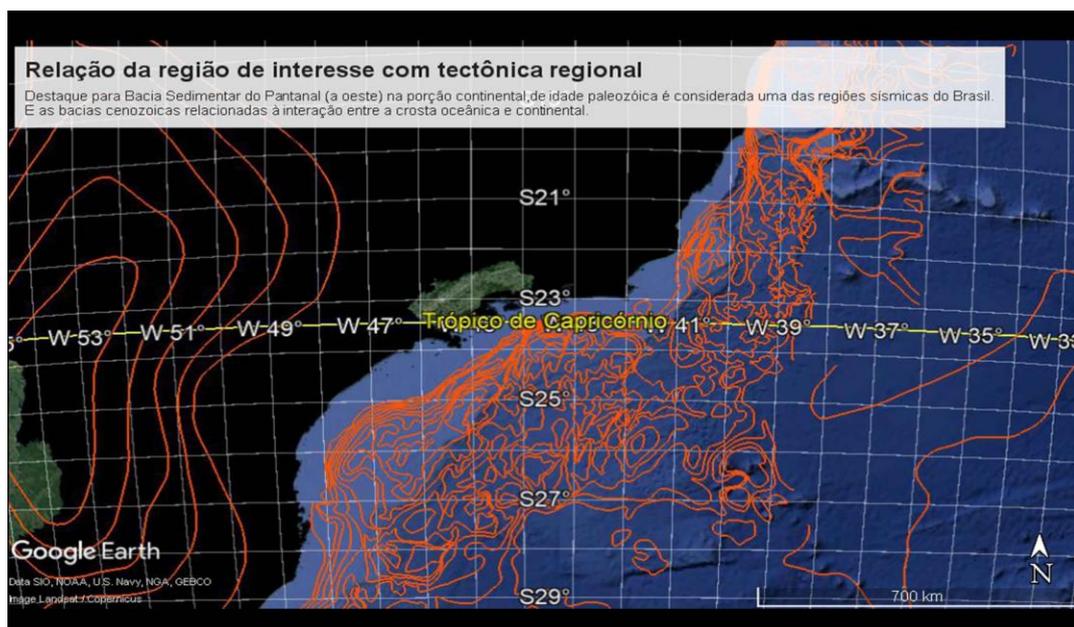
O território brasileiro, em contexto neotectônico, é praticamente considerado um país isento, e pouco afetado por terremotos de média a alta magnitudes, originados em epicentros localizados no interior de seu território, ou indiretos, de origem externa.



**Figura 24.** Limites entre placas neotectônicas, contexto brasileiro.

### 3.9.1. Tectônica regional

A Região do Vale do Rio Paraíba do Sul, que apresenta embasamento cristalino de idade arqueana, é localizada em área de consolidação da crosta terrestre referente ao Escudo Brasileiro.



**Figura 25.** Limites entre placas no contexto em relação à Região de Interesse.

Feições atuais da região tiveram origem durante o Éon Proterozoico, caracterizado por intensa atividade tectônica sobre o atual território brasileiro, e resultaram movimentos orogênicos, que configuram o Ciclo Brasileiro quando se formaram sistemas de dobras, vales resultantes e falhamentos.

A Província Mantiqueira, Faixa de Dobramentos do Atlântico e o próprio Vale do Rio Paraíba do Sul configuram como resultantes do processo orogênico relacionado ao Ciclo Brasileiro.

### **3.9.2. Sismicidade regional**

Considerado como território assísmico, o Brasil, apesar de estar localizado sobre terrenos de consolidação, há comprovação, a partir de estudos e registros históricos, da ocorrência de fenômenos sísmicos em território brasileiro, mesmo que de baixa magnitude, assim como evidências de movimentos tectônicos recorrentes, ativos até os tempos recentes.

Na série SSG-9 de padrões de segurança da IAEA, referente aos *Riscos sísmicos no local e avaliação para instalações nucleares*, os terremotos são classificados em dois grupos:

**a)** terremotos que ocorrem em estruturas sismotectônicas identificadas; **b)** terremotos ocorrentes em locais onde nenhuma correlação aparente pode ser feita com qualquer estrutura geológica específica, sendo referidos como sismicidade difusa.

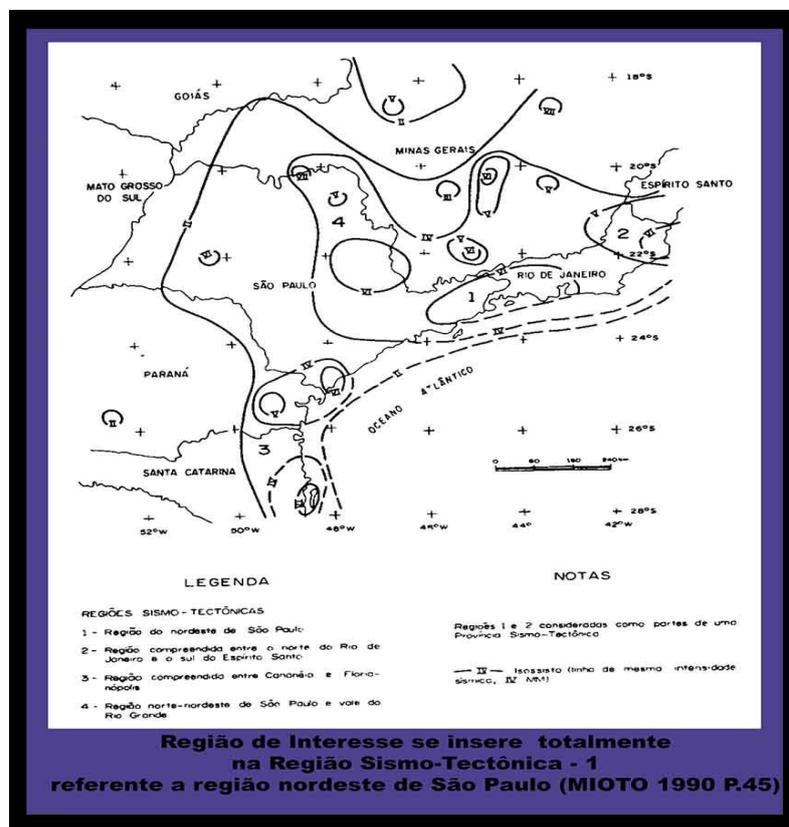
Instalações nucleares de qualquer natureza devem ser capazes de resistir a tremores de terra e terremotos, mesmo que localizadas em regiões de baixa sismicidade, ou de sismicidade difusa, a possibilidade de ocorrência de tremores próximos ao local de uma instalação não pode ser excluída, e seus efeitos devem ser avaliados de forma apropriada, mesmo em ocorrências de abalos e tremores de baixa magnitude podem gerar, de forma interceptiva, e de forma acumulativa em longo período de tempo, em movimentos de massa por deslocamento gravitacional das formações superficiais da cobertura do solo, ou de formas bruscas, como desmoronamentos e deslizamentos, suficientes para afetar as estruturas, sistemas ou componentes de uma instalação.

Portanto, a avaliação de risco sísmico para instalações nucleares, é importante ser considerada o potencial de tremores e abalos de qualquer natureza, e do potencial de abalos ocasionados por terremotos com epicentros localizados em zonas de sismicidade

difusa, ou localizadas em regiões de alta sismicidade da placa Sul Americana, bem como a contribuição de terremotos ocorrendo em estruturas sismotectônicas identificadas.

Em trabalho realizado pelo IPT em 1982, foram demarcadas seis zonas sismogênicas para a região sudeste, **figura 28**, sendo elas as Zonas Sismogênicas de Bom Sucesso, de Pinhal, de Caxambu, de Cunha, Cabo Frio e de Campos, caracterizando a vinculação dos sismos a áreas de maior mobilidade terciária e neotectônica (MIOTO & HASUI 1993).

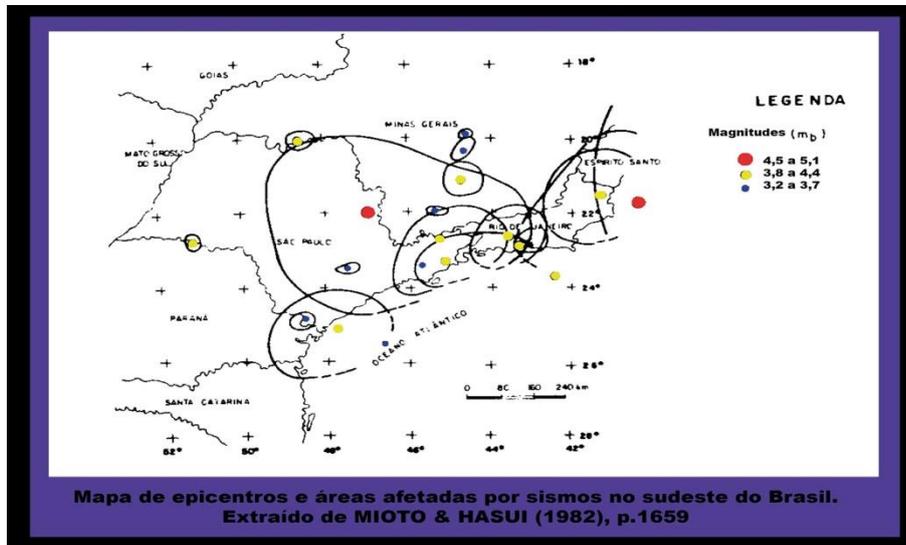
MIOTO (1983) sugere a inclusão de outra zona sismogênica, a de Cananéia, e em uma tentativa de zoneamento sísmico da região sudeste, MIOTO (1990) propõe a designação destas zonas sismogênicas com base em termos de tectônica ressurgente e feições neotectônicas.



**Figura 26.** Mapa esquemático das regiões sismotectônicas do sudeste do Brasil, traçadas a partir de linhas isossistas. Extraído de MIOTO (1990), pág 45.

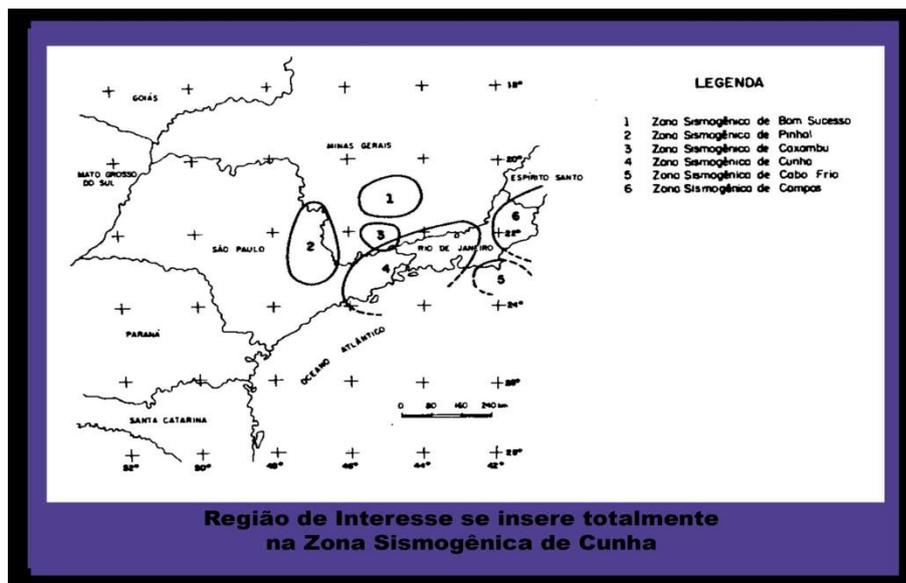
Desta forma, apesar da região de interesse estar inserida em uma região de terrenos de consolidação, apresentando baixa sismicidade, há de se considerar o histórico local de perturbações, principalmente as ocasionadas por grandes deslocamentos de terra que estão mais relacionadas com as interações de ordem climática e geoambientais atuantes.

Principalmente em regiões de clima subtropical, com forte influência atlântica, como é o caso da região do Vale do Rio Paraíba do Sul



**Figura 27.** Mapa esquemático de epicentros e áreas afetadas por sismos no sudeste do Brasil. Extraído de MIOTO & HASUI (1982), p.1659.

**Magnitude Type :** mb (short-period body wave); **Magnitude Range:** ~4.0 to ~6.5; **Distance Range:** 15 - 100 degrees  
**Equation:**  $mb = \log_{10}(A/T) + Q(D,h)$ , onde A é a amplitude do movimento do solo (em microns); T é o período correspondente (em segundos); e Q (D, h) é um fator de correção em função da distância, D (graus), entre o epicentro e a estação e a profundidade focal, h (em quilômetros), do terremoto.  
 Fonte: USGS-United States Geological Survey



**Figura 28.** Mapa esquemático das zonas sismogênicas do sudeste do Brasil (contornos em função da sismicidade acumulada e dados geotectônicos). Extraído de MIOTO & HASUI (1982), p.1659.

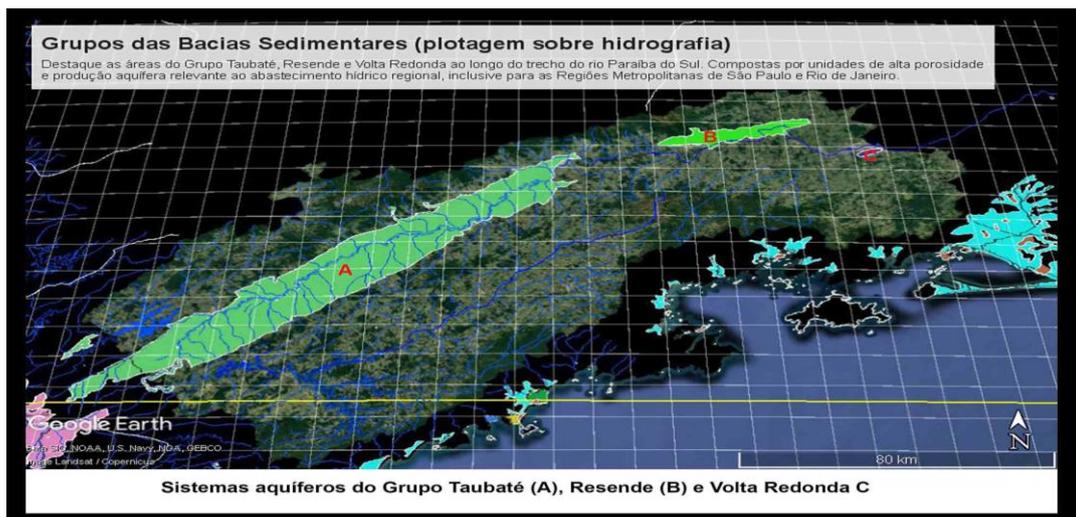
### 3.10. Fatores Hidrogeológicos

A hidrogeologia da região interesse é caracterizada pela presença de dois dos principais sistemas aquíferos aflorantes da região sudeste brasileira, o Grupo Taubaté, formado por um conjunto de rochas sedimentares, compostas por materiais granulares e relacionado diretamente à formação da Bacia de Taubaté, e o Fraturado Centro Sul, que abrange a maior dimensão da área total da região de interesse. Os dois sistemas são subdivididos em unidades hidrológicas que acompanham a formação geológica regional.

A região de interesse é formada predominantemente pelo embasamento cristalino, de idade pré-cambriana, e relacionado com o histórico geológico de atividades vulcânicas regionais, apresentando terrenos cársticos em algumas porções de área, e caracterizado por formações rochosas de baixo grau de fraturamento relativo.

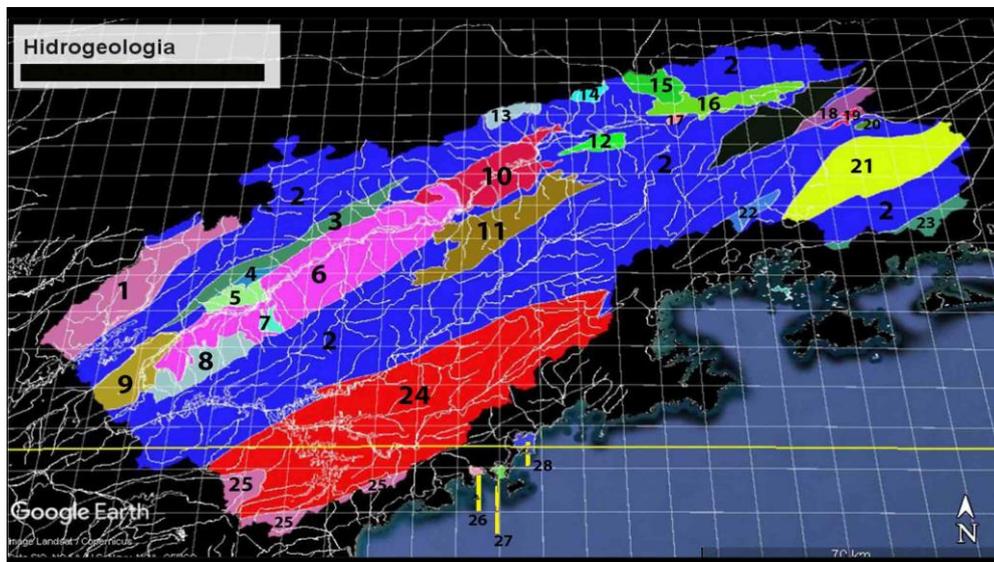
Características gerais de cada unidade de contato hidrogeológico estão de acordo com o mapeamento da **figura 30**, que indica o sistema aquífero que cada unidade pertence, da mesma forma seu tipo, constituição rochosa, grau de fraturamento, ou porosidade no caso das unidades sedimentares, e produtividade aquífera.

Apesar de várias unidades apresentarem características semelhantes, vale ressaltar que cada uma faz parte de um seguimento distinto, relacionado diretamente, e intimamente, com a formação litológica das unidades geológicas aflorantes que compõem a região do Vale do Rio Paraíba do Sul.



**Figura 29.** Os três grupos destacados ao longo do rio Paraíba do Sul são formados por unidades que apresentam maior porosidade em relação ao complemento total da área de interesse que perfaz o Fraturado Centro Sul de características cristalina

A descrição das unidades hidrogeológicas de contato são expressas a partir da numeração indicada:



**Figura 30.** Mapeamento referente à compartimentação das unidades hidrogeológicas que compõem a região de interesse.

**Unidades 1, 2, 3, 4, 18, 21 e 25:** caracterizadas como formações de embasamento fraturado indiferenciado, do tipo granitoide, vulcânica, metavulcânica, metassedimento, gnaise, migmatito, granulito, xisto e quartzito, com baixo grau de fraturamento, excetuando a unidade 2 que apresenta médio grau de fraturamento, e todas com produtividade aquífera geralmente muito baixa, porém localmente baixa.

**Unidades 11, 12, 13, 14, 15, 17, 22, 23 e 24:** caracterizadas como sendo de embasamento fraturado indiferenciado, com baixo grau de fraturamento, do tipo granitoide, vulcânica, metavulcânica, metassedimento, gnaise, migmatito, granulito, xisto e quartzito, apresentando produtividade aquífera pouco produtiva ou não aquífera.

**Unidade 5:** constituinte da Formação do Grupo Taubaté, composto por material do tipo areia, argila, arenito, conglomerado, diamictito e pelito, com baixo grau de fraturamento, e produtividade aquífera geralmente muito baixa, porém localmente baixa.

**Unidades 7 e 8:** granulares de produtividade moderada, pertencentes à formação do Grupo Taubaté, constituídas por materiais granulares do tipo areia, argila, arenito, conglomerado, diamictito e pelito, e produtividade aquífera moderada.

**Unidades 6, 9, 10, 16:** granulares pertencentes ao Grupo Taubaté, de produtividade aquífera geralmente baixa porém localmente moderada, apresentando baixo grau de fraturamento, constituídas por areia, argila, arenito, conglomerado, diamictito e pelito.

**Unidades 19, 20:** identificadas como sendo depósitos do tipo litorâneo, compostas por materiais granulares como areia, argila, silte e cascalho, com grau inexistente de fraturamento, e produtividade aquífera geralmente muito baixa, porém localmente baixa.

**Unidades 26, 27 e 28:** identificadas, respectivamente como as baías de, Fortaleza, Flamengo e Ubatuba apresentando águas subterrâneas de alta salinidade.

### **3.11. Recursos Hídricos**

Segundo critérios de comparação, adotados pela ANA, águas superficiais são definidas de acordo sua pequena capacidade de armazenamento junto à superfície, apresentando rápido fluxo de vazão (m/s), curto tempo de residência, concentrada em territórios, com variabilidade meteórica, qualidade variável, elevada vulnerabilidade à contaminação, sendo sua descontaminação menos onerosa em relação às águas subterrâneas, e seu grande potencial de aproveitamento em grandes obras.

Enquanto que, águas subterrâneas, são definidas por, seu elevado potencial de armazenamento, fluxo lento (cm/dia), longo tempo de residência, ampla distribuição territorial, caráter tridimensional, facilmente absorvida em meio heterogêneo, apresenta qualidade pouco variável, moderada vulnerabilidade à contaminação e de difícil descontaminação quando não inviável, e de aproveitamento modular e progressivo.

No que diz respeito ao gerenciamento institucional dos recursos hídricos da região do Vale do Rio Paraíba do Sul, a bacia hidrográfica é monitorada institucionalmente pela autarquia da segunda Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (URGHI 02) responsável pelo gerenciamento de águas superficiais e subterrâneas da região, sendo a caracterização física, adotada pelas UGRHIs, as relacionadas conforme descrição dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, e subdivide o total da área que forma a bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul em trechos de drenagens.

### **3.11.1. Recursos Hídricos Superficiais**

A síntese do plano de bacia da unidade de gerenciamento de recursos hídricos do Estado de São Paulo [10], referente à unidade dois (UGRHI-2) que se refere à bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, subdivide o sistema de hídrico fluvial em quatro áreas de trechos de drenagem, sendo:

**a)** Compartimentos hídricos das sub-bacias dos rios Paraitinga e Paraibuna, e a sub-bacia do trecho inicial do Rio Paraíba do Sul onde estão localizados os reservatórios da Usina Hidrelétrica Paraibuna, que são formados pelo barramento dos rios Paraitinga e de Paraibuna, com uma área total do reservatório estimado em 29,15 km<sup>2</sup>, e a Barragem de Paraibuna, com área total estimada em 88,44 km<sup>2</sup>; sendo que os cursos d'água totalizam uma extensão de aproximadamente 10.965km distribuídos em uma área total de 4.272,15 km caracterizando uma densidade de drenagem de 2,57 km/km<sup>2</sup>.

**b)** Sub-bacia do Rio Paraíba do Sul, entre a barragem de Paraitinga e a divisa dos municípios de Santa Branca e Jacareí onde está localizado o Reservatório Santa Branca formado a partir do barramento do Rio Paraíba do Sul no município de Santa Branca, sendo os principais cursos d'água os rios Capivari e do Salto e o ribeirão Vargem Grande, sendo esse curso totalizando uma extensão de aproximadamente 2.107 km.

**c)** Subcompartimento correspondente a área de drenagem do Reservatório do rio Jaguari entre os municípios de Jacareí e São José dos Campos, e a transposição das águas ro reservatório Jaguari para o Atibainha que visa o abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo, destacando os cursos d'água os rios Turvo, do Peixe e Jaguari que totalizam uma extensão de aproximadamente 3.565 km; área das sub-bacias do rio Paraíba do Sul entre município de Jacareí até a divisa com São José dos Campos, destacando os ribeirões Putim, Guararema, Comprido e Ipiranga, Itapeti e da Colônia totalizando uma extensão estimada de 1.389 km neste subcompartimento; a partir os municípios de São José dos Campos e Potim destacam o Ribeirão Vermelho e Rio Comprido, ambos afluentes do Jaguari, rio Buquira, ribeirão dos Putins, rios Alambari, Parangaba, Piracuama, ribeirão Tetequera e Pirapitingui, ambos afluentes do rio Paraíba do Sul neste trecho que compreende aproximadamente 7.670 km de extensão, sendo o compartimento entre o município de Potim e o remanso do reservatório do Funil, que abastece a Região Metropolitana do Rio de Janeiro os principais cursos são o Ribeirão São Gonçalo, Guaratinguetá, rio Piagui, da Bocaina, ribeirão Piquete, rio Itagacaba, ribeirão do Braço, rio do Entupido e rio do Salto, totalizando 7.125 km de extensão.

d) Área abrangente às as cabeceiras dos rios Vermelho, Santana e do Barreiro os quais são formadores do Reservatório do Funil e afluentes à margem direita do Rio Bananal, sendo os principais cursos o rio do Barreiro de Baixo, Rio Doce ou Piracama, Rio do Bananal, rio da Bocaina, rio da Prata e rio do Braço, perfazendo uma extensão de aproximadamente 2.608 Km.

Sendo CP4-BOC-B a subárea de abrangência à região do alto curso dos rios Mambucaba, Bracuí e Arió que interagem com a Bacia Hidrográfica da Baía da Ilha Grande, totalizando uma extensão de 1.426 km.

### **3.11.2. Recursos Hídricos Subterrâneos**

Em relação aos Recursos Hídricos subterrâneos a região que abrange a UGRHI 02 as áreas se dividem em aquíferos sedimentares, relacionados diretamente com os aquíferos de Taubaté e São Paulo onde a água se acumula nos poros das rochas e cristalinos pré-cambrianos e pré-cambrianos cárstico, nos quais a água encontra-se nas fraturas das rochas.

O aquífero pré cambriano, o qual está diretamente relacionado com o sistema aquífero Fraturado Centro Sul, possui maior expressão de área e compreende praticamente toda extensão de área do Vale do Paraíba do Sul, excetuando a área que delimita da Bacia de Taubaté onde as unidades sedimentares relacionadas ao sistema aquífero do Grupo Taubaté prevalecem.

Ao noroeste da Bacia de Taubaté, a área é marcada pela predominância de fluxos aquíferos concordantes, em direção à calha do Rio Paraíba do Sul que atravessa a Bacia de Taubaté, e alterna com áreas de fluxo discordante (recarga), alinhados para nordeste, situados principalmente sobre as faixas de rochas graníticas e migmatíticas com discretas áreas de descarga.

Ao sudeste da Bacia de Taubaté alternam faixas alongadas de áreas de fluxos divergentes (ou discordantes), orientadas para noroeste, e situadas, predominantemente sobre unidades graníticas e granitoides, com faixas discordantes convergentes (descarga) paralelas situadas predominantemente sobre áreas de metassedimentos e rochas metamórficas migmatíticas.

Essas duas faixas se distribuem em direção à Bacia de Taubaté, sendo que a área da Bacia Sedimentar de Taubaté caracterizada por fluxo discordante convergente em sua parte central, alongado na direção longitudinal da Bacia próxima a calha do Rio Paraíba

do Sul, ladeada por áreas de fluxo concordante no sentido da calha do rio, sendo a área composta por rochas sedimentares caracterizada, predominantemente, como de recarga em toda sua extensão por apresentar porosidade intergranular [11].

Desta forma, o fluxo geral de drenagem da bacia, tem a área da Bacia de Taubaté como principal unidade de recarga aquífera da região de interesse, sendo sua própria morfologia, e altimetria em menor patamar altimétrico em relação ao Planalto Atlântico, fatores que contribuintes ao fluxo das águas superficiais e abastecimento aquífero. O que representa às áreas de bacias sedimentares, características de menor conformidade aos critérios necessários à instalação de um repositório se comparado às áreas nas quais há predominância do sistema aquífero Fraturado Centro Sul, pré-cambriano, não cárstico.

### **3.12. Clima Regional**

As porções do alto e médio vale do rio Paraíba do Sul se inserem, na faixa de caracterização geral do clima, segundo classificação de Köppen, como de clima mesotérmico, subtropical e temperado **(C)**, dentro das particularidades de regime pluvial, caracterizado como, sempre úmido **(f)** ou com chuvas de verão **(w)**, apresentando temperaturas características de regiões típicas de temperatura de verões quentes **(a)** ou de verões brandos **(b)**.

De forma simplificada, a região apresenta características próprias de clima litorâneo úmido, influenciado diretamente pela massa tropical marítima que confere aumento significativo da pluviosidade durante os meses de verão. São observados picos médios durante os meses de janeiro, e redução durante os meses de inverno, especialmente durante o mês de julho, sendo acompanhado pelo aumento da temperatura média nos meses de janeiro e fevereiro, com pequena variação ascendente em fevereiro quando apresentam as maiores temperaturas médias em todos os municípios analisados conforme classificação da tabela Köppen para o ano de 2013 [12].

Os municípios que compõem a área de estudo foram subdivididos segundo a seguinte classificação Köppen:

**I - clima mesotérmico, sempre úmido de verões brandos (Cfb) se inserem os municípios de:** Igaratá, Santa Branca, Jambeiro, Paraibuna, Monteiro Lobato,

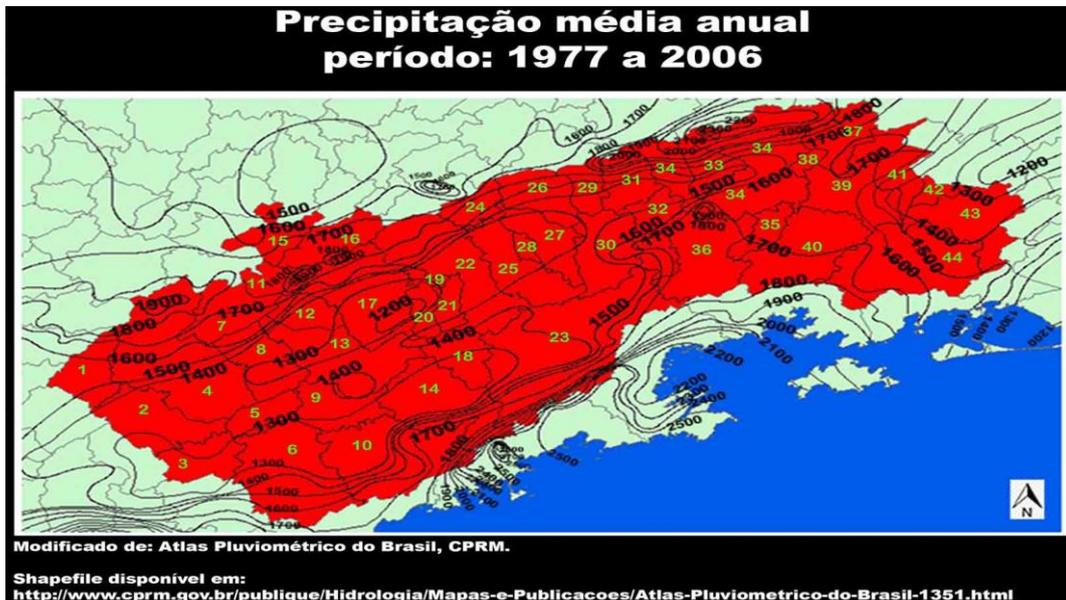
Natividade da Serra, São Luís do Paraitinga, Campos do Jordão, Cunha, São José do Barreiro e Bananal.

**II - clima mesotérmico, sempre úmido de verões quentes (Cfa) se inserem os municípios de:** Jacareí, São José dos Campos, Caçapava, Tremembé e Piraí.

**III - clima mesotérmico, com chuvas de verão e temperatura de verões brandos (Cwb) se inserem os municípios de:** Redenção da Serra, Santo Antônio do Pinhal, São Bento do Sapucaí, Lagoinha, Piquete e Silveiras.

**IV - clima mesotérmico, com chuvas de verão e temperaturas de verões quentes (Cwa) se inserem os municípios de:** Taubaté, Pindamonhangaba, Potim, Roseira, Aparecida, Guaratinguetá, Lorena, Cruzeiro, Cachoeira Paulista, Canas,, Lavrinhas, Queluz, Areias, Itatiaia, Resende, Arapeí, Quatis, Porto Real, Barra Mansa, Volta Redonda, Pinheiral e Rio Claro.

Os municípios que compõem a área de influência, formada por São Sebastião, Caraguatatuba, Ilhabela, Ubatuba, Angra dos Reis, estão inseridos na classificação de clima mesotérmico, sempre úmido de verões quentes (Cfa), enquanto Paraty é caracterizado como clima mesotérmico, sempre úmido de verões brandos (Cfb).



**Figura 31.** Série isohietas, referentes às precipitações médias anuais para o período 1977-2006, sobre a delimitação das áreas municipais (1 a 44) que compõem a região de interesse.

### **3.13. Cobertura Vegetal**

A região de interesse se insere na faixa subtropical, e possui o segundo grande complexo de florestas tropicais brasileiras como característica florística de cobertura arbórea original, que outrora, em sua estruturação espacial primária, abrangia uma área de aproximadamente um milhão de quilômetros quadrados, referentes à cobertura florestal original de Mata Atlântica.

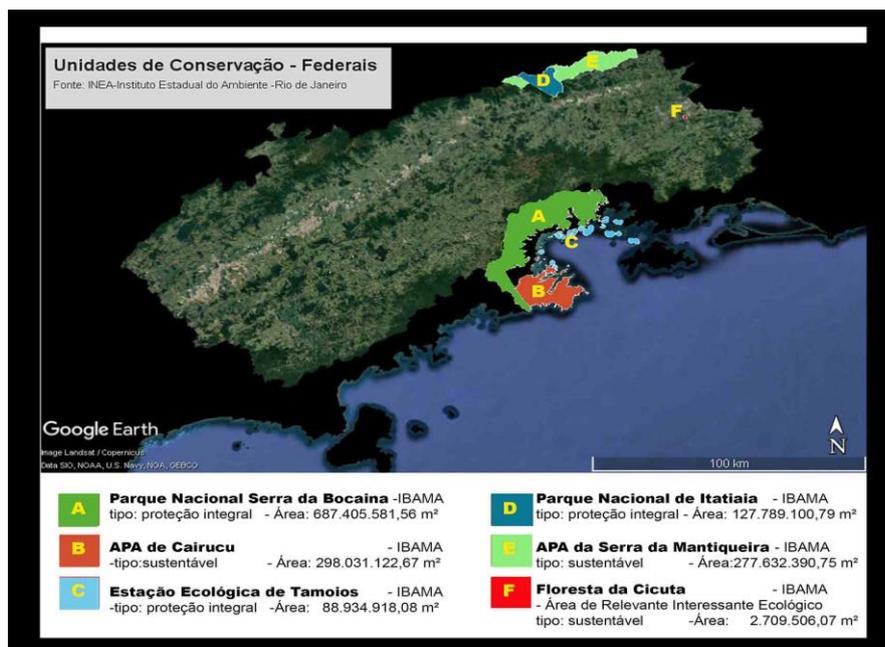
Áreas onde atualmente são denominadas como domínio das regiões de “mares de morros”, e que marcam as características geomorfológicas e topográficas do relevo do Vale do Rio Paraíba do Sul, consistem em áreas nas quais a cobertura original de Mata Atlântica compunha a paisagem [13].

Segundo critérios adotados pelo IBGE, no manual técnico da vegetação brasileira, o bioma de Mata Atlântica é classificado como formação de floresta pluvial estacional tropical perenifólia, do planalto Centro Sul, da encosta atlântica. Formada por vegetação arbórea densa e esparsa, sujeita a dupla estacionalidade climática. Tropical chuvosa no verão, seguida por estiagens acentuadas, ocasionadas principalmente pela influência de massas polares.

Indivíduos da vegetação possuem porte arbóreo, apresentando entre 15 e 30 metros de altura, e desenvolvem-se em ambiente tropical de elevada temperatura e alta precipitação ao longo do ano, sendo atualmente a cobertura original disposta de forma descontínua e drasticamente reduzida devido ao histórico de ocupação e intensa exploração antrópica, estando os remanescentes da Mata Atlânticas, concentrados e localizados principalmente nos altos topográficos, de alta declividade, ou em áreas de preservação permanente como parques florestais ou em corredores ecológicos monitorados.

### **3.14. Unidades de Conservação**

Sendo a Mata Atlântica um dos biomas mais ameaçados do planeta, parte da formação florestal remanescentes se encontra preservada dentro de áreas de unidades de conservação, distribuídas na região, sob proteção de órgãos estaduais, e federais de preservação, como a Floresta da Cicuta, Parque Nacional da Serra da Bocaina, APA de Cairuçu, Estação Ecológica de Tamoios, Parque Nacional de Itatiaia, APA da Serra da Mantiqueira.

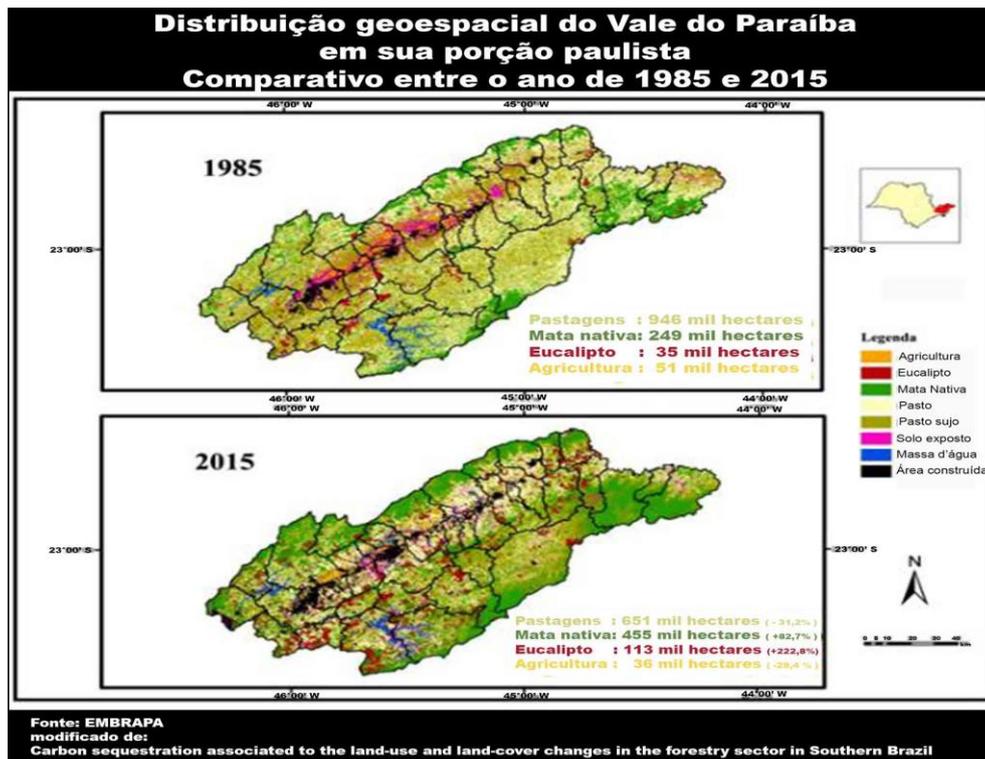


**Figura 32.** Unidades de conservação de autarquia federal sobre Região de Interesse

Algumas áreas externas às unidades de preservação mantêm resquícios da vegetação original, e monitoramentos realizados pela Embrapa, a partir de imagens de satélite, revelaram que, no período entre os anos de 1985 e 2015, as áreas de florestas na região da porção paulista do Vale do Rio Paraíba do Sul tiveram um acréscimo de 83%, passando de 250 mil hectares, referentes ao ano de 1985, para 455 mil hectares em 2015, sendo que tal alteração ocorreu principalmente em porções de área antes ocupadas por pastagens.

Ao fim do período monitorado, a cobertura florestal de Mata Atlântica representava aproximadamente 33 % da área referente à bacia do rio Paraíba do Sul, em sua porção paulista, ante os 18% registrado anteriormente no ano de 1985, sendo apontado pelo estudo de monitoramento que o aumento das áreas florestadas na região não tiveram como causa e efeito o plantio de novas árvores, mas pela regeneração passiva da vegetação, onde a agricultura e a pecuária não são economicamente competitivas, principalmente sobre unidades rurais em áreas de alta declividade.

A partir de análise espacial, aplicada à distribuição florestal na região, realizadas pelo projeto GeoVale da Embrapa, revelou que entre os anos de 1985 e 2015, áreas de floresta passaram de 250 mil para 455 mil hectares, o que representa um acréscimo de 83% da cobertura florestal nativa, na porção paulista, localizada ao longo do curso do Rio Paraíba do Sul.



**Figura 33.** Aumento da área florestada onde a agricultura e pecuária não são competitivas, principalmente sobre terrenos declivosos. Fonte: Embrapa, Projeto GeoVale.

O estudo foi conduzido pela Embrapa Monitoramento por Satélite, e demonstrou que a alteração ocorreu principalmente em porções antes ocupadas por pastagens.[14].

Informações sobre a regeneração florestal em áreas onde a agricultura e pecuária não são economicamente competitivas, lançam luz sobre uma tendência variável que implica sobre a dinâmica da cobertura vegetal na região de interesse, sendo que, ante maior ou menor incidência de ações de atividades antrópicas aplicadas sobre uma determinada área, em razão da variável econômica tende a influenciar diretamente sobre a redução ou ampliação de áreas do bioma original.

Fatores que, se relacionados às variáveis, como as relacionadas às tendências vinculadas a contextos de ordem econômica, se vinculam, podendo resultar em problemática ou favorabilidade a projetos de repositórios, de acordo com o período histórico.

Variáveis relacionadas à amplitude da dinâmica econômica, seja doméstica ou internacional, a investimentos estatais ou privados, ou de ciclos de produção agrária e pastoril incidentes em um determinado período e contexto, podem influenciar de forma determinante junto ao processo de seleção e escolha de sítios destinados à deposição de rejeitos radioativos.



#### **4. Exercício de análise aplicada a um modelo de área preliminar**

A caracterização de sítios destinados à instalação de um repositório, em conformidade aos critérios da Norma CNEN NE 6.06, segue um conjunto de etapas organizadas a partir de análise prévia de investigação, sob perspectiva em escala regional, em grande escala, quando se utiliza, como recurso, a análise espacial direcionada à caracterização regional prévia, com propósito de identificar porções de áreas, e locais, que possam integrar um arranjo espacial formado por modelos de áreas preliminares, a serem investigadas, posteriormente, em relação ao seu potencial a local candidato, em última etapa de análises.

Em etapa de investigação de áreas preliminares, em sequência a etapa regional, a análise, em perspectiva de escala de semidetalhe, é utilizada com objetivo de realizar estudos de caracterização pontual dos elementos e atributos de área, assim como estipular o referencial de localização do sítio em relação ao contexto regional, no que diz respeito aos aspectos logísticos de infraestrutura, que possam atender aos requisitos normativos, assim como identificar referenciais de localização que agreguem eficiência à operacionalidade do repositório e ampliem o potencial da área preliminar.

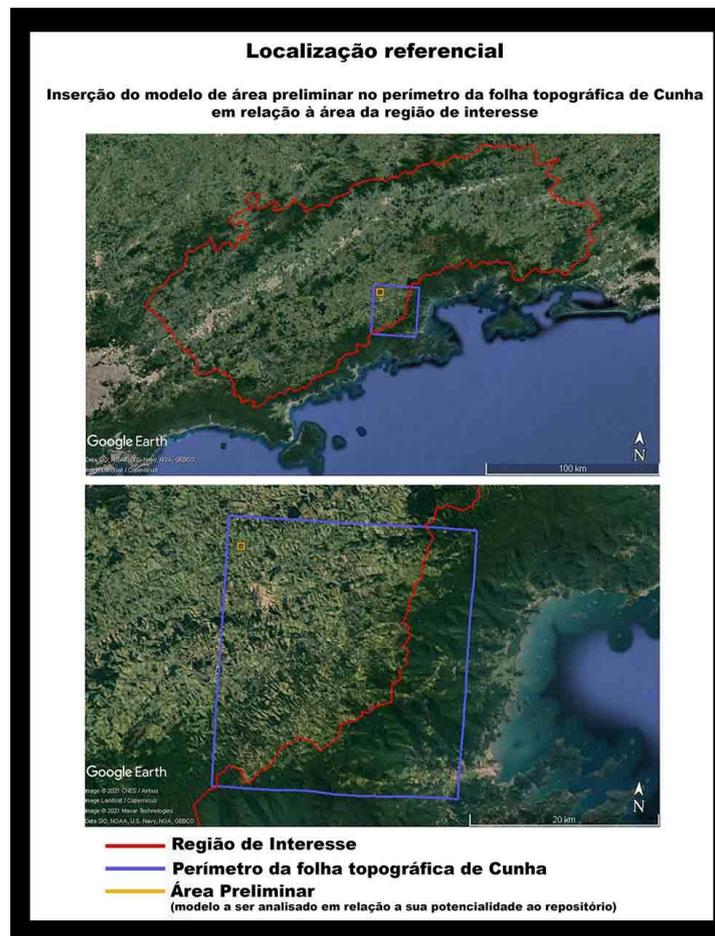
O trabalho de pesquisa e análise dos dados e informações obtidos durante a etapa referente aos modelos de áreas preliminares é complementada, na etapa seguinte, através da análise espacial por sensoriamento remoto, realizada em escala

de detalhe, possibilitando ganho qualitativo referente a melhor resolução e visualização das características do terreno. A melhor capacidade de identificar, através de imagens aéreas ou de satélites, atributos não identificáveis pela menor resolução obtida em pequenas escalas, possibilita melhor compreensão de fatores atuantes sobre as áreas delimitadas à pesquisa, possibilitando identificar processos e tendências, diretamente relacionados à dinâmica geomorfológica atuante sobre um terreno, conforme suas características paisagísticas, e de áreas a seu entorno.

A proposta deste capítulo é seguir os critérios de análise espacial de áreas, conforme os recursos escalares compatíveis a cada etapa de investigação, e a partir da conclusão obtida através da análise regional, partir para a aplicação a um modelo direcionado à caracterização e análise detalhada, conforme as necessidades a serem aplicadas sobre um modelo de área preliminar, previamente identificada, e analisar seu potencial em relação aos requisitos normativos mínimos ao processo de seleção escolha de sítios

destinados ao repositório de rejeitos radioativos, permitindo melhor descrever fatores que possam influir diretamente sobre a viabilidade do modelo de área a ser analisada.

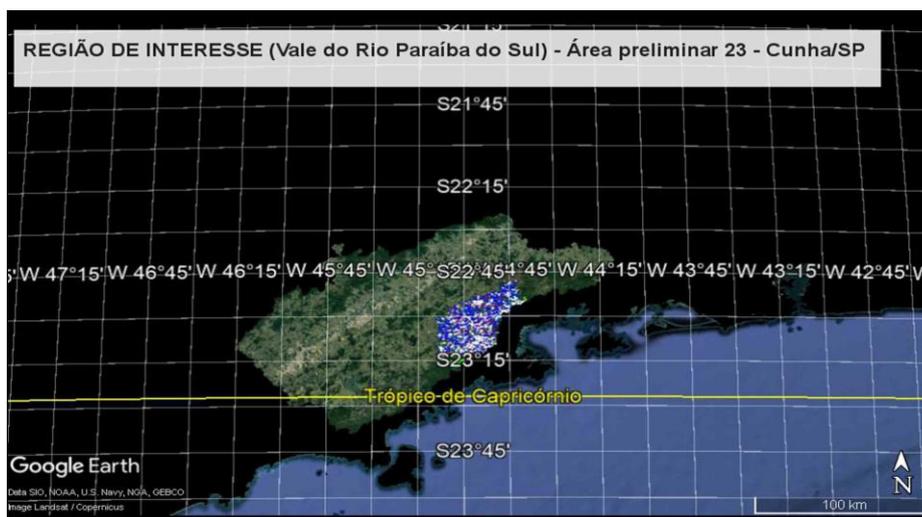
O contexto de análise espacial ao modelo de área preliminar, utilizado ao exercício de análise de pesquisa, se trata do município paulista de Cunha, identificado durante a etapa de caracterização regional deste trabalho, previamente denominado como a área municipal de número 23, dentro do conjunto composto por limites administrativos, sendo que, a partir da área municipal, delimitada entre as coordenadas geográficas referentes à folha topográfica oficial de Cunha: *Folha SF. 23-Z-C-I-1 MI-2771-1, IBGE, 1974*; descrita em escala de semidetalhe, conforme adequação técnica normativa, foi estabelecido um perímetro à análise de um modelo aleatório de área preliminar, inserido entre as coordenadas referenciais da folha topográfica municipal.



**Figura 34.** Contexto de inserção entre região de interesse, perímetro de identificação geográfica e modelo de área preliminar a ser analisada em relação a seu potencial ao repositório.

#### 4.1. Análise espacial e caracterização de área municipal

*Modelo: Município de Cunha; área municipal número 23*



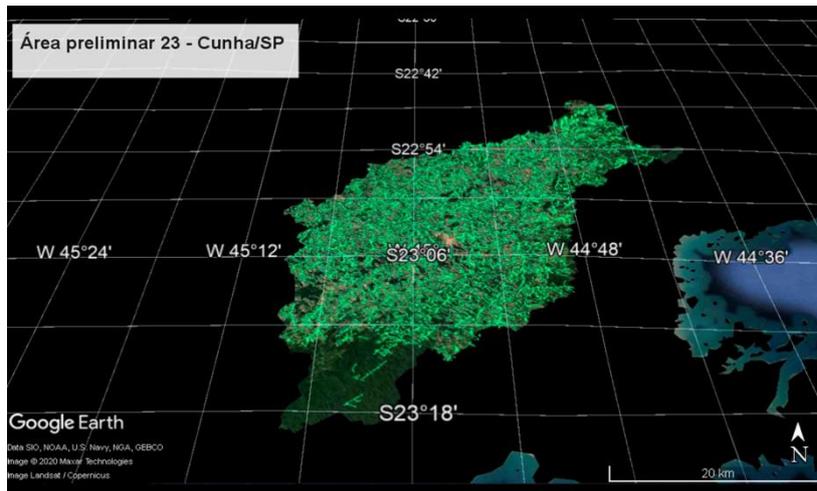
**Figura 35.** Localização da área administrativa do município de Cunha no contexto da região de interesse.

Com o propósito de estabelecer áreas viáveis dentro do perímetro municipal a ser analisado, que atendam aos critérios de inclusão à etapa de seleção de áreas preliminares, conforme a Norma CNEN NE 6.06, fatores cruciais como cobertura das áreas de proteção permanente, vegetação nativa, reservas legais, de uso restrito e hidrografia devem ser identificados e excluídos de investigações direcionadas a estabelecer seu potencial de área, nos permitindo visualizar de forma prévia os espaços passíveis de investigação em relação a seu potencial a locais candidatos.

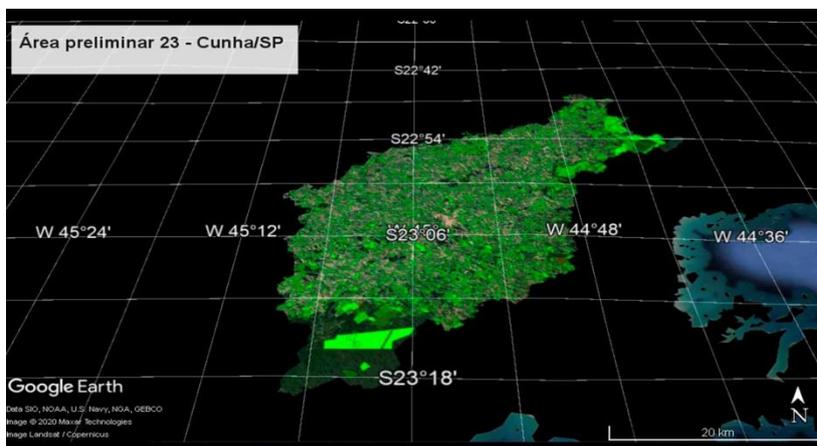
Análise prévia da sobreposição das camadas contendo as informações geográficas necessárias, referentes as áreas de:

**a)** proteção permanente; **b)** vegetação nativa; **c)** reservas legais, **d)** de uso restrito; **e)** hidrografia.

Pode-se, a partir da análise das plotagens, identificar as parcelas de áreas restantes dentro da área municipal, onde fatores determinantes de exclusão de áreas são evidenciados, auxiliando na escolha das parcelas que ofereçam, de forma preliminar, maior viabilidade ao repositório, e assim determinar um escopo de investigação formado por áreas que possam ser aplicados estudos preliminares direcionados à análise de potencialidade de área, e possibilitar a formação de um inventário final contendo um conjunto de locais candidatos.



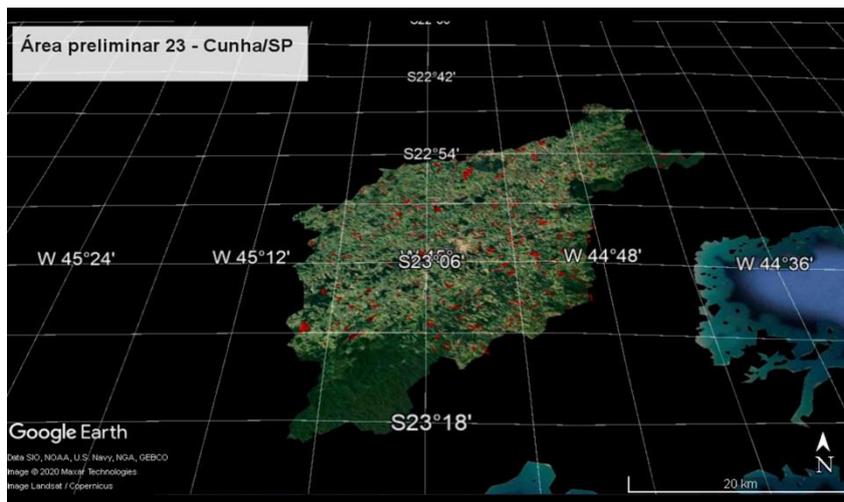
**Figura 36.** Levantamento de cobertura das áreas de preservação permanente (APPs) no contexto da área administrativa municipal de Cunha.



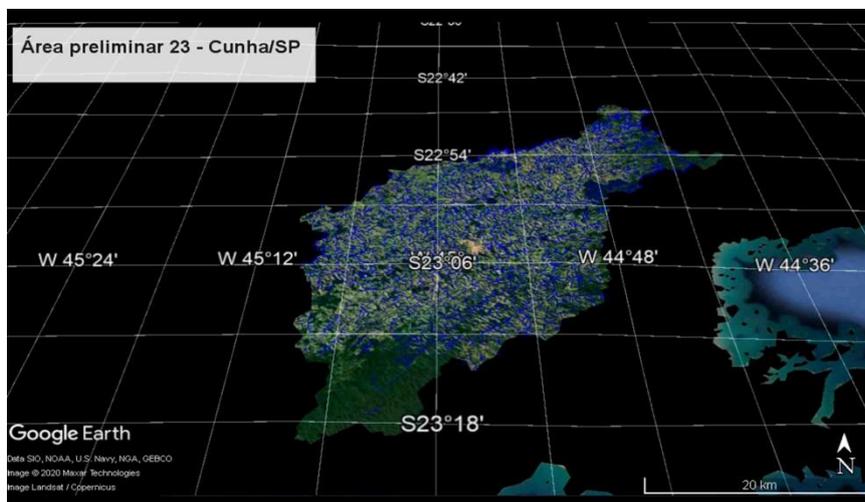
**Figura 37.** Levantamento de cobertura de vegetação nativa no contexto da área administrativa municipal de Cunha.



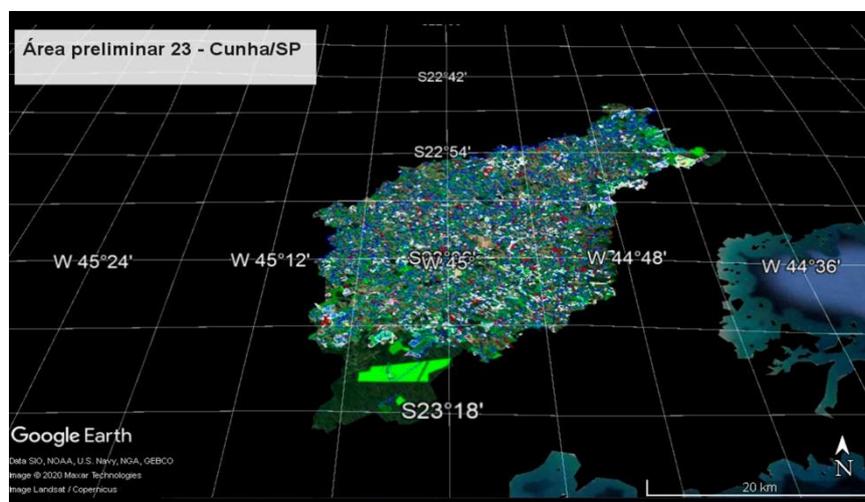
**Figura 38.** Levantamento de áreas de reserva legal no contexto da área administrativa municipal de Cunha.



**Figura 39.** Áreas de uso restrito no contexto da área municipal de Cunha



**Figura 40.** Levantamento da hidrografia no contexto da área administrativa de Cunha.



**Figura 41.** Plotagem das camadas de áreas de exclusão: Áreas de Preservação Permanente, vegetação nativa, reserva legal, áreas de uso restrito e hidrografia.

Após formulação da análise espacial prévia, aplicada sobre a área municipal, é possível definir o escopo de áreas que atendam aos requisitos normativos de inclusão, por redução das áreas de exclusão.

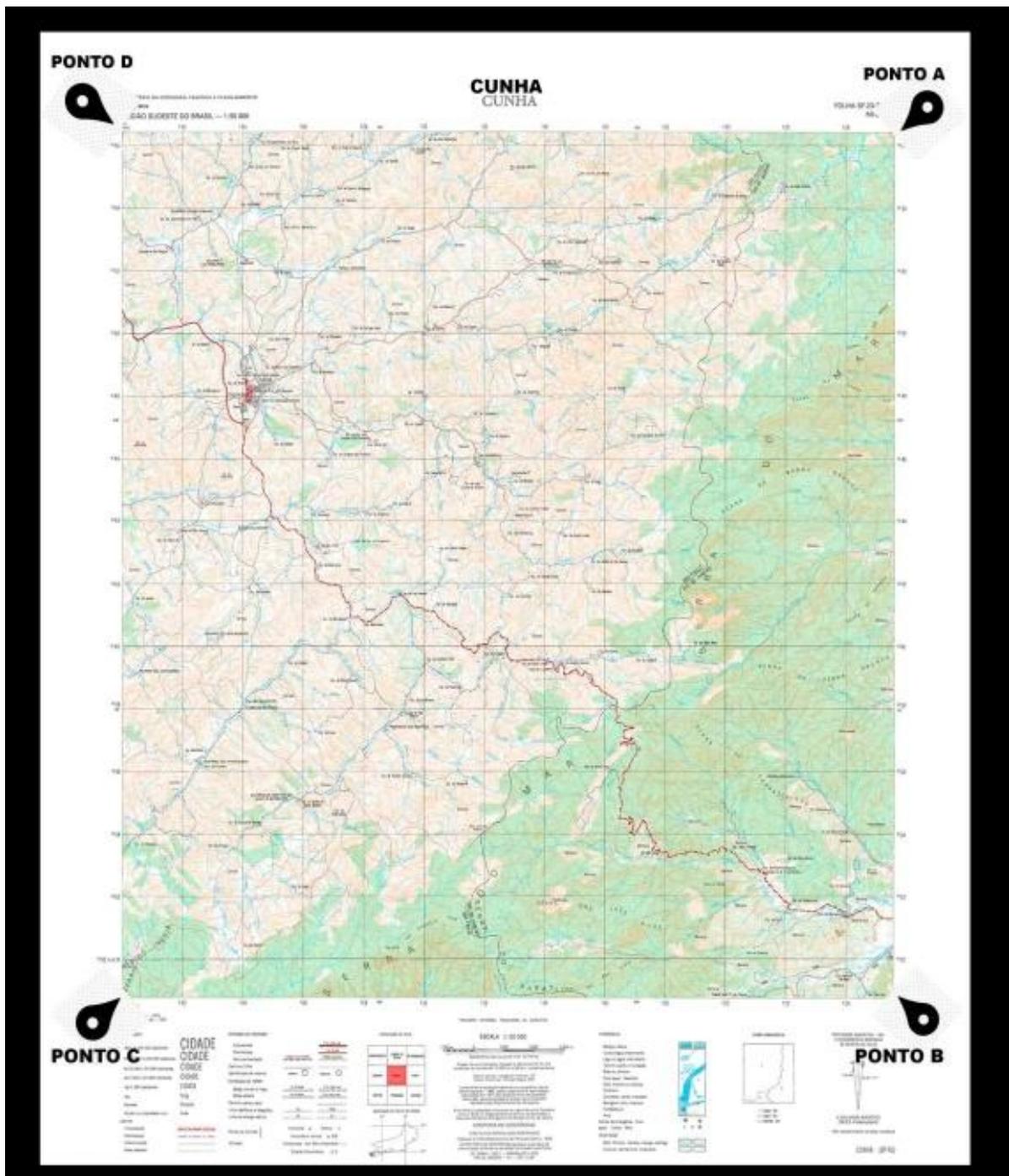
Ao definir o escopo de áreas preliminares, em concordância com os critérios normativos, há de se identificar visualmente as características das áreas que possivelmente ofereçam condições viáveis à aplicação de uma análise mais detalhada, com propósito de se estabelecer um conjunto de áreas preliminares que tenham potencial a se tornarem locais candidatos ao repositório.

Após definição, cada unidade de área preliminar deve ser devidamente georreferenciada, com propósito de se estabelecer o perímetro do sítio a ser caracterizado, e ter seu potencial a local candidato analisado.

#### 4.2. Georreferenciamento e redução escalar

Conforme adequação técnica, referente ao planejamento cartográfico direcionado a projetos de engenharia, ao se estabelecer um perímetro prévio, direcionado à análise de possíveis áreas que ofereçam condições mínimas aos requerimentos do projeto de um repositório, ao utilizar como base cartográfica o polígono referente ao município de Cunha, foram utilizadas as coordenadas geográficas referentes à folha topográfica oficial do IBGE, [figura 42](#), que cobre o município, de código: *SF. 23-Z-C-I-1 MI-2771-1*, a qual utiliza as seguintes coordenadas para definição dos limites expressos em suas arestas:

<b>PONTO A</b>	$\varphi = 23^{\circ} 00' 00'' S ; \lambda = 44^{\circ} 45' 00'' W$
<b>PONTO B</b>	$\varphi = 23^{\circ} 15' 00'' S ; \lambda = 44^{\circ} 45' 00'' W$
<b>PONTO C</b>	$\varphi = 23^{\circ} 15' 00'' S ; \lambda = 45^{\circ} 00' 00'' W$
<b>PONTO D</b>	$\varphi = 23^{\circ} 00' 00'' S ; \lambda = 45^{\circ} 00' 00'' W$



**Figura 42.** Base cartográfica, folha topográfica de Cunha: SF. 23-Z-C-I-1 MI-2771-1; IBGE 1ª Edição 1974, 2ª edição 1991. (e = 1:50.000) em escala de semidetalhe.

A partir da identificação das coordenadas referenciais, se estabelece o posicionamento das arestas da base cartográfica, e define a área de cobertura das camadas temáticas referentes à caracterização prévia, obtida durante a etapa de análise, aplicada à região de interesse, sendo possível visualizar, e identificar, de forma comparada, as características e informações descritas pela base cartográfica em relação ao contexto

regional, e identificar, a partir de arquivos e banco de dados de sistemas de informações geográficas, atributos ausentes na folha topográfica, tais como:

**a)** contexto hidrológico; **b)** litologia; **c)** distribuição espacial de atributos; **d)** características referentes ao uso e ocupação do solo; **e)** áreas de interesse mineralário.

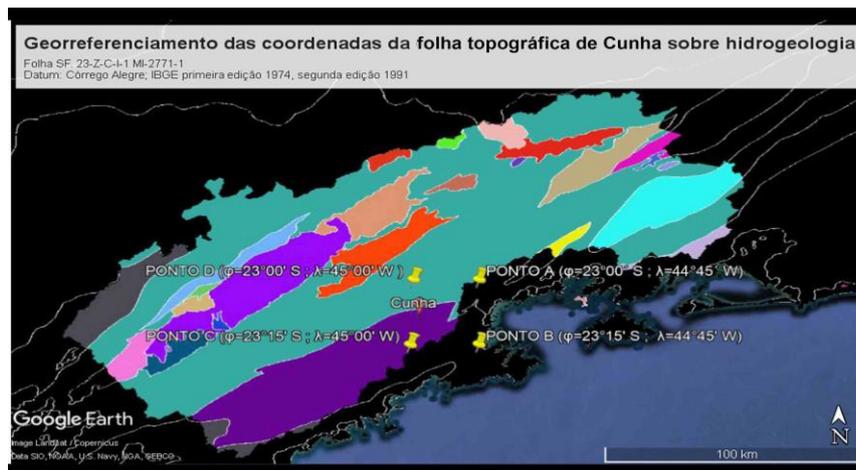
Coordenadas da folha topográfica são georreferenciadas sobre a região de interesse com propósito de estabelecer a cobertura da base cartográfica sobre imagem de satélite:



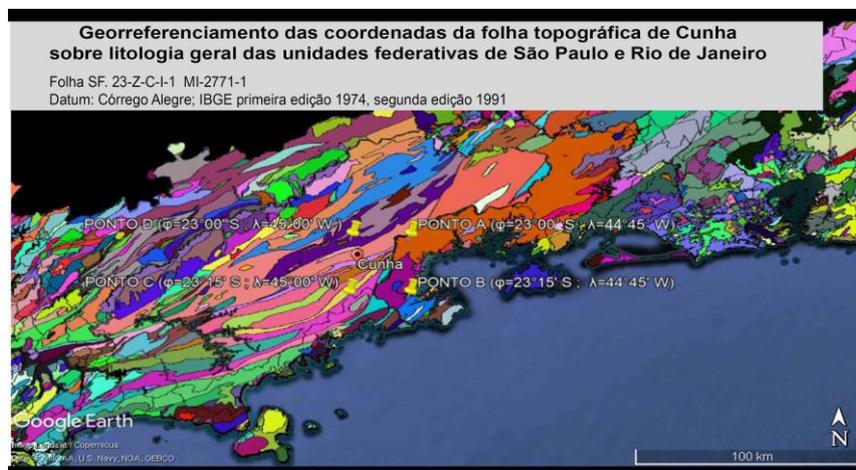
**Figura 43.** Georreferenciamento das coordenadas da folha topográfica de Cunha sobre a região de interesse.



**Figura 44.** Georreferenciamento das coordenadas da folha topográfica de Cunha sobre hidrografia da região de interesse.



**Figura 45.** Georreferenciamento das coordenadas da folha topográfica de Cunha sobre hidrogeologia da região de interesse.



**Figura 46.** Georreferenciamento das coordenadas da folha topográfica de Cunha sobre litologia geral das unidades federativas do Rio de Janeiro e São Paulo.



**Figura 47.** Georreferenciamento das coordenadas da folha topográfica de Cunha sobre áreas de interesse paisagístico, histórico e cultural.



**Figura 48.** Georreferenciamento das coordenadas da folha topográfica de Cunha sobre camada de identificação das áreas de interesse mineral.

A partir do perímetro da folha topográfica de Cunha, e identificação dos espaços de exclusão, conforme os critérios da Norma CNEN NE 6.06, e análise dos contextos hidrográficos, hidrogeológicos e litológicos, e de uso e ocupação do solo, combinados, e comparados, ao perímetro da base cartográfica municipal, é possível identificar, com maior exatidão, o detalhamento do terreno referente a um modelo de área preliminar, com propósito de identificação do potencial do sítio ao repositório.

Desta forma, obtêm-se melhor direcionamento e aplicação de estudos de caracterização, identificação e análise de fatores e variáveis que possam influenciar diretamente sobre o potencial de um modelo de área preliminar junto ao processo de seleção e escolha de locais candidatos ao repositório.

Seguindo os critérios normativos de exclusão, se estabelece um perímetro de área útil reduzida, e passível de análise em escala de detalhe, que possibilite investigações direcionadas a uma caracterização mais exata sob uma óptica condizente à identificação de fatores de influência. Desta forma, o modelo de área preliminar, para efeitos de exercício de análise foi delimitada entre os referenciais nas seguintes coordenadas geográficas:

PONTO A'	$\varphi = 23^{\circ} 01' 30'' S$ ; $\lambda = 44^{\circ} 59' 00'' W$ / <i>Altitude: 830 m</i>
PONTO B'	$\varphi = 23^{\circ} 01' 50'' S$ ; $\lambda = 44^{\circ} 59' 00'' W$ / <i>Altitude: 860 m</i>
PONTO C'	$\varphi = 23^{\circ} 01' 50'' S$ ; $\lambda = 44^{\circ} 59' 20'' W$ / <i>Altitude: 830 m</i>
PONTO D'	$\varphi = 23^{\circ} 01' 30'' S$ ; $\lambda = 44^{\circ} 59' 20'' W$ / <i>Altitude: 890 m</i>



**Figura 49.** Modelo de área preliminar, delimitada pelas coordenadas A',B',C' e D', inserida no polígono da folha topográfica de Cunha, totalizando perímetro de 2,37 km e área total de 350,55 m<sup>2</sup>.

PONTO A'	$\phi = 23^{\circ} 01' 30''$ S ; $\lambda = 44^{\circ} 59' 00''$ W / Altitude: 830 m
PONTO B'	$\phi = 23^{\circ} 01' 50''$ S ; $\lambda = 44^{\circ} 59' 00''$ W / Altitude: 860 m
PONTO C'	$\phi = 23^{\circ} 01' 50''$ S ; $\lambda = 44^{\circ} 59' 20''$ W / Altitude: 830 m
PONTO D'	$\phi = 23^{\circ} 01' 30''$ S ; $\lambda = 44^{\circ} 59' 20''$ W / Altitude: 890 m



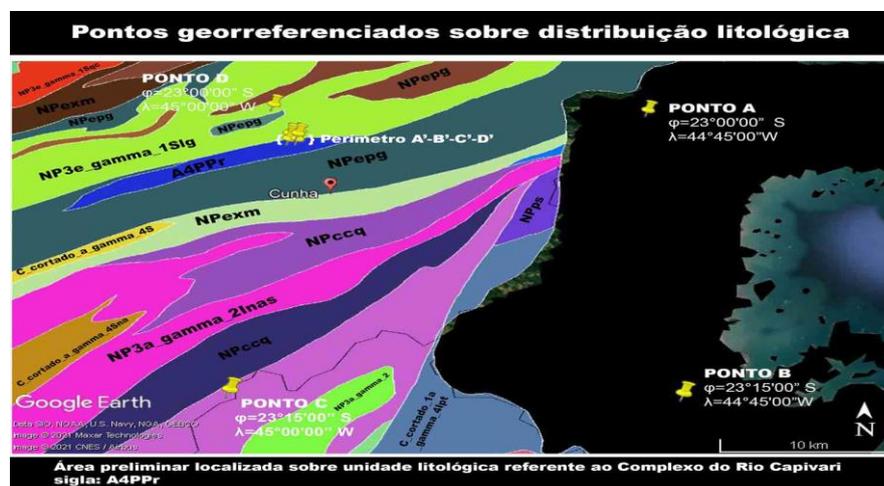
**Figura 50.** Localização dos oito pontos georreferenciados, referentes ao perímetro da folha topográfica de Cunha: Pontos A, B, C e D; e perímetro do modelo de área preliminar identificado, delimitado aos pontos georreferenciados A', B', C' e D'.



**Figura 51.** Demarcação do perímetro referente ao modelo de área preliminar segundo pontos georreferenciados e conforme coordenadas geográficas e altitude.

### 4.3. Identificação e caracterização geológica

O perímetro da área de Cunha se insere no contexto de dobramentos da Faixa do Ribeira, em sua porção ocidental, e das escarpas da Serra do Mar, em sua porção oriental, sendo que, o perímetro utilizado como modelo à análise de área preliminar se insere totalmente dentro do complexo do Rio Capivari, mais especificamente sobre a Unidade **A4PPr** composta por rochas ígneas – metamórfica, anfíbolito (hornblenda, Ca-plagioclásio), de litotipo migmatito, trondhjemitito, gnaiss, ortognaiss, formada por processo de metamorfismo regional, de origem arqueana, com idade entre 2004 m.a. a 2900 m.a. pelo método de datação isotópica radiogênica Sm-Nd, sobre modelo em rocha total e U-Pb sobre mineral.



**Figura 52.** Perímetros dos modelos de áreas sobre litologia regional,

O modelo de área preliminar se insere totalmente sobre a unidade A4PPr referente ao Complexo Rio Capivari, composto majoritariamente por anfibolito (hornblenda, Ca-plagioclásio), de litotipo migmatito, trondhjemitó, gnaisse, ortognaisse, formada por processo de metamorfismo regional, de origem arqueana, com idade entre 2004 m.a. a 2900 m.a. pelo método de datação isotópica radiogênica Sm-Nd sobre modelo em rocha total e U-Pb sobre mineral.

#### **4.4. Análise geomorfológica e topográfica do modelo de área preliminar**

O recorte espacial, utilizado como modelo à área preliminar, corresponde a um polígono de 2,37 km de perímetro, que circunscreve uma área total de 350,55 m<sup>2</sup> inseridos em domínio geomorfológico definido como “mares de morros”.

Apresenta elevações que variam desde os 820 metros, correspondentes ao curso do rio Jacuí, até sua elevação máxima de 900 metros, localizada na porção correspondente a extremidade superior noroeste à poligonal do terreno, que apresenta características marcantes de vale, onde o rio Jacuí separa as duas vertentes que marcam a topografia da paisagem local, e onde estão localizadas as maiores cotas altimétricas, na porção noroeste (cota máxima de 900 m), e porção sudeste (cota máxima de 890), sendo esta última, na qual apresenta em sua face sul a maior razão de declividade correspondente à topografia do modelo de área preliminar.

As duas vertentes, opostas às margens do rio, são responsáveis por direcionar maior fluxo das águas pluviais, e deposição sedimentar, em direção ao centro do vale, e estabelecer a área correspondente à planície de inundação, onde segue o curso fluvial, e corresponde as menores cotas altimétricas, entre 820 metros e 830 metros.

Conforme a topografia, e razão de declividade do terreno, seguindo o raciocínio em relação às características litológicas regionais correspondentes à localização do modelo de área preliminar, sobre a unidade do Complexo Rio Capivari, composta por rochas metamórficas, do tipo gnaisse e ortognaisse, justifica em parte a atual configuração do vale, no que diz respeito aos processos de entalhamento por ação fluvial, que resulta as características morfológicas do terreno, sendo que, a partir da tendência de declividade, pode supor que, o prolongamento da estrutura rochosa, que constitui as duas vertentes principais, tende a se seguir em subsuperfície, sob a cobertura sedimentar que compõe a planície de inundação do rio Jacuí localizada nas cotas inferiores a 830 metros.



**Figura 53.** Vista aérea do perímetro demarcado ao modelo utilizado como área preliminar.



**Figura 54.** Marcação das curvas de nível indicam altitudes entre 820 metros, ao nível do curso do rio Jacuí, e elevações superiores a 890 nas cotas localizadas ao cume das duas vertentes principais que caracterizam a morfologia do terreno em vale.



**Figura 55.** Tendência do escoamento superficial das águas pluviais acompanham a morfologia do terreno, desde as cotas mais elevadas em direção ao curso fluvial localizado nas cotas referentes à planície de inundação do rio Jacuí.

A formação da área referente à planície de inundação nos baixos topográficos do terreno do modelo de área preliminar apresenta como indicativo visual a característica vegetacional típica de terrenos inundáveis, que compõe a porção paisagística que acompanha o curso do rio Jacuí.



**Figura 56.** Planície de inundação do Rio Jacuí, entre as curvas de nível dos 820 metros a 830 metros.

Extrapolando visualmente a área restrita ao polígono demarcado, é marcante a prolongação das vertentes, principalmente a localizada na porção oeste do terreno, o que permite estimar a dimensão das formações estruturais rochosas que formam todo o conjunto do vale.

Em complemento à análise geomorfológica, a partir dos dados e informações obtidos nas etapas anteriores do processo de caracterização da litologia regional, que define o embasamento rochoso presente sob o terreno do modelo de área preliminar, nos permite estimar que:

Curvas de nível mais elevadas, a partir dos 840 metros, consistem provavelmente em áreas formadas por rochas de médio a alto grau de metamorfismo, possivelmente gnaiss, encobertas por menor cobertura pedológica, em relação as áreas de baixo topográfico, abaixo dos 840 metros, que correspondem ao leito, subplanície, e planície de inundação do rio Jacuí onde se concentram maior deposição sedimentar, produto das ações intempéricas e de retrabalhamento mecânico sobre as feições rochosas que compõem os altos topográficos da paisagem, e que são depositados ao longo do trajeto de escoamento superficial das águas pluviais.

A presença do curso fluvial sugere constante processo de infiltração sobre o embasamento rochoso neste local, e maior espessura do manto de alteração da rocha em relação aos pontos mais distantes das áreas fluviais, nas vertentes.

As poucas manchas de vegetação arbórea, nos permite deduzir que, a área sofreu considerável alteração antrópica em relação à vegetação nativa, possivelmente à ocupação de pastagem, reforçando a hipótese em relação a presença de menor cobertura pedológica nas áreas mais elevadas, devido à maior exposição da superfície às interação de fatores climáticos, escoamento superficial da água e transporte de sedimentos, em direção aos baixos topográficos onde concentram maior espessura da cobertura pedológica.

A profundidade freática não se pode concluir ao certo utilizando apenas os recursos de análise espacial, havendo real necessidade de uma análise de campo ou através da obtenção e análise de dados de sondagem aplicados à área. Desta forma, a caracterização prévia obtida referente à litologia do modelo de área preliminar, que indica a presença de rochas gnáissicas, em primeira análise, nos permite concluir que o modelo de área preliminar oferece condições geológicas favoráveis ao repositório, porém as observações referentes às tendências hidrodinâmicas de subsuperfície do sítio e fatores de interação hidrológica e climática sobre as condições reais das estruturas rochosas são inconclusivas a partir de uma análise espacial restrita.

#### **4.5. Análise logística ao modelo de área preliminar**

A rede de infraestruturas relacionadas ao transporte influí diretamente sobre a potencialidade do sítio, viabilidade e custos de um projeto, e eficiência operacional do repositório. Fatores atuantes durante todas as etapas, desde os estudos de campo requisitados ao licenciamento, às fases de construção, comissionamento, operação e descomissionamento da instalação.

Em relação à fase operacional do repositório, a existência de uma variada e eficiente rede de transportes refletirá sobre a eficiência e segurança do deslocamento dos rejeitos radioativos, desde as fontes produtoras ou de coleta intermediária, até o ponto de deposição.

Se tratando de materiais radioativos, a previsão de tempo de deslocamento em relação à atividade do elemento radioativo, assim como sua segurança durante todo o trajeto, são fundamentais ao planejamento geral de uma logística de transportes que envolve,

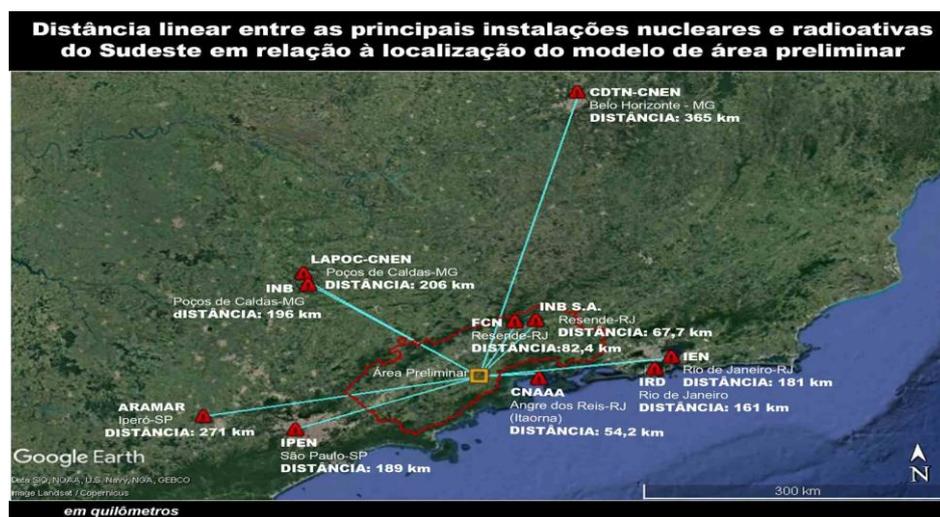
desde o condicionamento dos rejeitos, modo de deslocamento, de acordo com tipo, atividade, condições, e volume de material, e mobilização de equipes responsáveis, em concordância aos requisitos normativos referentes ao transporte de materiais radioativos.

Os sistemas modais viáveis ao transporte de rejeitos radioativos podem ser aéreos, marítimos ou terrestres, de acordo com as características do material a ser transportado, podendo ou não haver combinação entre ambos.

Assim, entende-se que, uma área preliminar teria como fator favorável, no que diz respeito à logística, a sua própria localização em relação a possibilidade de abranger ambos sistemas de modais, não somente pela oferta e possibilidades, mas sim de redução da vulnerabilidade operacional do repositório em relação à dependência de um único sistema modal, que por consequência reduziria a eficiência ao planejamento geral de deslocamento dos rejeitos desde as áreas produtoras até o repositório, comprometendo toda a cadeia logística.

#### 4.5.1. Localização das principais instalações radioativas e nucleares

As principais instalações radioativas e nucleares instaladas no Brasil estão localizadas na região sudeste, onde concentram a maior parte das atividades relacionadas a setores que geram, ou armazenam, algum tipo de rejeito radioativo durante, pelo menos, uma de suas etapas operacionais. Sendo responsáveis pelo fornecimento, ou armazenamento provisório de rejeitos próprios, ou provenientes de atividades operacionais de instituições públicas e privadas [15].



**Figura 57.** Localização das principais instalações nucleares e radioativas em relação ao modelo de área preliminar

Localizada entre onze das principais instalações nucleares e radioativas do país, responsáveis pela produção, armazenamento provisório e intermediário de rejeitos radioativos, o modelo de área preliminar se posiciona em um raio de 82,4 quilômetros das instalações localizadas dentro dos limites da região de interesse e área de influência, e em um raio de 365 km de distanciamento entre os principais centros da região sudeste.

Praticamente equidistante entre os centros localizados nas cidades de São Paulo e Rio de Janeiro, o modelo de área preliminar oferece enorme potencial em relação a seu posicionamento estratégico, em relação à logística regional, e ao contexto de produção e armazenamento de rejeitos radioativos do país, sendo sua localização referencial fator favorável à se considerar a área como potencialmente satisfatória ao repositório.

#### **4.5.2. Sistemas de transportes regionais**

Por estar inserido no eixo Rio-São Paulo, caracterizado por uma densa ocupação humana, e região estratégica da produção industrial nacional, o modelo de área preliminar se insere em um contexto logístico caracterizado por uma vasta rede de transportes, tanto no que diz respeito às estradas de rodagem quanto as referentes ao fluxo de tráfego aéreo, sendo a ponte aérea Rio-São Paulo a aerovia mais emblemática que confere posicionamento estratégico do modelo de área preliminar em relação ao espaço aéreo brasileiro.

O papel do sistema viário da Dutra, em um país que optou por priorizar o meio rodoviário como principal sistema modal de transportes, consiste em peça fundamental a estabelecer e consolidar a região do Vale do Rio Paraíba do Sul como o principal e mais dinâmico eixo de deslocamento logístico do país.

O transporte ferroviário, apesar de seu estado de permanente sucateamento, decorrente de opções que envolvem questões políticas e de interesses diversos, firmados há décadas, a região de interesse conta com boa parte do modal ferroviário remanescente no país, principalmente no que diz respeito ao transporte de carga.

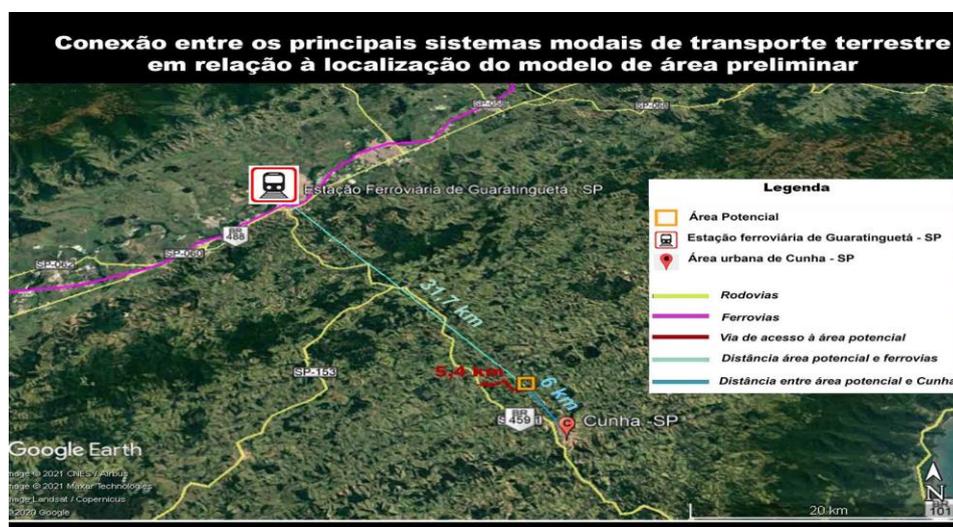
A possibilidade de conexão entre repositório e principais centros produtores de rejeitos, com opção de uma combinação de sistemas modais de transporte agregaria potencialidade a uma área preliminar ao reduzir sua vulnerabilidade a uma única opção.

### 4.5.3. Terrestres: rodovias e ferrovias

A existência de uma densa rede de infraestrutura de transportes terrestres, que conta com sistemas modais rodoviários e ferroviários nas proximidades do modelo de área preliminar adotada, localizada entre as cidades de Guaratinguetá e Cunha, viabiliza a ligação da área aos principais eixos de deslocamento terrestre que cruzam toda a região do Vale do Rio Paraíba do Sul.

O distanciamento entre a localização do modelo de área preliminar em relação ao sistema Via Dutra, proporciona sua ligação ao complexo de rodagem asfaltado através da conexão entre a Rodovia Paulo Virgínio, com 36 quilômetros de extensão, à Rodovia Presidente Dutra na altura da cidade de Guaratinguetá, sendo que a ligação de acesso terrestre secundária existente, do tipo estrada rural, com uma extensão de 5,7 quilômetros entre o modelo de área preliminar e a rodovia Paulo Virgínio.

Tal distanciamento relativo confere um fator de isolamento de área razoável no que diz respeito a localização do repositório aos principais fluxos de deslocamento terrestres contínuo e dos centros urbanos.



**Figura 58.** Localização e distanciamento do modelo de área preliminar em relação a infraestrutura dos sistemas modais de transporte terrestre.

A partir da análise, o modelo de área preliminar conta com uma preexistente infraestrutura de redes de transportes que a interliga aos principais complexos viários que cruzam o eixo Rio-São Paulo, estando o modelo de área preliminar equipado com via secundária, com 5,4 quilômetros de extensão, que a interliga à malha rodoviária

principal, que dista 31,7 quilômetros até o eixo de rodagem da rodovia presidente Dutra na cidade de Guaratinguetá, viabiliza as fases desde as pesquisas de área in situ, e possibilita a operacionalidade de um eventual repositório, sendo tais fatores favoráveis, e agregam potencialidade ao modelo de área preliminar e viabilizam no sentido de logística terrestre a instalação de um repositório.

#### **4.5.4. Aeroportos e aeródromos**

Em consideração à logística aérea, a região de interesse tem como característica um intenso tráfego de aeronaves em uma complexa rede de corredores aéreos que interligam as principais instalações aeroportuárias do país, localizadas em municípios que sediam os principais centros produtores e de armazenamento de rejeitos no sudeste do Brasil, como **a)** São Paulo, aeroporto internacional Governador Franco Montouro (Guarulhos); **b)** Rio de Janeiro, aeroporto internacional Tom Jobim (Galeão); **c)** Belo Horizonte, aeroporto Tancredo Neves (Confins).

Aeroportos internacionais como Viracopos, no município paulista de Campinas, e Agulhas Negras na cidade fluminense de Resende, onde estão localizados a Fábrica de Combustível Nuclear e as Indústrias Nucleares do Brasil, suplementam o suporte logístico de infraestrutura aeroportuária disponível entre o modelo de área preliminar, principais centros produtores de rejeitos e um dos principais terminais de carga aérea do Estado de São Paulo.

Além da malha aérea principal, a existência de aeródromos alternativos próximos à área preliminar pode ser considerado um fator favorável à potencialidade da área à instalação de um repositório por aumentar o potencial de segurança ao transporte aéreo em casos de imprevisibilidades e incidentes operacionais.

O modelo de área preliminar utilizado conta com pelo menos, quatro aeroportos, ou aeródromos, operacionais localizados nos limites da região de interesse e área de influência.

Em um raio de cobertura aérea, de até cinquenta milhas náuticas, o aeroporto internacional Professor Urbano Ernesto Stumpf, em São José dos Campos é a instalação aeroportuária mais bem equipada, enquanto o aeroporto Agulhas Negras, em Resende, está localizado junto de duas das principais instalações nucleares e radioativas do sudeste brasileiro.



**Figura 59.** Distribuição de aeroportos e aeródromos localizados na região sudeste em relação à localização do modelo de área preliminar

O aeródromo de Guaratinguetá, localizado a uma distância de 18,6 nm de proximidade ao modelo de área preliminar viabiliza a logística de transporte de rejeitos radioativos por via aérea, partindo desde as instalações de produção e armazenamento provisório ao local de um eventual repositório, por via modal direta ou através da conexão entre transportes aéreo e terrestre.



**Figura 60.** Distância entre o modelo de área preliminar, em milhas náuticas (nm), aos principais aeroportos e aeródromos localizados dentro dos limites da Região de Estudo.

A análise referente à logística aplicada ao modelo de área preliminar adotado, demonstra alta favorabilidade ao local, que conta com um completo sistema modal de transportes

na infraestrutura regional preexistente, que a conecta aos principais pontos de produção de rejeitos radioativos do sudeste brasileiro, e às principais instalações e infraestruturas de transporte da região, inserindo o local potencialmente candidato no centro de uma complexa e eficiente rede logística de transportes que oferecem grande potencial de eficiência operacional necessária ao repositório.

## **5. Conclusão**

Ao seguir os critérios estabelecidos pela Norma CNEN NE 6.06 – Diário Oficial da União de 24 de janeiro de 1990, que estabelece os requisitos mínimos aplicáveis ao processo de seleção e escolha de locais para depósito de rejeitos radioativos, foi possível verificar a complexidade dos estudos necessários às etapas que envolvem a caracterização geológica de sítios para um repositório de rejeitos radioativos.

A abrangência interdisciplinar envolvida, em um estudo prévio de seleção e escolha de locais apropriados para deposição de rejeitos radioativos do tipo fonte selada em desuso, de atividade baixa e média, envolve abordagens e aplicações diretas de conceitos relacionados tanto à geografia física quanto humana e à biogeografia para que seja possível uma análise geral de caracterização de um modelo de região de interesse. Foram abordados desde estudos relacionados ao planejamento territorial, do uso e ocupação do solo, em áreas urbanas e rurais, relacionados à dinâmica socioeconômica nacional, assim como o papel regional no contexto histórico e cultural, característicos dos processos de regionalização do espaço territorial brasileiro que refletem os aspectos demográficos e de infraestrutura, existentes na região do Vale do Rio Paraíba do Sul.

Questões relacionadas à biogeografia e legislação ambiental, complementam o conjunto de abordagens multidisciplinares relacionadas ao meio ambiente e possibilitam a melhor compreensão das características da cobertura vegetal nativa e dos impactos ocasionados por intensa intervenção antrópica na região de interesse, o que possibilita a reflexão acerca dos valores éticos de uma sociedade em relação à preservação de seu patrimônio natural, cultural e identitário.

A Região do Vale do Rio Paraíba do Sul, em seu recorte que abrange o alto e médio curso da bacia hidrográfica, consiste em seus aspectos físicos e sistêmicos, como região a ser considerada, no que diz respeito a abertura de discussões e estudos relacionados à deposição de rejeitos radioativos no país.

Ao mesmo tempo que a região oferece condições ideais necessárias à seleção de sítios destinados à instalação de depósitos geológicos em profundidade, estabelece limitações, e desafios, principalmente referentes às suas características hídricas e climáticas dentro de um contexto subtropical, no qual todo o conjunto de interações sistêmicas que definem os aspectos naturais característicos da região, potencializam processos

geoquímicos atuantes sobre a litologia e definem a intensidade dos processos geomorfológicos.

A definição de um recorte espacial a ser utilizado como modelo de Região de Interesse, caracterizado por uma vasta extensão territorial, como é o caso da região do Vale do Rio Paraíba do Sul submetido a análise, a partir da aplicação dos conceitos metodológicos formulados, como requisitos, pela Norma CNEN NE 6.06, demanda a utilização de conceitos e ferramentas cartográficas, técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento à análise, e se tornam elementos fundamentais a um estudo regional prévio, para se determinar a viabilidade de áreas a serem adotadas como modelos preliminares, de acordo com as definições normativas.

Tais ferramentas oferecem maior definição e detalhamento ao planejamento das etapas necessárias ao processo de caracterização, análise e identificação de áreas distribuídas espacialmente. Sua conformidade aos requisitos necessários à escolha de locais candidatos à instalação de um repositório, aumenta a eficiência de visualização, caracterização e análise do potencial de área, ao permitir a identificação de fatores determinantes, que condizem a viabilidade de locais favoráveis à instalação de um repositório.

A exclusão de áreas, segundo os critérios normativos estabelecidos, auxilia a identificação de um escopo espacial, e facilita a compreensão das características físicas regionais, assim como de fatores relacionados à organização administrativa da região de interesse, as autarquias atuantes sobre questões de licenciamento, e possibilita o cruzamento de dados e informações direcionados às análises necessárias às etapas do processo de seleção de áreas preliminares, e estabelecer o potencial de área à local candidato.

As características geológicas regionais, identificadas no modelo adotado como região de interesse, permitem apontar áreas que condizem aos requisitos normativos mínimos necessários ao projeto do repositório. Características físicas como constituição do embasamento cristalino, formado por unidades de idade pré-cambriana, de origem vulcânica, do tipo granito-gnaiss, com toponímia possivelmente relacionada aos plútons graníticos do leste paulista, de dimensões que nos permite caracterizá-las como batólitos, são condições favoráveis ao modelo de repositório, sendo viável a aplicação de estudos complementares e utilização de técnicas de campo direcionadas a uma caracterização mais detalhada das condições geofísicas atuantes sobre um modelo de área preliminar.

As áreas municipais que perfazem a porção meridional da região de interesse, localizadas sobre unidades litológicas, diretamente relacionadas a compartimentações pré-cambrianas, entre o delineamento da escarpa da Serra do Mar e o Grupo Taubaté, alinhadas em sentido Sul-Norte, e entre a bacia de Taubaté e de Resende, em sentido Oeste Leste, sobre o alto estrutural denominado como soleira de Queluz, que separa as duas bacias cenozoicas, constitui a porção da área regional onde o escopo espacial melhor condiz aos requisitos normativos estabelecidos ao que diz respeito às características litológicas requerentes ao sítio.

As características tectônicas são condizentes aos requisitos técnicos do repositório. Um estudo aprofundado de geotecnia, aplicado às áreas preliminares, e estipulação do potencial sísmico local, são de grande importância para a definição concreta de eventuais riscos geológicos ambientais relacionados aos índices de coesão pedológica, junto às interfaces rochosas, sobre vertentes, inseridas no domínio de “mares-de-morros”, em meio subtropical. Os riscos relacionados à processos erosivos, ao deslocamento e escorregamento de solo das encostas, ou blocos, potencializados pelas constantes intervenções antrópicas à cobertura de vegetação nativa, podem constituir riscos consideráveis à estabilidade estrutural e à eficiência operacional de um repositório, e acarretar em redução do potencial de uma área no que diz respeito à contenção eficiente dos radionuclídeos depositados e seu potencial risco de dispersão junto ao meio ambiente.

A interação entre fatores hídricos e climáticos atuantes na região, constituem a maior problemática à definição de áreas preliminares a serem inseridas em um inventário de locais favoráveis e candidatos à instalação de um repositório. A região de interesse está localizada, em sua totalidade, entre latitudes que a inserem na faixa climática mesotérmica, subtropical e temperada, com regime pluvial caracterizado por alta umidade e temperatura, principalmente durante os períodos de verão. A forte atuação da massa tropical marítima, que resulta em alta pluviosidade regional característica, e altas temperaturas, conferem maior dinâmica aos processos geoquímicos atuantes de interação entre sistemas climático e geomorfológico, assim como à dinâmica hidrológica, o que evidencia a necessidade de maior aplicação de estudos direcionados a identificar e estabelecer, em detalhes, a intensidade dos processos de interação atuantes envolvidos na região. Um conjunto de estudos aprofundados, aplicados por unidade de área, de forma localizada e pontual, devem ser considerados, com propósito de definição

da atuação desses processos sob a perspectiva de uma escala temporal de ordem geológica.

As características de distribuição espacial, referentes aos fatores antrópicos, relacionadas às infraestruturas pré-existentes, identificam a região de interesse em condições logísticas ideais, e coerentes, à instalação de um repositório. Fatores relacionados ao uso e ocupação do solo, se analisados de forma adequada, segundo todos os critérios estabelecidos pela Norma CNEN NE 6.06, possibilitam a seleção prévia de áreas que oferecem condições de localização que permitem o distanciamento relativo de um repositório em relação aos núcleos urbanos e unidades rurais produtivas, e que ao mesmo tempo, permitem acesso a partir de uma eficiente infraestrutura viária pré-existente, composta por eixos rodoviários principais e ramais secundários. Essa malha oferece uma logística ideal ao repositório durante todas as suas etapas, desde o processo de seleção e relacionadas às pesquisas preliminares para licenciamento, construção, fase operacional, até sua fase de descomissionamento. O modal rodoviário é complementado por uma pré-existente infraestrutura ferroviária e uma complexa, e bem equipada, infraestrutura aeroviária e aeroportuária, que cobre toda a região de interesse e a interconecta aos principais centros produtores e de armazenamento intermediário e provisório de rejeitos radioativos e nucleares do sudeste brasileiro.

A dinâmica de ocupação e exploração antrópica revela características paisagísticas que facilitam a identificação de locais atraentes à instalação de um repositório, tais quais as relacionadas ao conceito de “mares de morros”, que se relacionam com características litológicas e topográficas requisitadas ao repositório.

Fatores relacionados à cobertura de vegetação nativa, apesar de serem condicionantes ao processo de seleção de áreas preliminares, podem atuar como fatores favoráveis ao projeto, no que diz respeito ao planejamento da fase de descomissionamento da instalação. A recuperação gradual da mata nativa, observada em unidades rurais, ausentes de intervenção antrópica, pode se tornar uma opção de planejamento ao local selecionado ao se formular uma pós utilização do sítio destinada à reservas biológicas ou unidades de conservação, monitoradas e amparadas legalmente sob forma institucional.

A partir da escolha de um modelo de área preliminar, como forma de exercício à aplicação dos fundamentos metodológicos da Norma CNEN NE 6.06, foi possível compreender as etapas de pesquisa envolvidas em um processo de caracterização, seleção e escolha de áreas destinadas à instalação de um repositório. Processo que se inicia a partir da

análise do modelo de uma região de interesse, até a identificação preliminar de áreas, através da redução da região de interesse por exclusão, de acordo com as características naturais e antrópicas, identificadas, caracterizadas e analisadas, que possam oferecer maior potencial à instalação de um repositório.

Ao analisar o modelo de área preliminar de Cunha foi possível identificar fatores favoráveis e desfavoráveis ao potencial de área a ser definida como um local candidato ao repositório. Seus aspectos físicos, no que diz respeito aos fatores geológicos, são condizentes, e ideais, aos requisitos estabelecidos pela Norma CNEN NE 6.06, e justificariam a escolha da área preliminar analisada para um estudo de sua viabilidade potencial a local candidato. Fatores hídricos de atenuação, como a presença dos terraços fluviais do rio Jacuí, entre as vertentes, que caracterizam o terreno em vale do modelo de área preliminar, condicionariam a localização pontual ideal de um eventual repositório, que estaria restrito às cotas mais elevadas dentro do perímetro do modelo de área, principalmente devido à atuação direta de fatores climáticos, que influenciariam diretamente a relação entre processos geoquímicos e geofísicos envolvidos e atuantes sobre a dinâmica geomorfológica da área analisada.

Fatores antrópicos, de uso e ocupação do solo, justificariam a escolha do modelo de área preliminar por não apresentar distanciamento proximal às grandes concentrações urbanas, áreas de relevante interesse histórico, artístico e cultural, ou minerário. O fator relacionado à logística, caracterizado por uma complexa infraestrutura pré-existente, em um arranjo variável de sistemas modais, oferece potencial, eficiência e viabilidade ao modelo de área preliminar. A área pode ser definida, hipoteticamente, como satisfatória a aplicação de estudos direcionados à análise de potencial à definição de locais candidatos à escolha de sítios para instalação de um repositório profundo de rejeitos radioativos, dentro dos limites do modelo utilizado para região de interesse, que abrange o alto e médio cursos do Vale do Rio Paraíba do Sul.



## 6. Referências

- [1] **Norma CNEN** – NE 6.06 - Resolução CNEN 014/89. Janeiro / 1990 – Seleção e Escolha de Locais para Depósitos de Rejeitos Radioativos.
- [2] **CUNHA, SANDRA BAPTISTA; GUERRA, ANTONIO JOSÉ TEIXEIRA:** Geomorfologia do Brasil, 9ª Edição, Rio de Janeiro, Editora Bertrand Brasil LTDA, 2017.
- [3] **CHRISTOFOLETTI, A.:** Geomorfologia Fluvial. São Paulo: Edgard Blücher, 1981
- [4] **SANDRA BAPTISTA CUNHA e ANTONIO JOSÉ TEIXEIRA GUERRA :** Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos 3ª Edição Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 2007.
- [5] **MELLO, LEONARDO FREIRE:** População e desenvolvimento na Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte de São Paulo: Conferência sobre desafios atuais e futuros, XVIII ABEP Encontro Nacional de Estudos Populacionais, São Paulo, outubro de 2012.
- [6] **RICCOMINI, C. O:** Rift Continental do Sudeste do Brasil. 1989. 304 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.
- [7] **GATTO, L.C.S; RAMOS ,V. L.S; NUNES, B.T. A.; MAMEDE, L.; GÓES,M.H.B.; MAURO,C. A.; ALVARENGA, S. M.;FRANCO ,E. M.S.; QUIRICO, A.F.; NEVES,L. B.:** Geomorfologia. In: Projeto Radambrasil, Brasília: DNPM, 1983. v. 32, p. 305-384
- [8] **AB' SABER, AZIZ NACIB:** Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil, Geomorfologia, São Paulo, n.20, p.1-26, 1970.
- [9] **SILVA, T. P. da, & MELLO, C. L. (2011):** Reativações neotectônicas na Zona de Cisalhamento do Rio Paraíba do Sul (sudeste do Brasil). Geologia USP. Série Científica, 11(1), 95-111. <https://doi.org/10.5327/Z1519-874X2011000100006>
- [10] **CBH - PS: COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO RIO PARAÍBA DO SUL:** Revisão e Atualização do Plano de Bacia da UGRHI 02 – Paraíba do Sul, Síntese do Plano de Bacia, São Paulo,2016.
- [11] **CPRM** - Serviço Geológico do Brasil. Rio de Janeiro: geologia, geomorfologia, geoquímica, recursos minerais, economia mineral, hidrogeologia, uso e cobertura do solo. Rio de Janeiro. CPRM-Embrapa Solos, 2001.
- [12] **SPAROVEK, GERD ;DE MORAES GOLÇALVES, JOSÉ L; SENTELHAS ,PAULO. C.;STAPE, JOSÉ.L; ALVARES, CLAYTON. A:**Köppen's climate classification map for

Brazil, Meteorologische Zeitschrift, Vol. 22, No. 6, 711–728 (published online January 2014) by Gebrüder Borntraeger, 2013.

[13] **AB' SABER, AZIZ NACIB**: Os Domínios de Natureza do Brasil: Potencialidades Paisagísticas, 5ª Edição, São Paulo, Ateliê Editorial, 2003

[14] **CARLOS C. RONQUIM, RAMON F. G. SILVA, EDUARDO B. FIGUEIREDO, RICARDO O BORDONALD, ANTÔNIO H C. TEIXEIRA, THOMAS C. D. COCHARSK, JABICE F LEIVASA**: Carbon sequestration associated to the land use and land cover changes in the forestry sector in Southern Brazil, Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP, Brazil; University of Campinas, Campinas, SP, Brazil; São Paulo State University, Jaboticabal, SP, Brazil; Brazilian Bioethanol Science and Technology Laboratory, Campinas, SP, Brazil, 2016.

*Disponível em:* <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/149463/1/Paper-Carbono-Ronquim-SPIE-16.pdf>

[15] **Tecnical Report of the Technical Cooperation Project IEAE BRA9058: Supporting Technologies for Treatment and Disposal of Radioactive Wastes Borehole Disposal of Radioactive Wastes Borehole Disposal of Disused Sealed Radioactive Sources – Volume II – Attachments, Gerência de Rejeitos Radioativos – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – Comissão Nacional de Energia Nuclear, São Paulo, dezembro de 2015.**

**AB'SABER, AZIZ NACIB, BERNARDES NILO**: Vallée du Paraíba, Serra da Mantiqueira et Région de São Paulo, XVIII ème Congres International de Géographie, Rio de Janeiro, 1956.

**AB'SABER, AZIZ NACIB**: Brasil: Paisagens de Excessão – O Litoral e o Pantanal Mato-Grossense – Patrimônios Básicos, 2ª Edição, Cotia, Ateliê Editorial, 2007.

**ALMEIDA, L.**: Hidrogeologia – Conceitos Básicos, Coordenação de Águas Subterrâneas SIP/ANA, Agência Nacional de Águas, Brasília, 2016.

**CARRILHO, JOSÉ MARCOS**: Fazendas de café oitocentistas no Vale do Paraíba Anais do Museu Paulista. Vol.14 Ano 1, São Paulo, janeiro-junho de 2006.

Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-47142006000100003>

**CBH-PS: COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO RIO PARAÍBA DO SUL: Revisão e Atualização do Plano de Bacia da UGRHI 02 – Paraíba do Sul, Síntese do Plano de Bacia, São Paulo, 2016. Disponível em:** <http://www.sigrh.sp.gov.br/public>

[/uploads/documents/CBH-PS/14089/sintese-do-plano-de-bacia-ugrhi\\_02-01-08-17-completo.pdf](/uploads/documents/CBH-PS/14089/sintese-do-plano-de-bacia-ugrhi_02-01-08-17-completo.pdf)

**CETESB:** Água Subterrânea e Poços Tubulares; tradução da primeira edição do original norte-americano publicado pela JOHNSON Division, UOP, Inc., Saint Paul, Minnesota. 3ª edição revisada, São Paulo, CETESB, 1978.

**CETESB:** Relatório de qualidade das águas subterrâneas no Estado de São Paulo 1998-2000, São Paulo: CETESB, 2001 96p + anexos:il.:30 cm.-(Série Relatórios/CETESB,ISSN 0103-4103).

**CNEN:** National Report of Brasil 2017: Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management, 6th review meeting. Section D-Inventory and List (Article 32-Paragraph 2), 2017.

**COLTRINARI, LYLIAN:** Contribuição à Geomorfologia da Região de Guaratinguetá-Aparecida, Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia, São Paulo, 1975.

**CPRM** - Serviço Geológico do Brasil. Rio de Janeiro: geologia, geomorfologia, geoquímica, recursos minerais, economia mineral, hidrogeologia, uso e cobertura do solo. Rio de Janeiro. CPRM-Embrapa Solos, 2001.

**CUNHA, SANDRA BAPTISTA; GUERRA, ANTONIO JOSÉ TEIXEIRA:** Geomorfologia e Meio Ambiente, 2ª Edição, Rio de Janeiro, Editora Bertrand Brasil, 1998.

**CUNHA, SANDRA BAPTISTA CUNHA, GUERRA ANTONIO JOSÉ TEIXEIRA:** – Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos, 3a Edição, Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2007

**DANTAS, MARCELO EDUARDO; COELHO NETTO, ANA LUIZA:** Resultantes Hidroecológicas do Ciclo Cafeeiro (1780-1880) no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul: Uma Análise Qualiquantitativa – Anuário do Instituto de Geociências – V.19, 1996.

**DA SILVA, THIAGO PINTO; MELLO, CLAUDIO LIMEIRA:** Reativações Neotectônicas na Zona de Cisalhamento do Rio Paraíba do Sul (Sudeste do Brasil), Revista do Instituto de Geociências-USP, Geol.USP,Sér.cient.,São Paulo,v.11,n.1,p.95-111,abril 2011.

**DAYAN,H.;KELLER,J.V.A.:** A Zona de Cisalhamento do Rio Paraíba do Sul nas vizinhanças de Três Rios (RJ):uma análise da deformação dada por algumas feições estruturais.Revista Brasileira de Geociências, v.19, n. 4, p. 494-506, 1990.

**EMPLASA, SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO METROPOLITANO:** Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte, São Paulo, Imprensa Oficial, 2012

**IAEA:** Diffuse Seismicity in Seismic Hazard Assessment for site evaluation of Nuclear Installations, Safety Report Series No.89: International Atomic Energy Agency, Vienna, 2016.

**IBGE:** Glossário geológico, IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Rio de Janeiro : IBGE, 1999.214 p. ISBN 85-240-0732-X

**IBGE:** Manual Técnico da Vegetação Brasileira, Sistema fitogeográfico, Inventário das formações florestais e campestres, Técnicas e manejo de coleções botânicas: Procedimentos para mapeamentos, Manuais Técnicos em Geociências, número 1, Ministério do Planejamento, 2a edição, Rio de Janeiro, 2012.

**INEA-Instituto Estadual do Ambiente:** Elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro, R3-B:Temas Técnicos Estratégicos; RT-06: Avaliação do Potencial Hidrogeológico dos Aquíferos Fluminenses, revisão 05, Fundação COPPETEC, Laboratório de Hidrologia e Estudos do Meio Ambiente, Rio de Janeiro, março de 2014.

**INSTITUTO DE ENGENHARIA DE SÃO PAULO:** Reuniões de Estudos e Debates Sobre Problemas do Vale do Paraíba – Promovida pelo Instituto de Engenharia de 29 à 30 de novembro de 1957, São Paulo, Imprensa Oficial do Estado, 1958.

**JONUSAN R.A.S., SILVA R.H.M., SILVA C.A.M., PEREIRA C.:** Seleção de áreas para a construção de um repositório geológico em Minas Gerais, Departamento de Engenharia Nuclear, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019. ISSN: 2319-0612

**MARCONATO, A ; SALVADOR ,E.D.; CHIEREGATI,L. A.; D' AGOSTINO, L.Z.; PERROTA, M.M. ; LOPES,R.C.:** Mapa Geológico do Estado de São Paulo, escala 1:750.000, Breve descrição das unidades litoestratigráficas aflorantes no Estado de São Paulo, Programa Geologia do Brasil, CPRM, 193p.São Paulo, 2006

Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/2966>

**MARENGO, JOSÉ A.; ALVES, LINCOLN MUNIZ::** Tendências Hidrológicas da Bacia do Rio Paraíba do Sul, CPTEC/INPE, INPE ePrint: sid.inpe.br/ePrint@80/2005/05.11.13.21 v1 2005-05-12, Cachoeira Paulista, São Paulo, 2005.

**MIOTO, J.A. & HASUI, Y. :** Aspectos da estabilidade sismo-tectônica do sudeste Brasileiro de interesse à geologia de engenharia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32, Salvador. Anais, v.4, p.1652-1659, Salvador, 1982.

**MIOTO, J.A.:** Mapa de risco sísmico do sudeste brasileiro. (Dissertação de Mestrado, 66f. ,Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo), São Carlos, 1983.

**MIOTO, J.A.:** Tentativa de zoneamento sísmico do sudeste brasileiro: In: Workshop sobre neotectônica e sedimentação cenozóica continental no sudeste brasileiro. Boletim. SBG-MG, p.33-45, Belo Horizonte.

**OLIVEIRA, J. F.(Eng.):** Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município de Cunha/SP, Ref.:Produto 2 – Caracterização Municipal, PMCU280618, São Paulo, 28 de junho de 2018.

**PEIXOTO ,M.N.:** Evolução do Relevo, Coberturas Sedimentares e Formação de Solos em Superfícies Geomorfológicas - Médio vale do Rio Paraíba do Sul (SP/ RJ), 2002. 198 f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002

**ROCHA, GERÔNIO** (coordenador geral): Mapa de Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo: Escala 1:1.000.000, DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica; IG- Instituto Geológico; IPT-Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo; CPRM- Serviço Geológico do Brasil, São Paulo, 2005.

**RICCOMINI, C.; SANT'ANNA, L. G.; FERRARI, A. L.:** Evolução geológica do Rift Continental do Sudeste do Brasil. In: Mantesso-Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C. D. R.; Brito Neves, B. B. (Org.). Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo: Beca, 2004

**SALVADOR ,ELIZETE DOMINGUES; RICCOMINI, C. :** Análise Neotectônica da região do Vale do Rio Paraíba do Sul, compreendida entre Cruzeiro (SP) e Itatiaia (RJ), (Dissertação de Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar, Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, São Paulo,1994.

**SANCHES ROSS; MOROZ, ISABEL CRISTINA:** Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo: Escala 1:500.000 – Volume I, Laboratório de Geomorfologia – FFLCH-USP; Laboratório de Cartografia Geotécnica – Geologia Aplicada – IPT; FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, São Paulo, 1997.

**SCIFONI, SIMONE:** A natureza desigual do patrimônio cultural e outras perspectivas. In: Maria Tereza Duarte Paes; Marcelo Sotрати.(Org). Geografia, turismo e patrimônio cultural: identidades, usos e ideologias. 1ed.São Paulo: Annablume/Imprensa Universidade de Coimbra (PT), 2017.

**SUGUIO, K.** Geologia do Quaternário e mudanças ambientais: (passado + presente = futuro?). São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 408 p. ISBN:978-85-7975-000-7

**TOMINAGA, LÍDIA KEIKO; SANTORO, JAIR; AMARAL, ROSANGELA DO** (Orgs.): Desastres Naturais: Conhecer para Prevenir, 2ª Edição, Instituto Geológico, São Paulo, 2012.

**VIEIRA, RAPHAEL R.da C.F.; VICENTE, ROBERTO:** Caracterização geológica de sítios para um repositório profundo de rejeitos radioativos, Relatório Técnico de Iniciação Científica, Janeiro/2019 Gerência de Rejeitos Radioativos Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares Comissão Nacional de Energia Nuclear São Paulo.

<http://repositorio.ipen.br/bitstream/handle/123456789/29479/25267.pdf?sequence=1&isAllowed=y>