



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA



**GISELLE FERREIRA BORGES**

**AVALIAÇÃO DOS SERVIÇOS AMBIENTAIS VINCULADOS AO  
GEOSSISTEMA DA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL**

Rio de Janeiro  
2021

**GISELLE FERREIRA BORGES**

**AVALIAÇÃO DOS SERVIÇOS AMBIENTAIS  
VINCULADOS AO GEOSISTEMA DA BACIA DO  
RIO PARAÍBA DO SUL**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Ciências - Geografia.

Orientador: Professor Dr. André de Souza Avelar

Rio de Janeiro  
2021

### CIP - Catalogação na Publicação

PG532a      Ferreira Borges, Giselle  
Avaliação dos Serviços Ambientais Vinculados ao  
Geossistema da Bacia do Paraíba do Sul / Giselle  
Ferreira Borges. -- Rio de Janeiro, 2021.  
256 f.

Orientador: André de Souza Avelar.  
Tese (doutorado) - Universidade Federal do Rio  
de Janeiro, Instituto de Geociências, Programa de  
Pós-Graduação em Geografia, 2021.

1. Bacia Hidrográfica. 2. Geossistema. 3. Dados  
Socioambientais. 4. PSA. 5. Sistema Hídrico. I. de  
Souza Avelar, André, orient. II. Título.

**GISELLE FERREIRA BORGES**

**AVALIAÇÃO DOS SERVIÇOS AMBIENTAIS  
VINCULADOS AO GEOSISTEMA DA BACIA DO  
RIO PARAÍBA DO SUL**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Ciências - Geografia.

Aprovada em 17 de dezembro de 2021.



---

André de Souza Avelar (Orientador)  
Doutor em Geotecnia  
Universidade Federal do Rio de Janeiro



---

Adriana Figueira Leite  
Doutora em Geografia  
Universidade Federal Fluminense/Campos dos Goytacazes



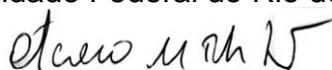
---

Maria Naíse de Oliveira Peixoto  
Doutora em Geografia  
Universidade Federal do Rio de Janeiro



---

Manoel do Couto Fernandes  
Doutor em Geografia  
Universidade Federal do Rio de Janeiro



---

Otávio Miguez da Rocha-Leão  
Doutor em Geografia  
Universidade Estadual do Rio de Janeiro/FFP

## **AGRADECIMENTOS**

Ao longo dessa trajetória acadêmica temos que valorizar aos que me apoiaram direta e indiretamente e que contribuíram para que esse percurso fosse o mais leve possível. Antes de mais nada gostaria de agradecer ao meu Pai que sempre me apoiou em todas as minhas escolhas e decisões, mesmo em muitos casos não tendo ideia do que eu estava fazendo, mas se eu estava feliz ele estava ao meu lado. Sempre me ensinou a ser firme, não desistir, levantar a cabeça e seguir. O meu companheiro Antonio que ao longo desses quase 5 anos de doutorado compartilhou de todos os momentos bons e estressantes, me apoiou, me fortaleceu e estava sempre ao meu lado, entendia minha ausência em diversos momentos e eventos familiares, seja por trabalhos de campo, congressos e necessidade de estudar. Aos meus filhos maravilhosos Thor e Euzébio que sempre me fizeram companhia nas escritas, na elaboração de mapas e quando estava triste eles estavam sempre a meu lado, me dando força para continuar. E aos meus avós Iolanda e Walter que perdi esse ano e que se estivessem aqui iriam estar muitos felizes com essa conquista.

Dentre essas pessoas especiais e importantes o meu amigo e orientador Professor André Avelar, mais conhecido como André o Radical. Nos conhecemos no mestrado em 2013 e desde a primeira vez me recebeu de braços abertos, muito paciente, prestativo, amigo, não tendo tempo ruim. Construimos uma relação tanto de profissional como pessoal, relacionando nossos familiares e compartilhando de inúmeros momentos. Uma pessoa maravilhosa, com um coração que nem cabe dentro do peito, sem frescuras, gente como a gente, que a cada momento aprendo mais e mais, seja relacionado ao trabalho ou a evolução pessoal. André você tem um papel muito importante na minha vida e sou muito grata pelas conversas, conselhos, puxões de orelha, paciência, respeito, você é fora de sério!

No nosso laboratório LIEG aprendemos desde sempre a trabalhar em conjunto, ajudar o próximo e compartilhar conhecimentos e experiências. Dentro desse processo desenvolvemos uma grande amizade, respeito e gratidão pelos ensinamentos e pela convivência que nos era proporcionada. Paula por sua garra e força diante das aventuras da vida; Fernando Cesário uma pessoa maravilhosa que me ensinou e aprendi muito, tenho uma admiração por você sem tamanho; Felipe Soter que de uma maneira peculiar e muito criativa me ensinou a se reinventar e não

levar as coisas tão a sério; Camila essa mulher é fora do normal, de uma garra e determinação que impulsiona qualquer um ao seu redor. Rodrigo Vinagre muita gratidão pelos ensinamentos, conversas, campos, você é grande apesar do seu tamanho e brilha muito. Neiva minha amiga, parceira de trabalho, de vida, de doutorado e a vida fica mais leve com você ao meu lado, sempre me auxilia sem papas na língua, me dar o Norte, te admiro muito como pessoa e como profissional.

Aos meus alunos de Iniciação Científica Stephany Vianna, Julia Vieira, Mateus Ferreira, Monara Santos, Aline Batista, Paloma Lisboa, meu muito obrigada por fazerem os campos serem divertidos, pelas cervejas tomadas, pelas risadas, pelo carinho, afeto e claro pelo comprometimento, amizade e profissionalismo de cada um de vocês. Julia, Mateus e Monara que nessa reta final tem feito um trabalho fora de série para me ajudar a finalizar esse processo. Um carinho mais que especial a Julia e Monara que se tornam pessoas mais que especiais na minha vida, no qual quero que estejam sempre presentes. Também ao Lucas Dias por ter participado desse processo e a ajuda no campo que foram primordiais para o trabalho e a Laís Rosa.

Aos meus amigos do grupo “Malças” Rafael Cardão, Armando Viana, Elaine vocês foram fundamentais nessa caminhada desde aos almoços no bandeirão, café da tarde, ouvido amigo, viagens, afetos, trocas, abraços, não teria sido tão bom esse período do doutorado sem vocês. Aos meus colegas de doutorado que sempre ajudaram com boas conversas, frustrações e risadas Lobatinho, Fábio e Lohanne. Que possamos propagar a conquista coletiva ao invés da frustração. Aos colegas de concurso, laboratório, ajuda acadêmica, parecia de artigos, conversas, apoios, são exemplos de profissionais como João Araújo, Sara Lawal, Sérgio Fiori, Hugo Loureiro, Leonardo Pereira, Maria Maria e Vandrei Viégas. Além do Pablo que sempre me ajudou com problemas tecnológicos que apareciam, sempre muito solícito.

As minhas geogatas amigas que a geografia da UFF meu deu ao longo desses 13 anos que são exemplos de determinação, força, sabedoria, resiliência, resistência, inspiração, aprendizado e muita parceria Taiany Marfetan, Kelly Soares, Roberta Pereira e Evelyn Meirelles. Minhas amigas de infância que fazem parte dessa trajetória que é a vida há muitos anos e são fora de série: Ana Carolina Coimbra, Patrícia Bonfim, Marcele Costal e Amanda Santos. E não poderia esquecer dessas amigas mais que especiais, verdadeiros exemplos de luta, determinação,

sabedoria, força e reinvenção: Isadora Vida, Patrícia Alves, Marcele Barbosa, Adriana Van Der Ven e Laura Rios, amo muito todas vocês e sou muito grata de estarem e fazerem parte da minha vida.

Alguns professores que tive o privilégio de ter aula e foram cruciais no desenvolvimento da ampliação da minha visão geográfica os Profs. Marcelo Lopes de Souza, Monica Marçal, Paulo Menezes, Manoel Fernandes, Naíse Peixoto. Um carinho especial ao Prof. Nelson Fernandes que tive a oportunidade de aprender muito sobre escrita acadêmica, sempre muito solícito a me ensinar, a ouvir, dar conselhos sempre me recebeu de braços abertos em seu laboratório e sempre me convidava para fazer seus cursos. Parte da estrutura dessa desse teve influência no aprendizado que tive nas aulas do Prof. Nelson. A Professora Adriana Leite que me ajudou muito enviando e indicando referências bibliográficas que foram primordiais para o entendimento do Baixo Paraíba, e também muito solícita em ajudar, e também ao Prof. Otávio Leão que me acompanha nesse percurso acadêmico desde o mestrado.

Gostaria de agradecer a oportunidade de orientar alunos no CEDERJ, no qual aprendi e aprendo constantemente, muitos se tornaram amigos e colegas trabalho. Em que cada trabalho de conclusão de curso foi uma pesquisa e uma vitória de vocês e minha também de ter contribuído nesse processo. Aline Fraga, Simone Santos, Jarivelto Maciel, Carolina Maciel, Lorena Carvalho, Marilza, Matheus Castro, Francislene Ouvernei, Leandra Alves, Edhuarda, Mateus Santos, Nayara e Fabrício Mendes. Um carinho mais que especial para a minha Coordenadora e amiga Anice Afonso que sempre me apoiou, ajudou, incentivou nesse processo de ensino a distância com muita sabedoria, leveza, boa vontade, muito profissionalismo, além das aulas de yoga online, conversas desafiadoras. Você tem um lugar especial no meu coração.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação por ter ajudado no financiamento dessa pesquisa e possibilitado a ida à congressos que ajudaram nesse processo. Bem como, ao Coordenador Rafael Winter que se mostrou sempre presente, ativo e muito prestativo com os problemas e demais situações relacionadas ao doutorado, aos funcionários da biblioteca, aos funcionários da secretaria, com destaque para o Bruno que faz um trabalho fora série. Por fim, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do

Rio de Janeiro (FAPERJ), no qual tive a oportunidade de ter esse apoio financeiro através de uma bolsa de estudos, passando por esses 3 grandes órgãos da Pesquisa Brasileira.

Por fim, não que seja menos importante o agradecimento a sociedade brasileira, por acreditar na ciência, na pesquisa, na educação, nas instituições públicas com todos, no qual os impostos que pagamos subsidiam as instituições e sua manutenção. Ainda mais na atual situação brasileira com tanto descaso com a ciência, com os pesquisadores, com informação de qualidade, e sim fazemos balbúrdia por e para levar conhecimento a sociedade. A geografia serve ante de mais nada para conhecer o nosso espaço geográfico e aprendemos a cuidar do nosso geossistema, porque somos a natureza.

Talvez vocês não tenham a noção de como contribuíram para a minha formação, como me ajudaram a pensar, fortalecer, seguir e como eu aprendi muito junto com vocês. Não se faz pesquisa sozinho, mas através dessa grande rede de apoio.

*“Minha vida é andar por este país  
Pra ver se um dia descanso feliz  
Guardando as recordações  
Das terras onde passei  
Andando pelos sertões  
E dos amigos que lá deixe”.*

*A Vida de Viajante  
Luiz Gonzaga*

*“Ensinar não é transferir conhecimento,  
mas criar as possibilidades para a  
sua própria produção ou a sua construção.”*

*Paulo Freire*

*“Foi o começo da vida de geógrafo:  
ler e interpretar a paisagem,  
ter a noção da sequência dos cenários  
de um determinado espaço,  
passou a ser uma constante  
em toda a minha vida”*

*Aziz Ab'Saber*

## RESUMO

BORGES, Giselle Ferreira. **Avaliação dos Serviços Ambientais Vinculados ao Geossistema da Bacia do Paraíba do Sul**. Rio de Janeiro, 2021. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.

A bacia hidrográfica é o geossistema que melhor representa as heranças da paisagem e as transformações que influenciam diretamente a qualidade socioambiental. Dessa forma, o ambiente promove serviços naturais, mesmo em zonas já transformadas, mas com menor intensidade. Assim, ao entender que sociedade e o meio coexistem, e que fazemos parte dessa natureza ainda que transformada, os serviços geoambientais podem ser intensificados através dos programas de Pagamento de Serviços Ambientais (PSA) que promovem aumento e qualidade da recarga hídrica na bacia. O objetivo desta pesquisa é fazer uma análise geossistêmica dos trechos intermediários de degradação na Bacia do Rio Paraíba do Sul (BPS), propondo uma metodologia com viés geográfico. Metodologicamente foram discutidos as bases teóricas e conceituais para aplicação do PSA, da Ciência Geográfica e da Bacia Hidrográfica com o recorte espacial mais adequado. A pesquisa também contou com levantamento de dados secundários de órgãos públicos, e o desenvolvimento de mapeamentos com diferentes fins para o entendimento da bacia. Também foram propostos os índices socioeconômico, socioambiental e consumo de água na bacia. A partir dos mapeamentos foi realizada a técnica de álgebra de mapas para identificar zonas intermediárias de degradação e indicação de sub-bacias adequadas para o PSA. O alto curso da bacia é o trecho mais preservado em função de sua qualidade socioeconômica em comparação com médio e baixo curso. A paisagem da bacia está relacionada com processos históricos e econômicos, como os ciclos do café, da cana-de-açúcar, agropastoril, industrial e urbano. Observa-se que o médio curso há um retorno dos fragmentos florestais, devido ao abandono das atividades agropecuárias da região. Os dados mostram que 70% da BPS encontra-se em nível médio de alteração sendo bons parâmetros para recuperação socioambiental, investimento financeiro e tempo de reabilitação. Encontrou-se 35 sub-bacias com nível intermediário de degradação que são locais adequados para a introdução de programas de PSA. Portanto, o entendimento social, ambiental e econômico da bacia hidrográfica permite uma visão integrada dos fenômenos que atuam na qualidade hídrica. Deste modo, compreende-se que sub-bacias de nível intermediário podem ser proposto serviços de PSA, a fim de garantir segurança hídrica.

**Palavras-chave:** Bacia Hidrográfica. Geossistema. Dados Socioambientais. PSA. Sistema Hídrico.

## ABSTRACT

BORGES, Giselle Ferreira. **Assessment of Environmental Services Linked to the Geosystem of the Paraíba do Sul Basin**. Rio de Janeiro, 2021. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.

The hydrographic basin is the geosystem that best represents the heritage of the landscape and the transformations that directly influence the socio-environmental quality. In this way, the environment promotes natural services, even in already transformed areas, but with less intensity. Thus, by understanding that society and the environment coexist, and that we are part of this nature, albeit transformed, geoenvironmental services can be intensified through Payment for Environmental Services (PSA) programs that promote an increase and quality of water recharge in the basin. The objective of this research is to make a geosystemic analysis of the intermediate stretches of degradation in the Paraíba do Sul River Basin (BPS), proposing a methodology with a geographic bias. Methodologically, the theoretical and conceptual bases for the application of the PSA, Geographical Science and the Hydrographic Basin were discussed with the most adequate spatial cut. The research also included a survey of secondary data from public bodies, and the development of mappings with different purposes for understanding the basin. The socioeconomic, social and environmental indices and water consumption in the basin were also proposed. From the mappings, the map algebra technique was used to identify intermediate zones of degradation and indication of suitable sub-basins for the PSA. The upper course of the basin is the most preserved stretch due to its socioeconomic quality compared to the medium and low course. The basin's landscape is related to historical and economic processes, such as the coffee, sugarcane, agropastoral, industrial and urban cycles. It is observed that the medium course there is a return of forest fragments, due to the abandonment of agricultural activities in the region. Data show that 70% of BPS is at an average level of change, which is good parameters for socio-environmental recovery, financial investment and rehabilitation time. We found 35 sub-basins with an intermediate level of degradation that are suitable places for the introduction of PES programs. Therefore, the social, environmental and economic understanding of the hydrographic basin allows an integrated view of the phenomena that affect water quality. Thus, it is understood that intermediate level sub-basins can be proposed PES services, in order to guarantee water security.

**Keywords:** Hydrographic basin. Geosystem. Social and Environmental Data. PSA Water System.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1-0-1: Localização da Bacia Rio das Pedras entre os municípios de Angra dos Reis e Mangaratiba incorporada à Região Hidrográfica II do Guandu. Fonte: RUIZ, 2015. ....	33
Figura 1-0-2: Mapa com todas as Regiões Hidrográficas do estado do Rio de Janeiro, com destaque em tracejado de vermelho para as regiões que as bacias analisadas incorporam. Fonte: INEA. ....	34
Figura 2-0-1: Área de abrangência dos comitês de bacias. Fonte: Agevap. ....	54
Figura 2-0-2 :Espacialização dos diferentes recortes de bacia e os comitês correspondentes. Fonte: Borges, 2020. ....	56
Figura 2-0-3: Hidrografia da bacia com destaque o rio paraíba do sul e seus principais afluentes na delimitação proposta. Fonte: Borges, 2020. ....	58
Figura 2-0-4: Perfil Longitudinal de todo o Rio Paraíba do Sul. Fonte: Arcgis Online, 2020. ....	60
Figura 2-0-5: Caracterização espacial em alto, médio e baixo curso da BPS. Fonte: Borges, 2020. ....	62
Figura 3-0-1: Mapa dos trajetos de campos percorridos na Bacia do Paraíba do Sul de 2017 a 2020. Fonte: Borges, 2021. ....	75
Figura 3-0-2: Mapa de pontos percorridos em toda Bacia do Paraíba do Sul. Fonte: Borges, 2021. ....	76
Figura 3-0-3: Espacialidade das principais atividades industriais na Bacia do Paraíba do Sul por Estado. Fonte: Ceivap, adaptado por Borges, 2021. ....	80
Figura 3-0-4: Variação dos tipos de indústrias que predominam por estado. Fonte: Fonte: Ceivap, adaptado por Borges, 2021. ....	81
Figura 3-0-5: Espacialização industrial dos municípios com maior relevância econômica presente na BPS. Fonte: Ceivap, adaptado por Borges, 2021. ....	83
Figura 3-0-6: Apanhado das situações ambientais encontradas na Bacia. Fonte: Borges, 2021. ....	89
Figura 3-0-7: Relação de municípios por estados pertencentes a Bacia do Paraíba do Sul. Fonte: Borges, 2021. ....	90
Figura 4-0-1: Relação dos Índices de Desenvolvimento Educacional Brasileiro para os anos do ensino fundamental e para o ensino médio, no ano de 2017. O tracejado	

azul representa a média para os anos iniciais, enquanto a linha tracejada verde a média para o Ensino Médio. Fonte: IBGE, adaptado por Borges, 2021.....	105
Figura 4-0-2:Vinculação entre o total de população por município e o esgotamento sanitário informado como adequado, em que linha tracejada indica a média de esgotamento por população. Fonte: IBGE, adaptado por Borges, 2021.....	107
Figura 4-0-3:Estabelece a relação do total de população por sua distribuição espacial e o consumo médio de água em litros por habitantes/dia. Fonte: IBGE e CEIVAP, adaptado por Borges, 2021.....	109
Figura 4-0-4:Relação da situação financeira do município medida pelo PIB associado ao desenvolvimento em renda, saúde e educação (IDH). Fonte: IBGE, adaptado por Borges, 2021.....	113
Figura 4-0-5:Espacialização das feições geomorfológicas e pedológicas para o alto curso da bacia do Paraíba do Sul, para sua compreensão física-ambiental. Fonte: Borges, 2021.....	113
Figura 4-0-6:Espacialização do uso do solo para os anos de 2008 mapeado pelo ZEE e 2020 classificado pela autora, para o alto curso da bacia do Rio Paraíba do Sul. Fonte: Borges, 2021.....	115
Figura 4-0-7:Caracterização das principais feições sócio-geomorfológica-ambiental identificadas no alto curso da Bacia do Paraíba do Sul. Fonte: Borges, 2021.....	117
Figura 5-0-1:Relação dos Índices de Desenvolvimento Educacional Brasileiro para os anos iniciais e finais do ensino fundamental, para o ano de 2017. Em tracejado azul representa a média para os anos iniciais, enquanto a linha tracejada verde a média para os anos finais. Fonte: IBGE, adaptado por Borges, 2021.....	132
Figura 5-0-2:Vinculação entre o total de população por município e o esgotamento sanitário informado como adequado, em que linha tracejada indica a média de esgotamento por população. Fonte: IBGE, adaptado por Borges, 2021.....	134
Figura 5-0-3:Estabelece a relação do total de população por sua distribuição espacial e o consumo médio de água em litros por habitantes dia. Fonte: IBGE e CEIVAP, adaptado por Borges, 2021.....	136
Figura 5-0-4:Relação da situação financeira do município medida pelo PIB associado ao desenvolvimento em renda, saúde e educação (IDH). Fonte: IBGE, adaptado por Borges, 2021.....	138

Figura 5-0-5:Espacialização das feições geomorfológicas e pedológicas para o médio curso da bacia do Paraíba do Sul, para sua compreensão física-ambiental. Fonte: ZEE adaptado por Borges, 2021.....	140
Figura 5-0-6:Espacialização do uso do solo para os anos de 2008 mapeado pelo ZEE e 2020 classificado pela autora, para o médio curso da bacia do Paraíba do Sul. Fonte: Borges, 2021.....	142
Figura 5-0-7:Caracterização das principais feições sociogeomorfologicambiental identificadas no médio curso da Bacia do Paraíba do Sul. Fonte: Borges, 2021. ....	145
Figura 6-0-1:Relação dos Índices de Desenvolvimento Educacional Brasileiro para os anos iniciais e finais do ensino fundamental, para o ano de 2017. Em tracejado azul representa a média para os anos iniciais, enquanto a linha tracejada verde a média para os anos finais. Fonte: IBGE, adaptado por Borges, 2021.....	161
Figura 6-0-2:Vinculação entre o total de população por município e o esgotamento sanitário informado como adequado, em que linha tracejada indica a média de esgotamento por população. Fonte: IBGE, adaptado por Borges, 2021.....	163
Figura 6-0-3:Estabelece a relação do total de população por sua distribuição espacial e o consumo médio de água em litros por habitantes dia. Fonte: IBGE e CEIVAP, adaptado por Borges, 2021.....	165
Figura 6-0-4:Relação da situação financeira do município medida pelo PIB associado ao desenvolvimento em renda, saúde e educação (IDH). Fonte: IBGE, adaptado por Borges, 2021.....	167
Figura 6-0-5: Espacialização das feições geomorfológicas e pedológicas para o baixo curso da bacia do Paraíba do Sul, para sua compreensão física-ambiental. Fonte: ZEE adaptado por Borges, 2021.....	169
Figura 6-0-6: Espacialização do uso do solo para os anos de 2008 mapeado pelo ZEE e 2020 classificado pela autora, para o baixo curso da bacia do Paraíba do Sul. Fonte: Borges, 2021.....	171
Figura 6-0-7:Caracterização das principais feições sociogeomorfologicambiental identificadas no baixo curso da Bacia do Paraíba do Sul Fonte: Borges, 2021. ....	174
Figura 7-0-1:Fluxograma da estrutura metodológica para estudos em PSA em Bacias Hidrográficas. Fonte: Borges, 2021. ....	192
Figura 7-0-2:Mapeamento dos trechos em linhas pretas e pontos observados em campo em coloração verde no período de 2017 a 2020. Fonte: Borges, 2021. ....	199

Figura 7-0-3:Espacialização das cinco classes Geomorfológicas da Bacia do Paraíba do Sul, em que as áreas mais escuras se remetem a trecho mais declivoso e as cores mais claras áreas planas e próximas do canal fluvial e costeira. Fonte: ZEE, adaptado por Borges, 2021. ....	204
Figura 7-0-4:Espacialização dos oito Domínios Pedológicos presentes da Bacia do Paraíba do Sul. Fonte: ZEE, adaptado por Borges, 2021. ....	206
Figura 7-0-5:Distribuição espacial das 19 classes litológicas identificadas na BPS. Fonte: Ferreira, 2021.....	208
Figura 7-0-6:Mapeamento geotécnico referente as classes de solos espessos, rasos e fluviais, no qual as tonalidades em marrom refere-se a classe espessa, laranja aos solos rasos e amarelo aos depósitos fluviais. Fonte: Borges, 2020. ....	210
Figura 7-0-7:Mapeamento das classes de uso do solo Fonte: ZEE 2008 e Borges, 2021. ....	212
Figura 7-0-8:Mapeamento direção e acúmulo de fluxo no qual foram identificados 8 classes de norte a sul. Fonte: CPRM e IBGE, adaptado por Santos, 2021. ....	214
Figura 7-0-9:Mapeamento de suscetibilidade a erosão hídrica, em que a suscetibilidade muito alta na cor vermelha, alta em laranja, média em amarelo, e baixa em verde claro e muito baixa em tom verde escuro. Fonte: Embrapa, 2021.	216
Figura 7-0-10: Classificação dos municípios da BPS sobre dados sociais e econômicos, em que a coloração vermelha são as piores situações, amarela em estágio médio e verde com boa qualidade. Fonte: Dados do Censo Demográfico do IBGE, adaptado por Borges, 2021. ....	218
Figura 7-0-11:Classificação dos municípios da BPS sobre dados sociais e ambientais, em que a coloração vermelha são as piores situações, amarela em estágio médio e verde com boa qualidade. Fonte: Dados do Censo Demográfico do IBGE, adaptado por Borges, 2021. ....	220
Figura 7-0-12: Distribuição do consumo de água por hab/dia nos municípios da bacia do Paraíba do Sul, em que amarelo sem informação e conforme aumenta a tonalidade de azul o consumo aumenta. Fonte: Dados do SIGA-CEIVAP, adaptado por Borges, 2021.....	222
Figura 8-0-1:Distribuição dos municípios em coloração amarela que possuem menos de 20% da sua área total dentro da Bacia do Rio Paraíba do Sul. Fonte: Santos, 2021. ....	242

Figura 8-0-2:Distribuição da qualidade geossistêmica em que vermelho é com o pior índice, amarelo média e verde alta qualidade na Bacia do Rio Paraíba do Sul. Fonte: Santos e Borges, 2021.....	244
Figura 8-0-3:Indicação das sub-bacia de média degradação geossistêmica separada pelo alto, médio, baixo curso da Bacia do Rio Paraíba do Sul. Fonte: Ferreira e Borges, 2021.....	246

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3-0-1: Municípios percorridos para análise do alto curso da Bacia. Fonte: Borges, 2021.....	84
Tabela 3-0-2:Municípios percorridos para análise do médio curso da Bacia. Fonte: Borges, 2021.....	85
Tabela 3-0-3:Municípios percorridos para análise do baixo curso da Bacia. Fonte: Borges, 2021.....	86
Tabela 7-0-1:Lista dos municípios classificados de acordo com parâmetros socioeconômicos. Fonte: IBGE, adaptado por Borges 2021.....	233
Tabela 7-0-2: Lista dos municípios classificados de acordo com parâmetros socioambientais. Fonte: IBGE, SIGA-CEIVAP, adaptado por Borges 2021.....	234
Tabela 8-0-1:Classes de mapas usadas para a realização da álgebra de mapas da Bacia do Rio Paraíba do Sul. Fonte: Borges, 2021.....	240

## LISTA DE SIGLAS

AGEVAP	Agência de Bacia Pioneira na Gestão das Águas
ANA	Agência Nacional de Águas
APP	Área de Preservação Permanente
BPS	Bacia do Rio Paraíba do Sul
CBH	Comitê de Bacia Hidrográfica
CEIVAP	Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul
COMIG	Companhia Mineradora de MG
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
DARC	Disposição de Receber Compensação
DAP	Disposição a Pagar
DRM	Departamento de Recursos Minerais
EFW	Sistema Jurídico e Direitos da Propriedade
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
GEOINFO	Infraestrutura de Dados Espaciais da Embrapa
GEOSBG	Sistema de Geociências do Serviço Geológico do Brasil
GPS	Sistema de Posicionamento Global
IDEB	Índice de Desenvolvimento da Educação Básica
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IG	Instituto Geológico
INEA	Instituto Estadual do Ambiente
MDE	Modelo Digital de Elevação
MCO	Método Custo de Oportunidade
MVC	Método Valoração Contingente
OBIA	Object-based Image Analysis
PIB	Produto Interno Bruto
PNRH	Plano Nacional de Recursos Hídricos
PSA	Pagamento por Serviço Ambiental
PSE	Pagamento por Serviço Ecológico
PSW	Pagamento por Serviço em Bacia Hidrográfica
SCN	Sistema Nacional Cartográfico
SGB	Sociedade Brasileira de Cartografia

SIBCS	Sistema de Classificação Brasileira de Solos
SIG	Sistemas de Informações Geográficas
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
TNC	The Nature Conservancy
UC'S	Unidade de Conservação
ZEE	Zoneamento Econômico Ecológico

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>24</b>
<b>Capítulo 1- Conceituação dos Termos Pagamentos por Serviços Ambientais e Pagamentos por Serviços em Bacia Hidrográfica e suas Abordagens Geográficas</b> .....	<b>26</b>
<b>1.INTRODUÇÃO</b> .....	<b>27</b>
<b>2. METODOLOGIA</b> .....	<b>33</b>
2.1. Área de Estudo .....	33
2.2. Subsídios Metodológicos .....	34
2.3. Metodologias desenvolvidas para PSA.....	35
2.4. Metodologias desenvolvidas para PSW.....	35
2.5. Interação Geográfica .....	36
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>36</b>
3.1. Matrizes de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA).....	36
3.2. Incorporação Geográfica como subsídio para análises em PSA e contribuição em PSW .....	40
<b>4. CONCLUSÃO</b> .....	<b>43</b>
<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>44</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>44</b>
<b>Capítulo 2 – Discussão do Conceito de Bacia Hidrográfica a uma nova proposta regional para a delimitação da Bacia do Paraíba do Sul</b> .....	<b>48</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>49</b>
<b>2. METODOLOGIA</b> .....	<b>53</b>
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>54</b>
<b>4. CONCLUSÃO</b> .....	<b>63</b>
<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>63</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>63</b>

**Capítulo 3 -Transformações no uso do solo da bacia do rio Paraíba do Sul (SP/RJ/MG): Históricos das modificações Sócio-Econômico-Ambientais 67**

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>68</b>
<b>2. METODOLOGIA</b> .....	<b>73</b>
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>77</b>
3.1. Variações dos ciclos produtivos.....	77
3.2 Variações dos ciclos industriais .....	78
3.3. Trajetórias na Bacia do Paraíba do Sul .....	84
3.4. Efeitos das atividades na paisagem.....	88
3.5. Análise das interações e dinâmicas a partir dos ciclos econômicos para entendimento da paisagem na BPS .....	89
<b>4. CONCLUSÕES</b> .....	<b>94</b>
<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>95</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>95</b>

**Capítulo 4 – Inventário do Contexto Físico-Social do Alto Curso do Paraíba do Sul .....**

<b>1.INTRODUÇÃO</b> .....	<b>99</b>
<b>2. METODOLOGIA</b> .....	<b>103</b>
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>104</b>
3.1. Informações dos Dados Secundários .....	104
3.2. Mapeamentos Ambientais .....	112
3.3. Identificação das Situações Ambientais.....	116
3.4. Conectividade das informações secundárias e primárias para diagnóstico do alto curso da BPS .....	118
<b>4. CONCLUSÃO</b> .....	<b>121</b>
<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>121</b>
<b>REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO</b> .....	<b>122</b>

**Capítulo 5- Ensaio das Condições Físicas-Sociais do Médio Curso do Paraíba do Sul .....**

<b>124</b>
------------

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>125</b>
<b>2. METODOLOGIA</b> .....	<b>129</b>
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>130</b>
3.1. Informações dos Dados Secundários .....	130
3.2. Mapeamentos Ambientais .....	138
3.3. Identificação das Situações Ambientais.....	143
3.4. Conectividade das informações secundárias e primárias para diagnóstico do médio curso da BPS .....	146
<b>4. CONCLUSÃO</b> .....	<b>149</b>
<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>150</b>
<b>REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO</b> .....	<b>150</b>
<b>Capítulo 6 - Diagnóstico da Conjuntura Físico-Social do Baixo Curso do Paraíba do Sul</b> .....	<b>152</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>153</b>
<b>2. METODOLOGIA</b> .....	<b>157</b>
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>159</b>
3.1. Informações dos Dados Secundários .....	159
3.2. Mapeamentos Ambientais .....	168
3.3. Identificação das Situações Ambientais.....	172
3.4. Conectividade das informações secundárias e primárias para diagnóstico do baixo curso da BPS .....	175
<b>4. CONCLUSÃO</b> .....	<b>179</b>
<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>180</b>
<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>180</b>
<b>Capítulo 7 - Proposta Metodológica de Caráter Geográfico para Estudos de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA)</b> .....	<b>183</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>184</b>
<b>2. METODOLOGIA</b> .....	<b>190</b>
2.1. Classificação dos Parâmetros Físicos da Bacia do Paraíba do Sul..	193

2.1.1. Mapeamento Geomorfológico .....	193
2.1.2. Mapeamento Pedológico .....	193
2.1.3. Mapeamento Geológico.....	194
2.1.4. Mapeamento Geotécnico.....	195
2.2. Identificação dos Dados Secundários dos Municípios da Bacia do Paraíba do Sul .....	196
2.2.1. Parâmetros Socioeconômicos .....	196
2.2.2. Usos da Água .....	197
2.3. Identificação da Situação Ambiental da Bacia do Paraíba do Sul ....	198
2.3.1. Análises de Campo .....	198
2.3.2. Uso e Cobertura da Terra.....	200
2.3.3. Direção e Acúmulo de Fluxo.....	201
2.3.4. Suscetibilidade a Erosão e Erodibilidade.....	201
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>202</b>
3.1. Resultados geossistêmicos para entendimento da Bacia do rio Paraíba do Sul.....	202
3.2. Interações socio-econômica-ambientais para entendimento da Bacia do rio Paraíba do Sul .....	217
3.3. Estruturação metodológica para identificação de zonas para aumento da recarga hídrica.....	223
<b>4.CONCLUSÃO .....</b>	<b>226</b>
<b>AGRADECIMENTOS.....</b>	<b>226</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>227</b>
<b>ANEXO I .....</b>	<b>233</b>
<b>Capítulo 8- Conjuntura Socioambiental da Bacia do Paraíba do Sul para Indicação de Áreas de PSA .....</b>	<b>235</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>236</b>
<b>2. METODOLOGIA .....</b>	<b>239</b>
<b>3. RESULTADOS.....</b>	<b>241</b>
3.1. Determinação Geossistêmica da BPS e Identificação das Sub-bacias	

3.2. PSA e o viés Geográfico .....	247
3.3. Conscientização socioambiental como ferramenta de gestão .....	248
<b>4. CONCLUSÃO .....</b>	<b>249</b>
<b>AGRADECIMENTOS.....</b>	<b>250</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>250</b>
<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>253</b>

## INTRODUÇÃO

A organização da presente tese de doutorado se pautou na autonomia dos capítulos apresentados, onde cada capítulo está estruturado em forma de artigo científico. Desse modo, ao mesmo tempo que eles são independentes eles se conectam entre si e apresentam a pesquisa relacionada sobre a Bacia do Rio Paraíba do Sul, utilizou-se para o trabalho a definição de conceitos, delimitação de bacia hidrográfica, características histórico-econômicas, análises regionais dos cursos do rio, unidade de bacia como proposta metodológica e os setores adequados para pagamento de serviços ambientais

O Capítulo 1 intitulado “Conceituação dos Termos Pagamentos por Serviços Ambientais e Pagamentos por Serviços em Bacia Hidrográfica e suas Abordagens Geográficas” traz uma discussão sobre as diferenças entre os serviços ecossistêmicos, serviços ambientais e serviços ambientais em bacias hidrográficas. Deste modo, trazem para reflexão o papel geográfico ao incorporar uma análise mais robusta na integração geossistêmica em diagnósticos de Pagamentos em Serviços Ambientais.

O Capítulo 2 denominado “Discussão do Conceito de Bacia Hidrográfica a uma nova proposta regional para a delimitação da Bacia do Paraíba do Sul”. A concepção dessa abordagem é apresentar a bacia hidrográfica a partir da rede de canais e seu fluxo hídrico, discutindo a diferenciação frente ao recorte político-administrativo, uma vez que a bacia transpassa os limites municipais e estaduais. Assim, visa fomentar a discussão sobre a importância de uma melhor delimitação de Bacia Hidrográfica para a Bacia do Paraíba do Sul.

O Capítulo 3 chamado “Transformações no uso do solo da bacia do Rio Paraíba do Sul (SP/RJ/MG): Históricos das modificações Sócio-Econômico-Ambientais” faz um resgate dos principais ciclos econômicos como a incorporação e expansão cafeeira, cana-de-açúcar, pecuária, processo de industrialização, uso e ocupação da bacia e dados socioeconômicos dos municípios. Dessa maneira, objetiva contextualizar e compreender o funcionamento dos municípios frente a essas transformações.

O Capítulo 4 designado “Inventário do Contexto Físico-Social do Alto Curso do Paraíba do Sul” relaciona as informações de dados econômicos, ambientais e sociais, através de um estudo detalhado sobre as problemáticas e potencialidades do alto curso da bacia. Logo, tem como finalidade principal integrar a situação dos municípios pertencentes ao alto curso refletindo nas questões socioambientais.

O Capítulo 5 nomeado “Ensaio das Condições Físicas-Sociais do Médio Curso do Paraíba do Sul” faz a associação das informações econômicas, ambientais e sociais para relacionar as limitações e potencialidades do médio curso da bacia. Sintetiza a situação ambiental dos municípios pertencentes ao médio curso refletindo nas questões relacionadas à água.

O Capítulo 6 intitulado “Diagnóstico da Conjuntura Físico-Social do Baixo Curso do Paraíba do Sul” relaciona as informações de dados econômicos, ambientais e sociais sobre um estudo detalhado sobre as problemáticas e potencialidades do baixo curso da bacia. Assim, integrar a situação dos municípios pertencentes ao baixo curso refletindo nas questões ambientais.

O Capítulo 7 denominado “Proposta Metodológica de Caráter Geográfico para Estudos de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA)” traz a discussão da importância do entendimento das feições geográficas como a pedologia, geomorfologia, geologia, litologia, direção de fluxo hídrico, uso e cobertura do solo, susceptibilidade a erosão hídrica, qualidade socioeconômico, socioambiental e consumo de água. Assim, compreender a bacia de forma geossistêmica no qual não há separação da sociedade e do ambiente natural compreendendo e conectando os dados.

O Capítulo 8 chamado “Conjuntura Socioambiental da Bacia do Paraíba do Sul para Indicação de Áreas de PSA” se propõem a mostrar as transformações na paisagem e a indicação das sub-bacias com níveis intermediários de degradação, a partir de uma metodologia geográfica para o pagamento de serviços ambientais.

## **Capítulo 1- Conceituação dos Termos Pagamentos por Serviços Ambientais e Pagamentos por Serviços em Bacia Hidrográfica e suas Abordagens Geográficas.**

**RESUMO:** Devido à intensificação dos processos de transformação da paisagem frente ao crescimento urbano e econômico, as mudanças do uso do solo configuram novos arranjos espaciais no ambiente natural. No que se refere às degradações dos ambientes tropicais úmidos, em especial as bacias hidrográficas que sofrem com o desmatamento e os processos erosivos, ocorrem expressivos aportes de sedimentos ao canal fluvial. Conceitos como *Serviços Ambientais*, *Pagamento por Serviços Ambientais* e *Pagamentos por Serviços em Bacia Hidrográfica* passam a ser incorporados para uma mediação da situação em que se encontram os corpos hídricos e o ambiente degradado. O objetivo do presente trabalho é incorporar a Geografia em análises de PSA e PSW para dar mais consistência às análises geossistêmicas para o aumento da potencialidade e efetividade da valoração ambiental. O procedimento metodológico pautou-se na análise bibliográfica pertinente ao tema associada a estudos de caso em PSA e PSW. Para tanto, a discussão do papel da geografia nesses conceitos foi efetivada de forma a ter uma análise geossistêmica. Observou-se que as metodologias implementadas nas bacias do rio Guandu e do córrego Cambucaes consideram os elementos econômicos e ambientais associados ao PSW, incorporando casos em países tropicais onde foram considerados elementos sociais e físicos do ambiente. Dessa forma, a geografia consegue fazer a junção das propostas de PSA e PSW considerando mais elementos e de forma sistêmica para análises ambientais consistentes. Como os conceitos são interdisciplinares, a geografia tem um papel fundamental na análise e gestão ambiental a partir do recorte conceitual geossistêmico. Levando-se em consideração que as metodologias estão sendo desenvolvidas e aperfeiçoadas e não há uma metodologia consagrada, o PSW traz elementos geográficos para esse debate e a geografia se apresenta enquanto ciência que fortalece essa proposta.

**Palavras-chave: Valoração Ambiental; Geossistêmica; Recursos Hídricos.**

## 1.INTRODUÇÃO

Sabe-se que as alterações ambientais que resultaram nos atuais mosaicos de paisagem foram fortemente influenciadas pelos modelos dominantes de desenvolvimento econômico, político e social, relacionando-se aos processos de urbanização, globalização, transporte, desenvolvimento de novas tecnologias e de atividades agropecuárias. Estas alterações foram conduzidas através de um sistema de economia linear, no qual diversos países seguem os princípios que visam o uso e descarte dos produtos com consequente degradação do ambiente natural e baseados na visão de que a natureza é um recurso natural infinito.

Assim, as atividades de manutenção urbana/industrial acabam por alterar o ambiente, pautadas pela agricultura, pecuária e complexos industriais que interferem nas taxas de infiltração e escoamento superficial, intensificando processos erosivos e alterando o ciclo da água (MURANDIAN, *et al.* 2010). A recuperação dos ambientes degradados, como despoluição de rios, lagos e reflorestamento são métodos dispendiosos, e caros e sendo assim, as técnicas de valoração ambiental são ferramentas para mostrar o custo que a degradação ambiental gera (GUERRA, *et al.* 2013).

Apesar de toda problemática relacionado à questão ambiental e sua visibilidade nos últimos anos, compreendeu-se que o ambiente natural é provedor de diversos serviços gratuitos para o planeta, ou seja, a natureza consegue ter o poder de resiliência quando sofre modificações menos severas, se auto regulando. Dessa forma, os serviços ambientais são processos de autossustentação da vida dos ecossistemas na Terra, auxiliando na manutenção da biodiversidade.

São os materiais e energia da natureza e sua biodiversidade que vem sendo utilizados de forma intensa para o desenvolvimento urbano/tecnológico. O ambiente tem determinados mecanismos para se autorregular, mesmo que ocorra sua utilização por longos períodos. Por exemplo, destaca-se a agricultura de rotação, em que há o tempo de descanso de uma cultura para que outra possa ser implantada.

Dentro da reforma do Código Florestal, através da Lei nº 12.651 de 2012, houve a incorporação do conceito de serviços ambientais, a fim de propiciar a regeneração e dar autonomia ao ambiente natural. Segundo a Avaliação Ecológica do Milênio da ONU- AEMONU (2005), a classificação dos serviços ambientais abrangem quatro categorias: 1) Serviços de Provisão: são os produtos obtidos dos ecossistemas; 2) Serviços de Regulação: se referem aos benefícios obtidos a partir de processos naturais que regulam as condições ambientais; 3) Serviços Culturais: são os benefícios materiais e intangíveis obtidos; de natureza recreativa, educacional, religiosa ou estético-paisagística; 4) Serviços de Suporte: fazem parte dos processos que contribuem para a produção de outros serviços ecossistêmicos: ciclagem de nutrientes, formação do solo, dispersão de sementes.

Nesse sentido, é importante ressaltar que serviços ambientais são ações que o próprio ambiente natural exerce em seu sistema para sua manutenção, sejam elas de caráter natural ou quando há reduzido grau de interferências antrópicas.

A partir de diversos estudos sobre as funções que a natureza realiza espontaneamente, no final dos anos 1960, o conceito de serviços ecossistêmicos passa a ser considerado como relevante e ganhar destaque, uma vez que vários pesquisadores observaram sua importância ambiental para a sociedade e verificaram uma dependência econômica em relação ao capital natural (WESTMAN, 1977; DE GROOT, 1987; DAILY, 1997 e COSTANZA, *et al.* 1997).

Assim, *Pagamentos por Serviços Ecossistêmicos (PSE)*, que tem sua base nos preceitos biológicos, envolvem: a regulação da produção primária de biomassa e produção de oxigênio atmosférico, a formação e retenção de solo, ciclagem de nutrientes, ciclagem da água, a provisão de habitat e a restauração florestal. Além disso, os PSE são bens e serviços obtidos dos ecossistemas direta e indiretamente, atribuindo valor monetário a todos os serviços prestados pelos ecossistemas, a fim de incentivar a conservação dos recursos naturais ou de usá-los de maneira sustentável.

Mais adiante na análise conceitual, partindo dessa proposta de monetarização da natureza, amplia-se o tema, e, com a valoração ambiental, surge o conceito de *Pagamento por Serviços Ambientais* (PSA). Este, por sua vez, define-se como uma transação econômica voluntária, na qual um determinado serviço ambiental ou o uso do terreno que possa assegurar tal serviço é adquirido por um comprador de um provedor/vendedor, sob a condição de que o provedor garanta a manutenção deste serviço.

Dessa forma, o *Pagamento de Serviços Ambientais* (PSA) é um estímulo financeiro com o objetivo de assegurar a qualidade ambiental, a partir de financiadores apoiando provedores. Como exemplo, destacamos ser uma alternativa para conscientizar usuários d'água a manterem áreas de mananciais preservados e sob conservação ambiental. Frequentemente, podem também fornecer um auxílio técnico e financeiro.

Segundo Wunder (2015), PSA são serviços ambientais que envolvem práticas de conservação da natureza que fornecem transferências financeiras ao usufruidor, por meio de uma transação voluntária, ou seja, não imposta por legislação. Logo, quando os fluxos de pagamento são incorporados aos sistemas sociais e/ou ecológicos complexos, os resultados podem apresentar múltiplos fatores de interação (BÖRNER, *et al.*, 2017). Ao incluir um incentivo para manutenção e incorporação de zonas protegidas, associadas com o entendimento ambiental possibilitam maiores fornecimentos dos serviços ambientais para ambientes que consigam conciliar desenvolvimento e preservação.

Em uma abordagem mais recente, aprofunda-se o conceito de *Pagamentos por Serviços em Bacia Hidrográfica* (PSW), que passa a ganhar visibilidade atualmente. Esse conceito é considerado como uma subcategoria de PSA, relacionando geomorfologia e hidrologia, uma vez que há interdependência entre fornecedores (à montante) e usuários (à jusante) situadas em locais específicos de uma bacia de drenagem.

Obrigatoriamente, o recorte espacial deve ser trabalhado pelo limite de pela bacia hidrográfica e os serviços de água são generalizados, não sendo trabalhos em sua qualidade e quantidade disponível (BÖSCH, 2019). Sendo

uma proposta com viés voltado aos recursos hídricos, objetiva-se a geração de benefícios hidrológicos: manutenção de vazões, recarga de aquíferos, proteção contra inundações e qualidade da bacia (por exemplo, controle da erosão ou da sedimentação) e pureza da água potável.

Compreende-se que a água é um elemento primordial na atuação e manutenção dos ecossistemas e das vidas humanas, sendo um membro atuante no sistema cíclico do ciclo hidrológico e que se relaciona com os componentes naturais. Com as mudanças do uso do solo e o alto grau de urbanização e ocupação agrícola, os ambientes naturais perdem espaço e com isso acabam por influenciar no ciclo da água a partir da quantidade e qualidade disponíveis.

Nesse sentido, o relatório sobre o status dos recursos do solo do mundo (MONTANARELLA, *et al.* (2015), expõe a perspectiva global das atuais condições ambientais, seu papel na prestação de serviços ecossistêmicos como a produção de água e sequestro de carbono e sobre as ameaças à sua contribuição para a produção desses serviços. Dessa maneira, com o uso intensivo dos solos, a degradação vem crescendo em todo o mundo, trazendo consequências desastrosas para as áreas mais vulneráveis, acarretando impactos ambientais e socioeconômicos.

No Brasil, as perdas anuais de solos em áreas agrícolas são de aproximadamente 822,7 milhões de toneladas, impactando em perdas econômicas em propriedades rurais (JARDIM e BURSZTYN, 2015). Por isso, os benefícios ambientais vêm ganhando destaque entre comunidades rurais, compreendendo que os manejos agrícolas vêm modificando estruturas como a diminuição da água, gerando maior sedimentação e erosão dos solos.

Na atual conjuntura político-econômica, torna-se necessário desenvolver novas formas de gestão das águas, a fim de valorizar, aumentar a conservação e compreender a importância dos recursos hídricos, principalmente a água doce. É importante destacar que as águas fluviais são as que sofrem diretamente com os impactos antropogênicos em sua bacia hidrográfica, em muitos casos tanto pela proximidade dos centros urbanos como pela atividade agropecuária, que modificam suas estruturas geossistêmicas.

De acordo com Berbel *et al.* (2017), a água é um recurso escasso em quantidade, qualidade e acesso, e as decisões sobre seu destino são constantemente tomadas e regras sobre sua gestão e governança precisam ser estabelecidas. Para tal, observa-se que os estudos de PSE e PSA muitas vezes apresentam principalmente casos descritivos, trabalhos teóricos sobre design de incentivo e respostas comportamentais, além de revisões sistemáticas e pequenas (BÖRNER *et al.* 2017), porém carecem de avaliações de impactos baseadas em premissas hipotéticas e teóricas mais consistentes.

Dessa maneira, podemos entender que a formulação de metodologias de PSE e PSA ainda não são consagradas, predominando um conjunto de técnicas que auxiliam na gestão ambiental. Segundo Jardim e Bursztyn (2015), por isso é importante destacar que ações de PSE e PSA, para sua eficácia, devem ser desenvolvidas nos contextos particulares e considerando as condições locais.

Devido à sua interdisciplinaridade, a valoração dos serviços do ambiente natural acabam por englobar diversos ramos das ciências, ou seja, envolve as relações de trocas de conhecimentos para que o projeto tenha uma base sólida para sua implementação. Vale ressaltar que pesquisas nacionais e internacionais sobre o pagamento de serviços ambientais são realizadas por outras ciências como agronomia, economia agrícola, ciência ambiental, engenharia ambiental, ciência política e economia política como podem ser vistos em trabalhos de: Jardim e Bursztyn, 2015; Ruiz, 2016; Grizzetti, *et al.*, 2016; Kaczan, *et al.*, 2017; Carvalho e Ferreira, 2017; Berbel, *et al.*, 2017; Börner, *et al.*, 2017; Bösch, 2019.

Os estudos sobre o PSE e PSA são predominantes nos campos da agronomia, economia agrícola, ciência ambiental, engenharia ambiental, ciência política e economia política. Dessa maneira, cabe à geografia se inserir nesse espaço de discussão, debater propostas metodológicas e novas possibilidades de inserção de mercado, pois é possível incorporar ao PSA elementos da sociedade, natureza, espaço e escala, que são elementos chaves para a compreensão da ciência geográfica e para uma abordagem mais consistente dos PSA's.

A proposta de PSW já traz um olhar espacial, mas ainda são desconsiderados alguns elementos relevantes para a compreensão do conceito geossistêmico da natureza, que engloba aspectos físicos, sociais e político-econômicos que interferem diretamente em projetos de gestão e planejamento ambiental.

O uso de PSA permite o uso de ferramentas para a valoração da água, implementação de instrumentos econômicos, análise de custo-benefício e custo-efetividade, produtividade e eficiência da água e governança (BERBEL, *et al.*, 2017). Isto é, pode fornecer subsídios econômicos para o uso de água, colaborar na diminuição de ecossistemas deteriorados, possibilitar o aumento qualitativo e quantitativo desses ecossistemas, diminuir taxas de erosão e sedimentação nos rios, além de possibilitar a ampliação da capacidade de infiltração, conforme Lee, *et al.* (2017). De maneira que a fazenda amiga possa utilizar dos benefícios ambientais para desenvolvimento econômico, incorporando técnicas de preservação e conservação ambientais, utilizando deles para benefício coletivo, como a manutenção da mata ciliar para melhor qualidade da água.

Desse modo, desenvolve-se a partir do princípio provedor-recebedor, em que os custos dos processos de conservação são divididos com os beneficiários dos serviços ambientais, assim como as ações conservacionistas praticadas pelos provedores (JARDIM e BURSZTYN, 2015). Sobre o tema, Böner *et al.* (2017) destaca o papel da participação pública e engajamento de partes interessadas, assim como a co-criação de conhecimento no contexto do planejamento hídrico.

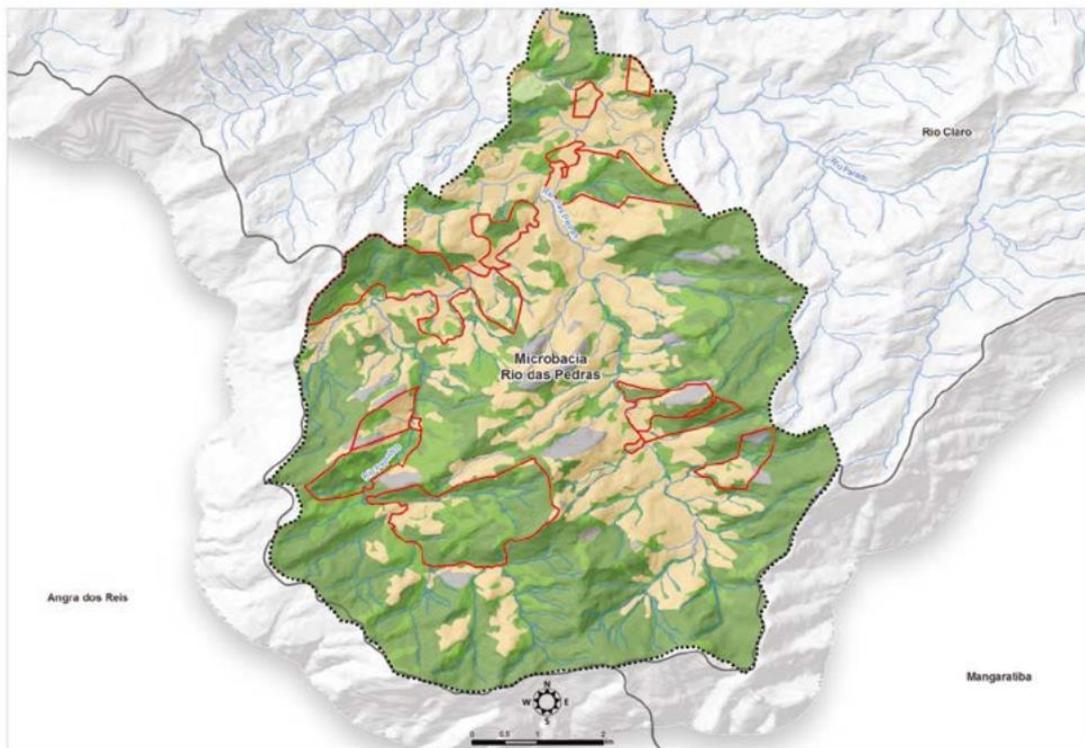
Dessa maneira, o conceito de pagamento por serviços ambientais (PSA) traz a proposta de que é possível aumentar os benefícios ambientais a partir da percepção e entendimento do ambiente natural gerando benefícios coletivos para a sociedade. Com isso traz a dualidade do homem e o ambiente atuando em conjunto para o benefício de ambos, ou seja, em que o próprio ambiente natural possa contribuir para modificações positivas nos sistemas ambientais como o aumento da recarga hídrica, diminuição dos processos erosivos, redução da perda de nutrientes dos solos e atenuação da entrada de sedimento nos canais fluviais.

O objetivo aqui, após essa breve discussão teórica, é o de buscar incorporar os conceitos de serviços ambientais ao debate geossistêmico dentro dos estudos de impactos ambientais em bacias hidrográficas e ressaltar a ciência geográfica no conceito de análise de PSA e PSW, que já possui caráter interdisciplinar com outros saberes, mas que a geografia ainda não integrou substancialmente a temática.

## 2. METODOLOGIA

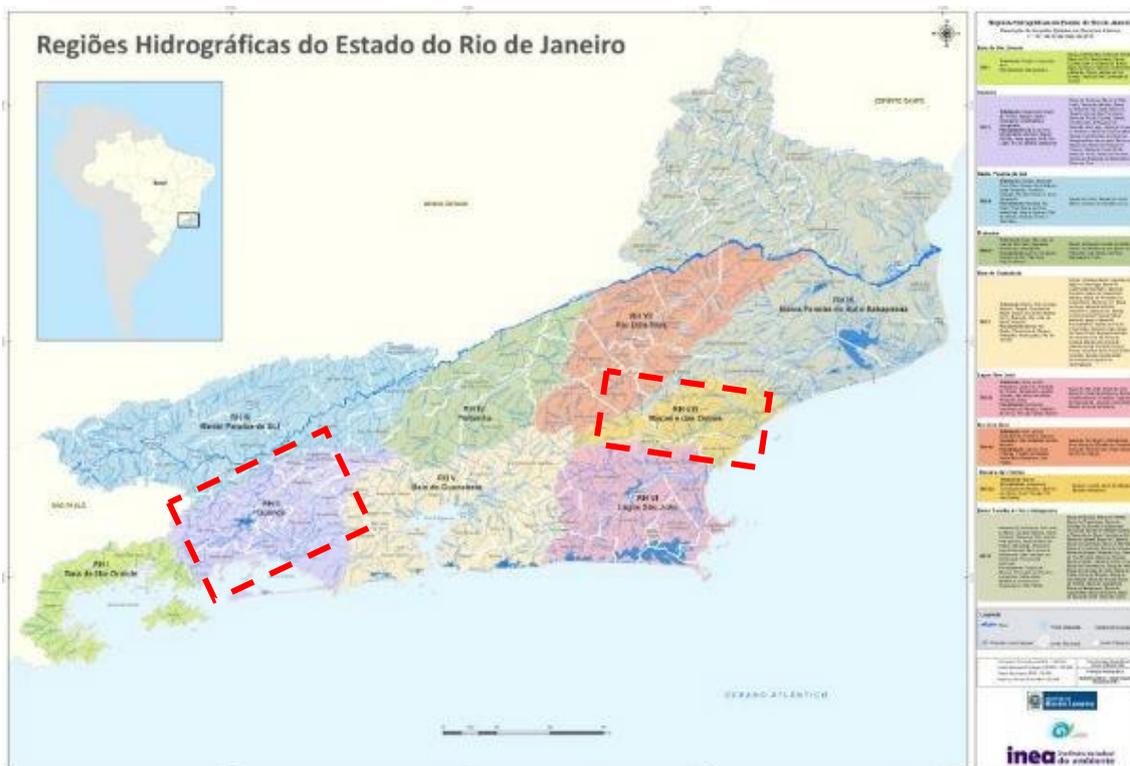
### 2.1. Área de Estudo

Para o enriquecimento do debate proposto, optou-se por incorporar casos de aplicação de PSA e PSW para uma melhor compreensão das metodologias empregadas. Utilizou-se para a análise da metodologia, duas áreas amostrais em que foram implementadas o PSA, com viés de recarga hídrica. Foram trabalhadas duas bacias no estado do Rio de Janeiro, que são: a Bacia do Rio da Pedras, localizada no município de Rio Claro (Figura 1) e Bacia Córrego Cambucaes, no município de Silva Jardim.



**Figura 1-0-1:** Localização da Bacia Rio das Pedras entre os municípios de Angra dos Reis e Mangaratiba incorporada à Região Hidrográfica II do Guandu. Fonte: RUIZ, 2015.

Vale ressaltar que a Bacia do Rio das Pedras está inserida dentro da Região Hidrográfica II - Guandu, enquanto a Bacia do Cambucaes na Região Hidrográfica VI – Lagos São João, como proposta pelo INEA (Figura 2). Ambas as áreas representam importantes fontes de recarga hídrica para suas regiões de abrangência.



**Figura 1-0-2:** Mapa com todas as Regiões Hidrográficas do estado do Rio de Janeiro, com destaque em tracejado de vermelho para as regiões que as bacias analisadas incorporam. Fonte: INEA.

Para a análise de PSW, optou-se por estudos mais gerais sem ser em escalas locais, mas que relacionam as estruturas e as diretrizes de outros continentes tropicais como a Ásia e Oceania, África e Américas. De modo que ao trabalhar com diferentes escalas possibilitar compreender os problemas que envolvem a bacia hidrográfica. Em que possibilite trabalhar com pequenas áreas para certificação da efetividade da metodologia desenvolvida.

## 2.2. Subsídios Metodológicos

Para o desenvolvimento desta análise, foi feita uma segmentação em 3 etapas. Inicialmente, foi feita uma revisão bibliográfica dos principais projetos de PSA no Brasil, posteriormente, foi feita uma verificação dos principais

trabalhos que tratavam de metodologias de PSW e por fim, foi desenvolvida uma discussão do papel geográfico na contribuição das análises das metodologias propostas.

### *2.3. Metodologias desenvolvidas para PSA*

Das diversas metodologias utilizadas em PSA, optou-se por trabalhar com duas abordagens metodológicas que são comumente utilizadas em outros projetos de PSA no Brasil. Assim, identificou-se quais tipos de metodologias e como eram usadas na análise de pagamento por serviços ambientais, sendo elas: Valoração Ambiental, subdividida em Restauração Florestal e Conservação Florestal (RUIZ, 2015), como também foi empregado o Método do Custo de Oportunidade (MCO) e o Método de Valoração Contingente (MVC) (CARVALHO e FERREIRA, 2017). Esses métodos foram aplicados em duas Bacias Hidrográficas: a do Rio das Pedras (Rio Claro/RJ) e do Córrego Cambucaes (Silva Jardim/RJ).

### *2.4. Metodologias desenvolvidas para PSW*

Para compreender as diretrizes e propostas do PSW, foi levantada uma revisão bibliográfica de casos em países tropicais que possuem dinâmica ou problemas hídricos como redução da recarga hídrica, retirada da vegetação, assoreamento, que estão presentes em ambientes transformados por ações antropogênicas. Dessa forma, buscou-se compreender como o PSW ganha notoriedade, incorporando outros elementos sócio, econômico e ambiental para melhor análise da valoração ambiental.

Assim, para desenvolver a análise em PSW, estudos de casos em diferentes continentes foram analisados como: Ásia e Oceania, África e Américas. Foram analisados estudos de 11 países da Ásia e Oceania, 33 da África e 20 das Américas que trabalhavam com a proposta de PSW (BÖSCH, 2019).

A partir da incorporação de outras matrizes de análise inseridas com as propostas de PSA e PSW, optou-se por trazer as metodologias de PSA

desenvolvidas no Brasil e casos de PSW, sendo este um conceito recente e que ainda não apresenta uma grande repercussão no país. Para tanto, algumas metodologias vêm sendo aplicadas, a fim de buscar a valoração ambiental para contribuir na gestão em recorte de bacia hidrográfica, que em muitos casos já engloba a proposta de PSW, todavia sem utilizar esse conceito.

### *2.5. Interação Geográfica*

Dentre as funcionalidades existentes, evidenciam-se os ambientes rurais para a integração ambiental, social, econômica e governamental, pois em áreas urbanas outras problemáticas que inviabilizam a aplicabilidade do PSA são incorporadas à discussão. Por se tratar de uma análise interdisciplinar, a relevância da valoração ambiental no caso do Brasil e em outros países, bem como os conceitos geográficos (espaço, paisagem, geossistema, bacia hidrográfica) podem enriquecer o debate e proporcionar uma análise ambiental mais integrativa. Por fim, a partir dos exemplos propostos e do suporte conceitual estabelecido pelo referencial teórico acima apresentado, buscou-se trazer para discussão como a geografia pode enriquecer o debate conceitual e metodológico em PSA e PSW, a partir de uma análise geossistêmica.

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### *3.1. Matrizes de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA)*

Como exemplo prático, destacam-se duas aplicabilidades em áreas rurais. A primeira na Bacia Rio das Pedras (Rio Claro/RJ) e a segunda o Córrego Cambucaes (Silva Jardim/ RJ). Na Bacia Rio das Pedras foi adotado o índice com peso em três eixos de indicadores: água, biodiversidade e institucional. Na segunda etapa caracterizou-se a questão fundiária e agrícola, em que foi feita uma coleta de dados que resultaram em informações especializadas geograficamente. No terceiro momento, realizou-se o mapeamento sobre cada propriedade da bacia de acordo com a descrição dos proprietários e o confronto dessas informações com as plantas em cartório e/ou prefeitura sobre a delimitação das propriedades.

Na organização na Bacia Rio das Pedras (Rio Claro/RJ) foram introduzidos índices para conservação e restauração florestal. O primeiro critério definiu a situação das áreas de APP (área de proteção permanente), segundo o Código Florestal 4.771. O segundo critério foi o de identificar as interceptadoras de água, a fim de explicitar as características do relevo que favorecem a redução da velocidade de deslocamento de massas de ar que penetram no continente carregadas de umidade (RUIZ, 2015).

Dessa forma, para a valoração do PSA, utilizou-se o Método de Custo Oportunidade (MCO), que leva em consideração informações de renda, custos operacionais por ano e valor monetário do produto ou serviço. Para o fortalecimento do plano, foi empregado o TNC (The Nature Conservancy) que consiste na captação de recursos para o saneamento básico e para as propriedades adequadas ao projeto em correspondência com o Comitê da Bacia; neste caso foi o Guandu, porém, pode ser realizado por outro Comitê de Bacia.

A valoração ambiental foi dividida em dois grupos: Restauração Florestal (1) e Conservação Florestal (2), que consiste em categorizar os valores de acordo com o nível de proteção e por área em hectare. Para classe 1, trabalhou-se com APPs molhadas e áreas interceptadoras de água, valorando-as. Na classe 2, foram priorizadas áreas no entorno de unidades de conservação, corredores ecológicos, APPs molhadas junto com áreas interceptadoras em estágio inicial e avançado e áreas com floresta inicial, também valorando-as (RUIZ, 2015).

Na Bacia do Córrego Cambucaes (Rio Claro/RJ), foram utilizadas técnicas qualitativas/quantitativas e exploratórias. Dentre os procedimentos de valoração ambiental, foi utilizado o Método do Custo de Oportunidade (MCO) e o Método de Valoração Contingente (MVC) associados às entrevistas com famílias rurais locais.

Sobre o tema, vale destacar que o Método de Custo de Oportunidade pode variar de acordo com os critérios de cada projeto, uma vez que são considerados alguns critérios mais ou menos relevantes para o cálculo. O MCO se baseia no levantamento da produção, valor de custo, subsistência das propriedades agrícolas com cálculo de custo máx/min por ha/ano, valor de

produto no mercado, e cálculo de ganho por 1 ha (BRANT, 2011). De acordo com Carvalho e Ferreira (2017), verificou-se uma dificuldade em compreender o custo de produção para que o valor pudesse ser descontado na renda bruta obtida pela venda e locação dos itens até chegar à renda líquida.

O Método de Valoração Contingente (MVC) se fundamenta na identificação de valores do não-uso ambiental, ou seja, situações em que os proprietários levam em consideração termos monetários sobre a perda ou a valorização do agente ambiental (SEROA DA MOTA, 1997). Assim, pauta-se em entrevistas com a comunidade local sobre supostas destruições e incrementos de caráter hipotético, para embutir valores ao ambiente e seus serviços. Essa análise leva a termo dados do entrevistado, caracterização da propriedade e valoração para que se possa calcular o MCO e o MVC.

Dessa forma, para a identificação, são diagnosticadas as áreas com presença de nascentes de rios, a área produtiva e a área florestal da propriedade. Para calcular os serviços ambientais são considerados a Disposição a Pagar (DAP) por áreas de nascentes, rios e florestas relacionadas a valores ativos econômicos da propriedade rural (produção e custo). Já a Disposição de Receber Compensação (DARC) relaciona-se ao custo de manter 1 ha por área florestal restaurada ou protegida. Por fim, a partir das informações levantadas, torna-se necessário selecionar áreas dentro das propriedades demarcadas, a fim de obter um programa de PSA economicamente viável (CARVALHO e FERREIRA, 2017).

### *3.2. Matrizes em Pagamento por Serviços Ambientais em Bacias hidrográficas (PSW)*

O PSW abarca diversos elementos metodológicos dos PSA como transação voluntária e esquemas com o setor público/privado. Observou-se, a partir do estudo de Bösch *et al.*, (2019), levantamentos de propostas e projetos em países tropicais, nos quais houveram levantamentos de PSW considerando as bacias hidrográficas para valoração dos serviços ambientais em 2010.

Essa análise englobou 64 países, subdivididos por continente, sendo: 11 países na Ásia e Oceania, 33 na África e 20 nas Américas. Dos quais 2 países na África (Tanzânia e o Quênia), 4 na Ásia e Oceania (Índia, Indonésia,

Filipinas e Vietnã) 11 nas Américas (Equador, Costa Rica, Colômbia, Bolívia, El Salvador, Guatemala, México, Brasil, Honduras, Nicarágua e Peru) desenvolvem o PSW. É importante destacar que muitos utilizavam suas propostas sem considerar o conceito, além de incorporarem outras variáveis ambientais nessa análise, que antes não eram priorizadas.

A partir das metodologias levantadas na diversidade de países analisados, observou-se que foram consideradas a abordagem do sistema legal e os direitos de propriedade em que se verificam como se encontra a propriedade através do índice EFW (Sistema Jurídico e Direitos de Propriedade), evitando futuros problemas jurídicos. Além disso, também elencam o crescimento do PIB relacionado à projeção de crescimento e desenvolvimento da região, levando em consideração a resistência política correspondente ao lugar em que se está trabalhando (WUNDER, 2007; HUANG *et al.*, 2010).

Outros parâmetros incorporados no PSW levam em consideração elementos geográficos que possibilitam o suporte do conhecimento das áreas a serem analisadas. A quantidade da água para entendimento da dinâmica hídrica anual ou para estações de seca; a qualidade da água englobando se há ausência de patógenos, nutrientes, produtos químicos e outros contaminantes nas águas superficiais são considerados (BRAUMAN *et al.*, 2007), ou seja, levantam-se todos os fatores que influenciam no estado do corpo hídrico.

São também associados à análise do corpo hídrico os fatores geomorfológicos, como a topografia, que passa a ser um elemento fundamental para a compreensão da sedimentação e nos movimentos de massa resultantes da erosão nas encostas afetando o canal. Além disso, destacam-se a ocorrência de inundação considerando os danos econômicos, sociais e ambientais, baseada no critério World Resources Institute, variando de 0 a 5, onde 0 é o mais baixo e 5 é o mais alto (GASSERT *et al.*, 2013). Por fim, analisam-se as mudanças na cobertura florestal relacionadas às taxas de desmatamento. Vale destacar que esses parâmetros foram introduzidos no IIED Watershed Markets assumindo valor de 1 ou 0 para as variáveis apresentadas segundo Bösch *et al.*, (2019).

As aplicações de PSA mencionadas (Bacia Rio das Pedras (Rio Claro/RJ) Córrego Cambucaes (Silva Jardim/ RJ) serviram de base para o remodelamento da metodologia em PSW, que podem ser introduzidas em locais pré-definidos dentro da análise de bacia. É importante destacar, dentro da análise proposta, que os parâmetros metodológicos de PSW passam a incorporar elementos geográficos, sem citá-los, caracterizando assim uma tentativa de olhar sistêmico. Dentre a diversidade de metodologia de PSA e os componentes integrados em PSW, esses estudos de casos se combinam dentro da logística da bacia hidrográfica. Portanto, se enquadram nos problemas presentes em áreas rurais e nos diversos problemas relacionados à recarga hídrica e a erosão dos solos.

### *3.2. Incorporação Geográfica como subsídio para análises em PSA e contribuição em PSW*

O conceito de *serviços ambientais* possui um viés interdisciplinar como estudos de Jardim e Bursztyn, 2015; Ruiz, 2016; Grizzetti, *et.al.* 2016; Kaczan, *et.al.*, 2017; Carvalho e Ferreira, 2017; Berbel, *et al.*2017; Börner, *et.al.* 2017, porém, a geografia não o utiliza como arcabouço de análise. Nesse sentido, a partir das propostas metodológicas apresentados de PSA e PWS, a geografia se apresenta como uma ciência que pode contribuir para a análise geossistêmica, possibilitando um diagnóstico mais real do espaço geográfico.

Como foi observado no PSA das Bacias do Rio das Pedras e de Cambucaes, as metodologias utilizam elementos físicos como a água e a biodiversidade da área analisada, incorporando condicionantes rurais e econômicos como propriedades e potencial agrícola, bem como relações políticas e sociais, pois envolvem proprietários de terras e sistema gestor, como as prefeituras dos municípios.

Já o PSW engloba esses elementos citados, mas há uma preocupação metodológica em compreender os elementos físicos que integram essas áreas de bacia hidrográfica. Dessa maneira, são consideradas as questões jurídicas, o crescimento populacional, a qualidade e quantidade dos corpos hídricos, os

condicionantes geomorfológicos e a cobertura vegetal, porém, considera pouco os cálculos de compensação econômica.

Diante disso, há destaque na espacialização dos objetos geográficos, por exemplo canais de drenagem, geologia, geomorfologia, uso do solo, tipos de solos, valorando o processo de observação do geógrafo na análise metodológica proposta, permitindo assim a investigação do mundo real na tentativa de compreendê-lo e interpretá-lo. A metodologia torna-se, então, o meio da execução prática, de dar significado aos questionamentos apontados.

Podemos, nesse sentido, considerar a pesquisa-prática como um instrumento de construção do conhecimento geográfico para o entendimento teórico e experimental, dando ressignificação às realidades existentes. A Geografia não deve estudar os componentes da natureza por si mesmos, mas investigar a unidade resultante da integração e as conexões existentes nesses conjuntos (CHRISTOFOLETTI, 1999).

A partir da representatividade da escolha do local em que será empregada a análise metodológica, podem-se extrair informações para a elaboração de conhecimentos e também para testes de teorias. Portanto, *“é indispensável uma preocupação, um esforço interpretativo de dentro, o que tanto contribui para identificar a natureza do espaço, como para encontrar as categorias de estudo que permitam corretamente analisá-lo”* (SANTOS, 2012, p.10).

Dessa maneira, os estudos geográficos incorporam elementos de caráter social, econômico, político, ambiental e geotecnológico para compreensão dos sistemas que compõem os ambientais naturais. Os serviços ambientais são elementos que o ambiente natural presta para a sociedade de forma gratuita, sem que se tenha a real noção de sua atuação na manutenção ambiental. As análises de PSE, PSA e PSW possuem um elemento comum, que é a manutenção de áreas ambientais (DAILY, 1997; JARDIM e BURSZTYN, 2015; WUNDER, 2015, BÖRNER, *et al.*, 2017; BÖSCH *et al.*, 2019), sendo que cada conceito possui componentes norteadores distintos.

A delimitação da área de determinado fenômeno possibilita o embasamento teórico-conceitual para poder discernir e interpretar os fatos

significativos. Desse modo, a observação se caracteriza por uma linguagem técnica, precisa, bem definida e conceituada, enquanto a experimentação científica se distingue por uma atuação prática, experimental, de modo a fornecer subsídios e resultados.

Assim, destaca-se a importância de se analisar determinado fenômeno ambiental de modo integrado, desde seu processo de formação e estrutura com o que é visível, ou seja, geossistêmico, presente na bacia hidrográfica. No que tange à abordagem geossistêmica, ela permite o diálogo entre especialistas de áreas similares (interdisciplinaridade), em que a experimentação é o trabalho de campo, onde se utilizam técnicas adequadas na área de estudo e se introduzem metodologias para extrair informações que respondam a questionamentos antecedentes.

A análise geográfica em PSA e PSW destaca o enfoque espacial, possibilitando delimitações em uma escala local, regional, nacional e global, de modo a reconfigurar o espaço, se sub-categorizando como, por exemplo, a partir de escalas da bacia hidrográfica, urbana, rural, temporal, espacial, política, entre outros.

De acordo com Tricart (2006), não existem métodos próprios da Geografia, mas recortes de aplicação mais geral, cujo uso pela geografia é um caso dentre outros. Santos (1985) afirma que os objetos podem dialogar com diferentes disciplinas e o que os difere é a aplicação do método e a construção de um sistema que possibilite abordar a realidade a partir de um ponto de vista em que os mesmos objetos possam dialogar. Já a questão social do espaço é, por sua vez, o resultado de uma práxis constituída coletivamente e que reproduz as relações sociais que reconfiguram o ambiente natural e seus serviços prestados.

Nesse sentido, tanto as relações sociais quanto os elementos físicos são importantes na análise geográfica relativa à espacialização, conforme destacado por Santos (2008, p. 153): *“o espaço deve ser considerado como um conjunto de relações realizadas através de funções e de formas, que se apresentam como testemunho de uma história escrita por processos do passado e do presente”*.

Pode-se compreender que o recorte das paisagens naturais ou artificiais está relacionado às relações sociais, e não há como trabalhar a construção de estratégias e desenvolvimento científico sem a inclusão das dinâmicas socioespaciais. Logo, os serviços ambientais em bacias hidrográficas envolvem uma gama de atores, sejam eles sociais ou naturais, que fazem parte desse complexo geossistêmico, cabendo às metodologias de PSA e PSW incorporarem esses parâmetros para um melhor desenvolvimento dos projetos propostos.

Cabe ressaltar que o ambiente está inserido na sociedade e vice-versa, ou seja, ele se redimensiona a partir da valorização das experiências construídas no/com o lugar, atribuindo significado e sentido. Assim, destaca-se que a compreensão das paisagens em outros recortes espaciais permite que se estabeleçam relações cada vez mais elaboradas entre o seu cotidiano e a sua vivência, assim como em outras realidades mais amplas (BOFETE e FACHINI, 2012). Portanto, pensar em analisar os sistemas ambientais perpassa compreender as interações presentes nos sistemas aberto-fechados e sua dinâmica (CHRISTOFOLLETTI,1999).

#### **4. CONCLUSÃO**

Os programas por serviços ambientais voltados para a hidrologia aparecem como uma proposta de amenizar os danos ambientais derivados dos diversos problemas de mudança do uso do solo que interferem na recarga e qualidade hídrica. Ao trabalhar com a bacia hidrográfica como recorte espacial metodológico para a análise proposta, por esta englobar diversos atores em sua dinâmica de funcionamento, faz-se necessário pensá-la como um sistema integrado e articulado, ou seja, geossistêmico.

As metodologias de PSA e PSW incorporam elementos econômicos, ambientais e alguns parâmetros sociais e físicos, de modo a gerir e/ou embasar os projetos para serem aplicados. Como ainda não há uma metodologia consagrada, cada projeto utiliza derivadas que consideram válidas para a área analisada. Como essa temática engloba diversas ciências, a geografia entra para dar suporte na tomada de decisões. Um dos pilares

geográficos é a junção de elementos naturais, humanos, econômicos e políticos, articulados entre si, favorecendo assim no planejamento e gestão territorial/ambiental.

Deve-se compreender, dentro da análise proposta, que a bacia hidrográfica tem relação direta com os agentes sociais, políticos, econômicos e ambientais, ao se pensar nos usos múltiplos da água. O PSA engloba interações econômicas, políticas e ambientais para o desenvolvimento dessa valoração dos ambientes. Todavia, o PSW compreende que não basta esses componentes, mas o elemento social e as estruturas físicas do ambiente, em relação, influenciam diretamente no desenvolvimento do projeto.

Assim, a geografia ganha espaço para melhor análise dos elementos que compõem o estudo proposto, logo, o conceito geossistêmico abrange parte da proposta do PSA, adicionando elementos do PSW, e relaciona a análise do recorte espacial às interações físicos-sociais, de modo que todos os componentes que se desenvolvem na bacia hidrográfica interferem diretamente na situação hídrica. Portanto, a geografia tem uma importante contribuição epistemológica e metodológica nas aplicabilidades de PSA e PSW, pois possibilita maior compreensão, de forma integrada, dos elementos que compõem o espaço geográfico na análise das formas de uso das bacias hidrográficas.

## **AGRADECIMENTOS**

O material produzido se deve a pesquisa de doutorado do autor que foi financiado através de bolsa da CAPES, CNPQ, FAPERJ. Bem como, teve o suporte financeiro para que houvesse a realização dos campos o Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGG- UFRJ) e Comitê do Baixo Paraíba e Itabapoana. Como também agradeço a Taiany Marfetan por ajudar na revisão do texto.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AEMONU. Avaliação Ecosistêmica do Milênio da ONU. Relatório da Avaliação Ecosistêmica do Milênio. 2005. Disponível em: <https://www.millenniumassessment.org/>

BERBEL, J.; MARTÍN, C.G.; ORTEGA, J.M. Water Economics and Policy. Water. 9, 801.2017.

BOFETE, J. FACHINI, M. P. O estudo da paisagem por meio do espaço de vivência do aluno. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/548-4.pdf>. Acesso em: 15 abril. 2020

BÖRNER J.; CORBERE, E.; EZZINE-DE-BLAS, D.; ROSÉS, J. H.; PERSSON, U. M.; WUNDER, S. The Effectiveness of Payments for Environmental Services. World Development. V.96, 359-347.2017.

BÖSCH, M.; ELSASSER, P.; WUNDER, S. Why do payments for watershed services emerge? A cross-country analysis of adoption contexts. World Development. 111–119. 2019.

BRANT, F. F. Valoração econômica ambiental como estratégia de conservação dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do Rio Macaé – uma proposta metodológica. 2011. 85f. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental) - Instituto Federal Fluminense, Macaé, 2011.

BRAUMAN, K. A.; DAILY, G. C.; DUARTE, T. K.; MOONEY, H. A. The Nature and Value of Ecosystem Services: An Overview Highlighting Hydrologic Services. Annual Review of Environment and Resources v.32, p.67-98. 2007. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.32.031306.102758>

CARVALHO, C.S.A. FERREIRA, M.I.P. Pagamento por Serviços Ambientais como instrumento econômico de gestão das águas: o caso da sub-bacia do córrego Cambucaes, Bacia do rio São João- Silva Jardim/RJ. v.11 n1, 59-73. 2017.

CHRISTOFOLETTI, A. Modelagem de sistemas ambientais. São Paulo: Edgar Blücher, 1999.

Código Florestal. Lei nº 12.651. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm). Acesso em 27 de set. 2020.

COSTANZA, R. Social goals and the valuation of ecosystem services. Ecosystems, v. 3, p. 4- 10, 2000.

COSTANZA, R., D'ARGE, R.; DE GROOT, R.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S., O'NEIL, R. V.; PARUELO, J. RASKIN, R. G.; SUTTON, P.; BELT, M. V. D. The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature, 387, p. 253-260, 1997.

DAILY, G. Nature's services: societal dependence on natural ecosystem. Washington, DC: Island Press, 1997.

DE GROOT, R.S. Environmental functions as a unifying concept for ecology and economics. Environmentalist . v 7, p.105–109. 1987.

DE GROOT, R. S.; WILSON, M. A.; BOUMANS, R. M. J. A typology for the classification, description, and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, 41, p. 393-408, 2002.

GASSERT, F.; LANDIS, M.; LUCK, M.; REIG, P.; SHIAO, T. Aqueduct metadata document: aqueduct global maps2.0. World Resources Institute. 20p. Washington. 2013.

GRIZZETIA, B.; LIQUETEA, C.; ANTUNES, P.B.; CARVALHO, L.; GEAMAN, N.; GIUCAD, R.; LEONEE, M.; MCCONNELLF, S.; PREDAD, E.; SANTOS, R.; TURKELBOOME, F.; VADINEANU, A.; WOODSC, H. Ecosystem services for water policy: Insights across Europe. *Environmental Science & Policy* 66. 179–190. 2016.

GUERRA, *et al.*, 2013 A, A. J. T., JORGE, M. C. O. Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas. Oficina Textos. 2013.

HUANG M.; UPADHYAYA, S. K. JINDAL, R.; KERR, J. Payments for Watershed Services in Asia: A Review of Current Initiatives. *Journal of Sustainable Forestry*. p.551-575. 2010.

JARDIM, M.H. BURSZTYN, M.A. Pagamento por serviços ambientais na gestão de recursos hídricos: o caso de Extrema (MG). Artigo Técnico. *Engenharia Sanitária Ambiental*. v.20, n.3, 353-360. 2015.

KACZAN, D.; PFAFF, A.; RODRIGUEZ, L.; SHAPIRO-GARZA, E. Increasing the impact of collective incentives in payments for ecosystem services. *Journal of Environmental Economics and Management*. 86, 48–67. 2017

LEE, S.; NGUYEN, T.; KIM, H.; KOELLNER, T.; SHIN, H.J. Do consumers of environmentally friendly farming products in downstream areas have a WTP for quality water protection in upstream areas? *Water*. 9. 511. 2017.

MONTANARELLA, L.; BADRAOUI, M.; CHUDE, V.; COSTA, I.S.B.; MOMO, T.; YEM EFA K.M.; AULANG, M.S.; YAGI, K.; HONG, S.Y.; VIJARNSORN, P.; ZHANG, G.L.; ARROUAYS, D.; BLACK, H.; KRASIKNIKOV, P.; SOBOCÁ, J.; ALEGRE, J.; HENRIQUEZ, R.; MENDONÇA-SANTOS, M. L.; TABOADA, M.; VICTORIA, D.E.; ALSHANKITI, A.; PANAH, S. K. A. P.; SHEIKH, E. A. E. M.; HEMPEL, J.; PENNOCK, D.; ARBESTAIN, M.C.; MCKENZIE, N. Status of the World's 47 Soil Resources. Intergovernmental Technical Panel on Soils (ITPS). Chapter 3, 31-49, Chapter 4, 50- 87, Chapter 6, 100-167. 2015.

MURADIAN, R., CORBERA, E, PASCUAL, U., KOSOY, N. and P. May. Reconciling theory and practice: An alternative conceptual framework for understanding payments for environmental services. *Ecological Economics* 69 (6): 1202-1208. 2010.

RUIZ, M. Pagamento por Serviços Ambientais: Da Teoria à Prática. 1ª Edição. Rio Claro. Instituto Terra de Preservação Ambiental (ITPA). 2015.

SANTOS, M. Espaço e Método. Cap. 4. Estrutura, Processo, Função e Forma como categorias do método Geográfico. Editora Nobel S.A. São Paulo, 1985.

SANTOS, M. Por uma geografia nova: da crítica da geografia a uma geografia crítica. 6. Ed. São Paulo: Edusp, p.153.2008.

SANTOS, M. A Natureza do Espaço: Técnica e Tempo, Razão e Emoção. São Paulo, p.10. 2012.

SEROA DA MOTA, R. Manual para a valoração econômica dos recursos ambientais. Rio de Janeiro: IPEA/ MMA/ PNUD/ CNPq, 1997.

TRICART, J. O campo na dialética da Geografia. Geografia ontem e hoje. Revista do Departamento de Geografia da USP (19):104-110, 2006 (1977).

WESTMAN, W.E. How much are nature's services worth? Science, v.197 p.960-963.1977.

WUNDER, S. 2007. The Efficiency of Payments for Environmental Services in Tropical Conservation. Conservation Biology. v.21, n.1, p. 48-58..February 2007. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2006.00559.xC>

WUNDER, S. Revisiting the concept of payments for environmental service. Ecological Economics, 117, 234-243. 2015.

## **Capítulo 2 – Discussão do Conceito de Bacia Hidrográfica a uma nova proposta regional para a delimitação da Bacia do Paraíba do Sul**

**RESUMO:** A diversidade de interações naturais, sejam elas de caráter climático, pedológico, geomorfológico, biogeográfico, geológico e antrópico podem ocorrer conjuntamente em um recorte espacial de bacia hidrográfica. O estudo do conceito de bacia hidrográfica apresenta extrema relevância para as análises ambientais e geossistêmicas. A partir das feições dos corpos hídricos marcadas pelo relevo, é possível compreender a importância dos seus atributos e ações. O objetivo da presente pesquisa é compreender os caminhos dos fluxos da água dentro da bacia hidrográfica respeitando suas morfologias. A abordagem metodológica comparou as delimitações de bacia hidrográfica proposta pelos diferentes comitês que englobam a bacia do rio Paraíba do Sul, como também o recorte de bacia feito pela Agência da bacia (Agevap). Dessa maneira, propõe-se que a delimitação da bacia deveria partir da morfologia e por seus canais preferenciais, que extrapolam limites dos órgãos citados anteriormente. A partir das análises dos mapas produzidos, associados ao perfil longitudinal do Rio Paraíba do Sul, verificou-se que pela diferença altimétrica e geomorfológica presente na bacia, a atual delimitação proposta pela Agevap não incorpora trechos prioritários. Dessa maneira, a hidrografia associada às diferentes topografias guia os caminhos preferenciais que estruturam a bacia. Para uma análise geossistêmica, o entendimento integrado do funcionamento da bacia configura um novo recorte. Portanto, a proposta se mostra interessante ao analisar sua delimitação por suas estruturas físicas a ela integradas, de modo que as análises em escala regional ganhem importância em estudos ambientais mais amplos.

**Palavras- Chaves: Bacia Hidrográfica; Drenagem; Morfologia.**

## 1. INTRODUÇÃO

O ambiente pode ser definido como um aglomerado complexo de funções geobiofísicas, geobioquímicas e interações antropogênicas que atuam junto à superfície terrestre, conforme pode ser sintetizado a partir das colocações de diversos autores: Huggett, 1995; Christofolletti, 1999; Leff, 2001 e Ab'Saber, 2003. Por outro lado, o recorte espacial de bacia hidrográfica pode ser usado para estudar, sob abordagem sistêmica, as interações que ocorrem no ambiente durante determinado intervalo de tempo. Dessa maneira, a delimitação de bacia hidrográfica abarca essas multifuncionalidades, que ocorrem no interior do seu espaço geográfico, envolvendo tanto processos naturais como transformações antropogênicas.

Sabe-se que no Brasil, a Lei Federal 9.433/97, conhecida como “Lei das Águas” ou Política Nacional do Recursos Hídricos (PNRH), considera a bacia hidrográfica como unidade territorial para análise, planejamento e gestão dos corpos hídricos, tendo uma dimensão geográfica bastante evidente (MAGALHÃES JUNIOR, 2007; RIBEIRO, 2008; BRUM e NASCIMENTO, 2016). Deste modo, esse recorte geográfico possibilita a elaboração de análises multiescalares e integradas das dinâmicas dos sistemas ambientais, possibilitando uma abordagem geossistêmica (SOTCHAVA 1962, 1977, 1978; TRICART, 1977, 1982; CHRISTOFOLETTI, 1979, 1999; MONTEIRO, 2000; RODRIGUEZ e SILVA, 2002, 2013; RODRIGUES *et al.*, 2004; BERTRAND, 2007). Tal abordagem é própria para analisar os ambientes mais sensíveis as interferências e impactos ambientais (PORTO E PORTO, 2008; NASCIMENTO, 2011; TUNDISI, 2013).

A gestão das bacias tem abrangência federal ou estadual, conforme sejam inseridas em mais de um estado ou intra-estaduais, regidas por comitês de bacias que tem papel deliberativo e que contam com a participação tripartite de usuários de água, sociedade civil organizada e pelo poder público. Dependendo do âmbito da união ou estadual da bacia hidrográfica, pode haver participação do poder público nas esferas municipal, estadual e/ou federal, sendo que a Agência Nacional das Águas (ANA) o órgão regulador que atua com maior preponderância (MACHADO, 2013; CAVALCANTI e MARQUES, 2016).

Dessa maneira, os Comitês de Bacias Hidrográficas (CBHs), foram espontaneamente criadas por iniciativas regionais e são compostas por uma plenária colegiada, com caráter integrativo e associando sociedade civil, usuários da água e poderes públicos. Além desse comitê deliberativo que dirige os CBHs, há sob sua tutela as Agências de Bacia ou Agências de Água, que tem papel técnico-administrativo e possuem corpo técnico próprio (Lei n. 9.433/97). Deste modo os trabalhos conjuntos dos CBHs e Agências de Água buscam promover o planejamento regional, controlar os usos da água na área da bacia, proteger e conservar as fontes de captação de água para usos múltiplos (PORTO e PORTO, 2008). Sempre pautados na utilização da delimitação espacial de bacia hidrográfica, para debates e questões que envolvem os recursos hídricos.

De modo que, a bacia hidrográfica corresponde a uma área da superfície terrestre, que drena água, sedimentos e íons dissolvidos para uma saída comum, sendo delimitada por divisores morfológicos (COELHO NETTO, 1994; COELHO NETTO e AVELAR, 2007). Além disso, segundo Christofolletti (1974) uma bacia hidrográfica pode ser definida como o conjunto de rios que convergem para o canal principal delimitado por divisores topográficos que convergem para uma saída conhecida. Em que a topografia atua como a trajetória da rede de canais, que liga dois pontos a nascente e sua foz (SHREVE, 1966; CHRISTOFOLETTI, 1980), compondo um sistema de canais em interação com as encostas adjacentes. É importante destacar que dentro desse sistema ocorre a integração dos solos, clima, relevo, geologia e as mudanças antropogênicas, que se tornam grandes modificadores da paisagem e conseqüentemente do canal fluvial. Do mesmo modo, este sistema permite uma abordagem que vincula os elementos físicos e humanos, que pode ser feita através de análises integrativas, em escala regional e na concepção holística, ou seja, a totalidade do sistema (WILCOCK e MC ARDELL, 1993; MARQUES, 2015).

No que se refere à bacia do rio Paraíba do Sul, sua gestão se originou bem antes da Lei 9433/97, através de uma cooperação França-Brasil, que criou o CEIVAP (CAMPOS, 2001). Após 1997, houve a adequação do antigo CEIVAP aos requisitos da Lei 9433/97, sendo mantido o mesmo nome

originalmente adotado, aos invés da adoção da sigla CBH, tal como ocorre na maioria dos casos. Atualmente, todo o direcionamento da gestão de recursos hídricos vem sendo realizado pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul (“CBH-Paraíba do Sul” ou CEIVAP) e está pautado no uso d’água na bacia com diferentes visões e atuações. Importante destacar que a organização desse comitê está voltada para outorga da água, em suas diretrizes incorporam outras propostas como a recuperação ambiental para melhoria da água. A distribuição das cadeiras para tomada de decisão e gestão se divide em 40% usuários de água (monetarização da água), 35% do poder público e 25% de organizações civis, em que muitas vezes há dificuldade da participação do último grupo.

Contudo, o recorte espacial da bacia é apresentada por diferentes órgãos com diferentes delimitações (por exemplo: ANA, INEA, IBGE, etc), especialmente próximo a sua foz. Isto é uma das questões do presente trabalho e compromete, em muitos casos, a própria definição de bacia hidrográfica, tal como adotada em base geomorfológica e com recorte geográfico acima mencionado. A delimitação deveria ser única, uma vez que os recursos hídricos exigem a gestão compartilhada com a administração pública, órgãos de saneamento, instituições ambientais, de fiscalização e ligadas à atividade agrícola, gestão ambiental e educação ambiental. Além disso, há com frequência incongruências entre os recortes da divisão político-administrativa e a divisão da bacia hidrográfica. Por isso, torna-se relevante a participação e o comprometimento dos diversos órgãos na busca de soluções dos conflitos visando a qualidade e quantidade dos recursos hídricos para todos os setores. Ressaltando que o sistema de gestão de recursos hídricos brasileiro foi construído com o propósito de ser descentralizado, integrado e, especialmente participativo.

De certa forma, o uso do recorte espacial de bacia está relacionado em muitos casos, em análises pontuais dos usos múltiplos da água, porém ignora-se que a delimitação de bacia engloba todos os elementos que a compõem. Salienta-se que análise sistêmica e integrada voltada aos recursos hídricos envolvem questões relacionados a urbanização, saneamento de efluentes, tratamento de água residual, não apenas abastecimento e cobrança da água.

Em muitos casos os comitês de bacia são criados, mas não exercem a gestão da bacia a qual pertence, por diversos problemas de estrutura, gerenciamento, organização, financiamento, ações institucionais. De forma que, há uma dificuldade de planejamento e gestão das águas no Brasil, que é mais dificultado quando se pesquisa com escalas de pouco detalhe, isto é, trabalhos regionais, quando se busca a análise da totalidade da Bacia do Paraíba do Sul.

O fato da bacia do rio Paraíba do Sul abranger três estados da região sudeste (Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais) com organizações, políticas, gerenciamento econômico diferenciado e abastecimento grandes centros urbanos, industriais e agropecuários (ANA, 2017), deve ser destacado. Devido à sua grande dimensão espacial (55.500 km<sup>2</sup>) e diversidade ambiental, houve a necessidade de subdivisão da gestão de recursos hídricos, havendo a criação de subcomitês. Assim, há atualmente 07 subcomitês e 1 parcialmente: Comitê da Bacia da Região Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul; Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Piabanha; Comitê de Bacia da Região Hidrográfica do Rio Dois Rios; Comitê de Bacia da Região Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana; Comitê das Bacias Hidrográficas do Rio Paraíba do Sul; Comitê da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna e o Comitê da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé e um trecho do Comitê da Bacia do Guandu.

Dessa maneira, devido a sua importância econômica, social e ambiental são necessários estudos regionais que incorporem o todo e não apenas fragmentos da bacia, sem haver a correlação entre os mesmos. Uma vez que o que ocorre no alto curso haverá consequências no médio e baixo curso, de modo que não apenas o fluxo, vazão, qualidade e quantidade da água é prejudicado, mas também sua estrutura ambiental. Ao compreender que a bacia é um sistema integrado e uma unidade territorial de planejamento preconizada por lei, incorpora feições físicas, sociais e ambientais, abrigando diversos processos geoambientais materializados (SILVA e PRUSKI, 2000; MACHADO, 2002) em ecossistemas, biomas e alterações humanas. Assim, toda a paisagem presente no recorte de bacia deve ser levada em consideração, já que todas as ações relacionadas aos recursos hídricos

realizadas a montante até a jusante na bacia hidrográfica possuem ligação indissociável com o ambiente e os que coabitam esse espaço.

O objetivo principal desse trabalho é se pautar na delimitação de Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul, de modo que permita uma análise sistêmica e que as trajetórias das águas fiquem relacionadas com as formas geomorfológicas.

## **2. METODOLOGIA**

O recorte de Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul considera os divisores de água, que em muitos casos deriva de uma barreira geomorfológica ou de um nível de base local. Dessa maneira, há uma convergência do fluxo de água das áreas convexas para côncavas formando o canal principal de acumulação. Diante das diferentes formas metodológicas para se definir uma Bacia Hidrográfica, a proposta da presente pesquisa está pautada na área de abrangência de redes de canais, ou seja, por onde elas drenam morfologicamente.

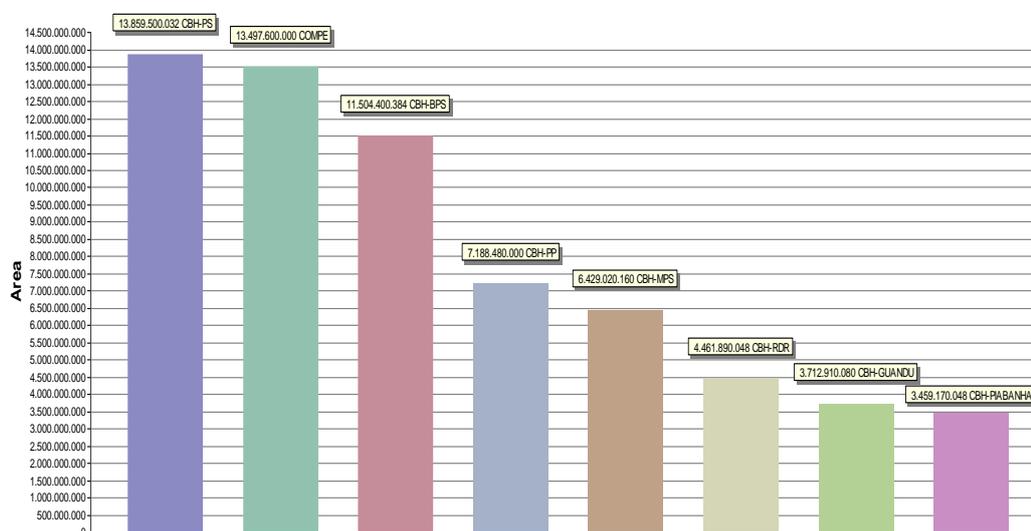
Dessa forma, foi feita a comparação da delimitação da Bacia Hidrográfica da Bacia do rio Paraíba do Sul pelo CEIVAP (gestora da bacia e dos comitês) (CEIVAP, 1999), associada à delimitação proposta pelo Comitê do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana. Verificou-se que o baixo Paraíba delimitava uma área maior que a CEIVAP, o qual foi incorporado à rede hidrográfica 1:250.000 do IBGE 2017 com a delimitação vigente, para compreender a dinâmica dos fluxos de canais ao encontrar o rio principal, o Paraíba do Sul.

Após a análise do caminho preferencial do fluxo, incorporou-se na avaliação da bacia pequenos trechos considerados relevantes para o estudo da bacia. Vale ressaltar que a foz do Paraíba do Sul teve seu curso alterado. Ao invés de encontrar o mar em Atafona como era inicialmente, também passa a ter uma outra saída em Grussaí, em São Francisco do Itabapoana, desde 2019, devido aos processos de erosão e transgressão marinha que acabam por influenciar a foz, sendo incluídos como análise dos critérios da proposta.

A partir da presente proposta de delimitação regional da bacia, foi realizada uma exploração da topografia da bacia associada ao canal de drenagem, para que pudéssemos perceber qual era a sua configuração espacial-geomorfológica. Diante dessa verificação, observou-se que o alto curso da bacia era próximo ao Comitê de Bacia do Alto Paraíba, enquanto o Médio curso corresponde aos Comitês do rio Preto e Paraibuna, Piabanha, Médio Paraíba do Sul e um trecho do Guandu. Por fim, o Baixo curso engloba o Comitê do rio Dois Rios, Pomba e Muriaé e Baixo Paraíba do Sul. Logo, a partir dessa visão e divisão pode-se compreender a presente bacia como um geossistema integrado.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a análise dos resultados obtidos a partir da espacialização e comparação das informações que compreendem a Bacia do Paraíba do Sul, identificou-se que os setes comitês de bacia englobam a delimitação espacial proposta pela Agevap (Figura 1), com exceção do comitê do Guandu que possui 20% de sua delimitação presente na BPS.



**Figura 2-0-1:** Área de abrangência dos comitês de bacias. Fonte: Agevap.

Vale ressaltar que as águas do rio Paraíba do Sul sofrem transposição no médio curso para abastecer a bacia do rio Guandu, conseqüentemente para o abastecimento urbano da região metropolitana do Rio de Janeiro. Segundo o Comitê de Bacia do rio Paraíba do Sul (2019), sua área possui em média

49.529 km<sup>2</sup>, com um número de 184 municípios referentes aos dados fornecidos pela Agevap, que é gestora de todo os comitês e da bacia em questão.

A organização da bacia se caracteriza pela delimitação dos comitês e pela Agevap, que possui o recorte de bacia incorporando os comitês, como pode ser observado na Figura 2. É importante mencionar que a delimitação em vermelho é a proposta desenvolvida por esta pesquisa. Assim sendo, temos três configurações de análise: a dos comitês que trabalham com trechos da bacia, a da Agevap, que a estrutura regionalmente e a proposta indicada, que engloba a bacia em toda sua dimensão hídrica e morfológica, fugindo do recorte de comitês.

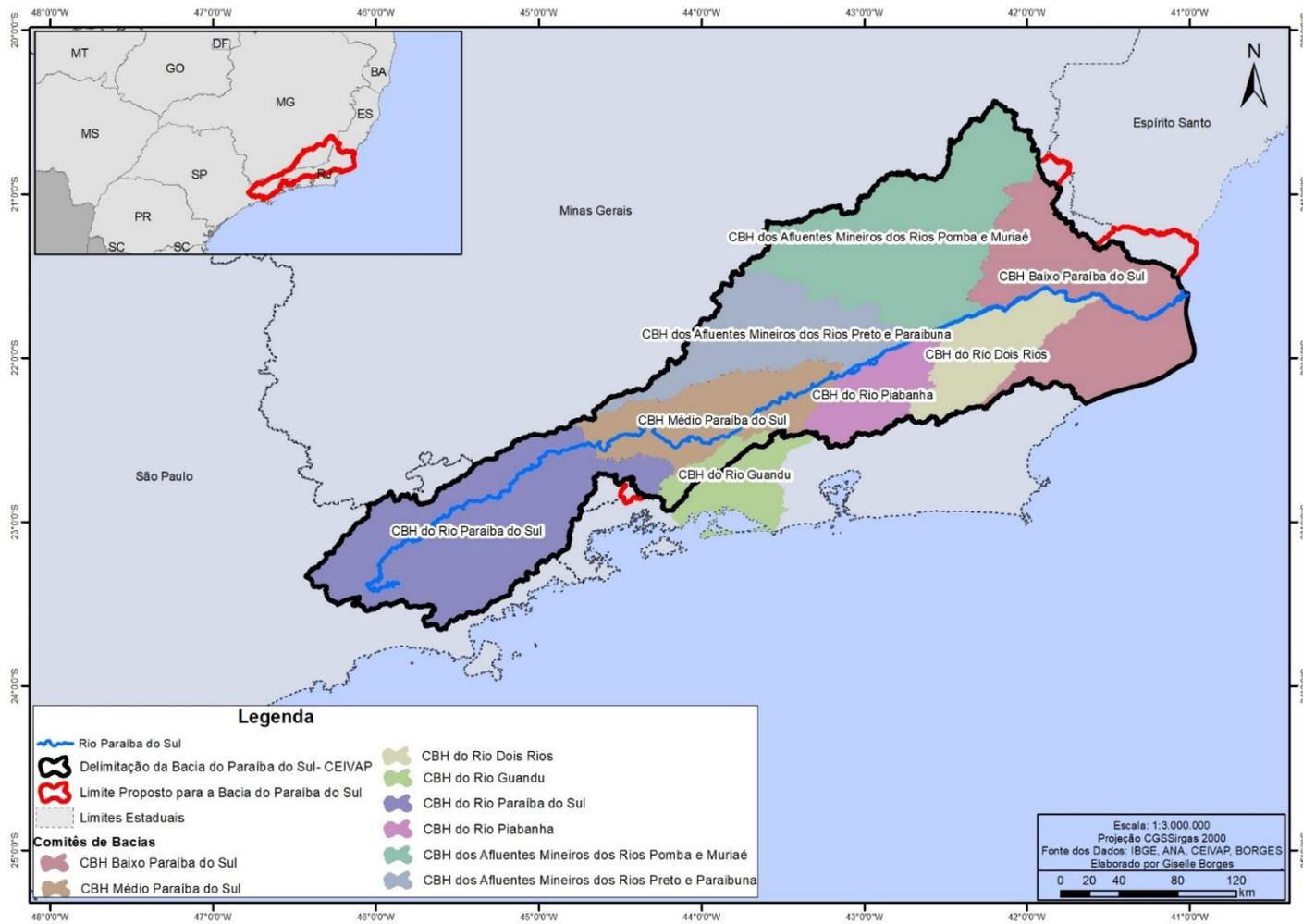


Figura 2-0-2 :Espacialização dos diferentes recortes de bacia e os comitês correspondentes. Fonte: Borges, 2020.

A concepção geográfica da bacia hidrográfica está baseada em uma estrutura geomorfológica e geológica, que passar a sofrer alterações/transformações ao longo do tempo e que promovem uma nova configuração de organização da bacia por suas dinâmicas de ajuste contínuo. Guerra e Cunha (2010) destacam o papel dos divisores de água na delimitação do sistema hidrográfico, com destaque ao relevo, onde a espacialização das drenagens está condicionada aos fatores ambientais de um determinado local. Nesse sentido, os divisores atuam como “barreiras” naturais que orientam o fluxo da água escavando o canal em processo de erosão e acúmulo e conseqüentemente formando os caminhos preferenciais de escoamento.

A partir do escoamento das águas, a hidrografia passa a exercer influência na dinâmica da bacia associada à forma e a estrutura litológica presente. Dessa maneira, a hidrografia indica o caminho das águas até alcançar a foz, sendo o seu direcionamento convergido.

Na figura 3 é possível compreender a trajetória do rio paraíba do sul, associado com seus rios principais, em que é possível observar o direcionamento desses canais para o rio principal, destacando que a delimitação engloba outros trechos de canais, que não foram incorporados na delimitação da Agevap.

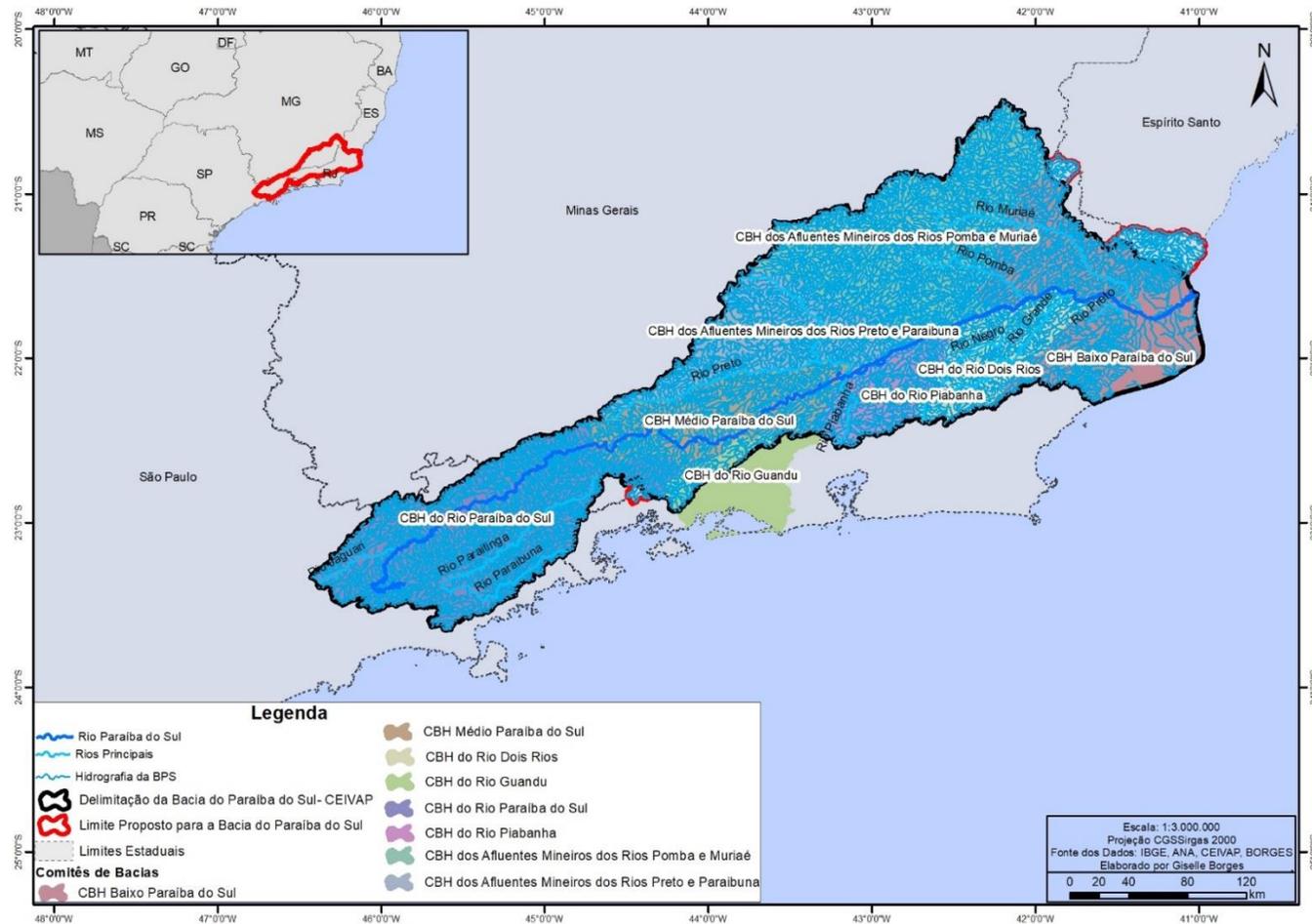


Figura 2-0-3: Hidrografia da bacia com destaque o rio paraíba do sul e seus principais afluentes na delimitação proposta. Fonte: Borges, 2020.

Seguindo a sustentação de que a hidrografia comanda os caminhos de fluxo e escoamento, ao subdividir a bacia em suas áreas de contribuição teremos três subdomínios: alto, médio e baixo curso. Essa proposta de compartimentação da bacia pode ser entendida baseada em Christofolletti (1980), em que as concavidades fluviais se regem em três grandes zonas. A superior (alto curso) se dá a partir do processo de coleta e erosão do canal, formando as cabeceiras pelo entalhamento e regressão dos rios. A intermediária (médio curso) é estruturada pela diferença da zona superior e inferior, de modo a gerar a transição dos sistemas. Já na zona inferior (baixo curso) os canais passam a ter menos energia perdendo sua força de erosão, ganhando visibilidade o processo de deposição e sedimentação de partículas erodidas ao longo do canal fluvial.

Dessa maneira, o perfil longitudinal do canal incorpora o rio principal considerando sua declividade e influência geomorfológica. Na figura 4, é possível observar que a morfologia do relevo ressalta as características em alto, médio e baixo curso da bacia do rio Paraíba do Sul. No primeiro quadrante tracejado, que corresponde ao alto curso, verificamos desníveis altimétricos de 768 m à 678 m caracterizando uma área com topografia elevada e consequentemente com vales encaixados como a zona superior. No segundo quadrante, observa-se uma ruptura em torno de 526 m com uma diversidade topográfica, até alcançar um desnível significativo na faixa de 320 m, considerando a classificação do Christofolletti (1980) como zona intermediária. Por fim, no último quadrante, temos o baixo curso, em que se observa uma variação menos discordante do que no médio curso, pois a altimetria máxima na zona inferior alcança 300m até chegar na foz, com variação amena de 3m a 2 m.

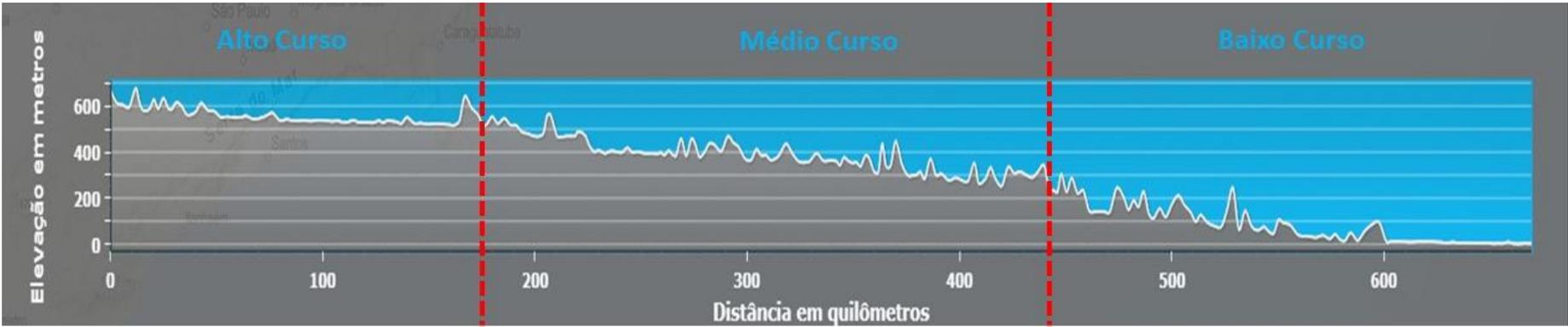


Figura 2-0-4: Perfil Longitudinal de todo o Rio Paraíba do Sul. Fonte: Arcgis Online, 2020.

A partir da distribuição dos comitês de bacia associada à análise do perfil longitudinal e na concepção de bacia como unidade integradora, podemos englobar a BPS em três zonas como já descritas. Na figura 5 podemos observar diferentes tonalidades da cor azul, em que a mais forte corresponde ao alto curso e a mais clara o baixo curso.

Dentro do entendimento de compartimentação da bacia compreendemos que o alto curso incorpora a delimitação do CBH do rio Paraíba do Sul, enquanto o médio curso consiste na junção do CBH Médio Paraíba, do Rio Piabanha, afluentes dos Rios Preto e Paraibuna, incorporando parte do CBH do Rio Guandu e um trecho que corresponde de aproximadamente 10 % do município de Bananal.

Na delimitação proposta, o baixo curso engloba uma área maior do que a considerada pelo Comitê do baixo Paraíba do Sul e Itabapoana. De modo que, os Afluentes Mineiros do Rio Pomba e Muriaé, Rio Dois Rios, o trecho de 30 % do município de São Francisco do Itabapoana, 15 % de cada trecho dos municípios de Varre-Sai e Porciúncula estão sendo incorporados, conforme apresentado na Figura 3.

Essa compreensão, como já mencionada, leva em conta os elementos geológicos, geomorfológicos, topográficos e hidrográficos, compreendendo a Bacia Hidrográfica como um geossistema. Nesse sentido, bacias que extrapolam suas delimitações estaduais tem que ser consideradas como unidade, pois cada jurisdição possui políticas específicas. Vale ressaltar ainda que a água perpassa as barreiras delimitadas, por ser um recurso natural e de múltiplas funcionalidades.

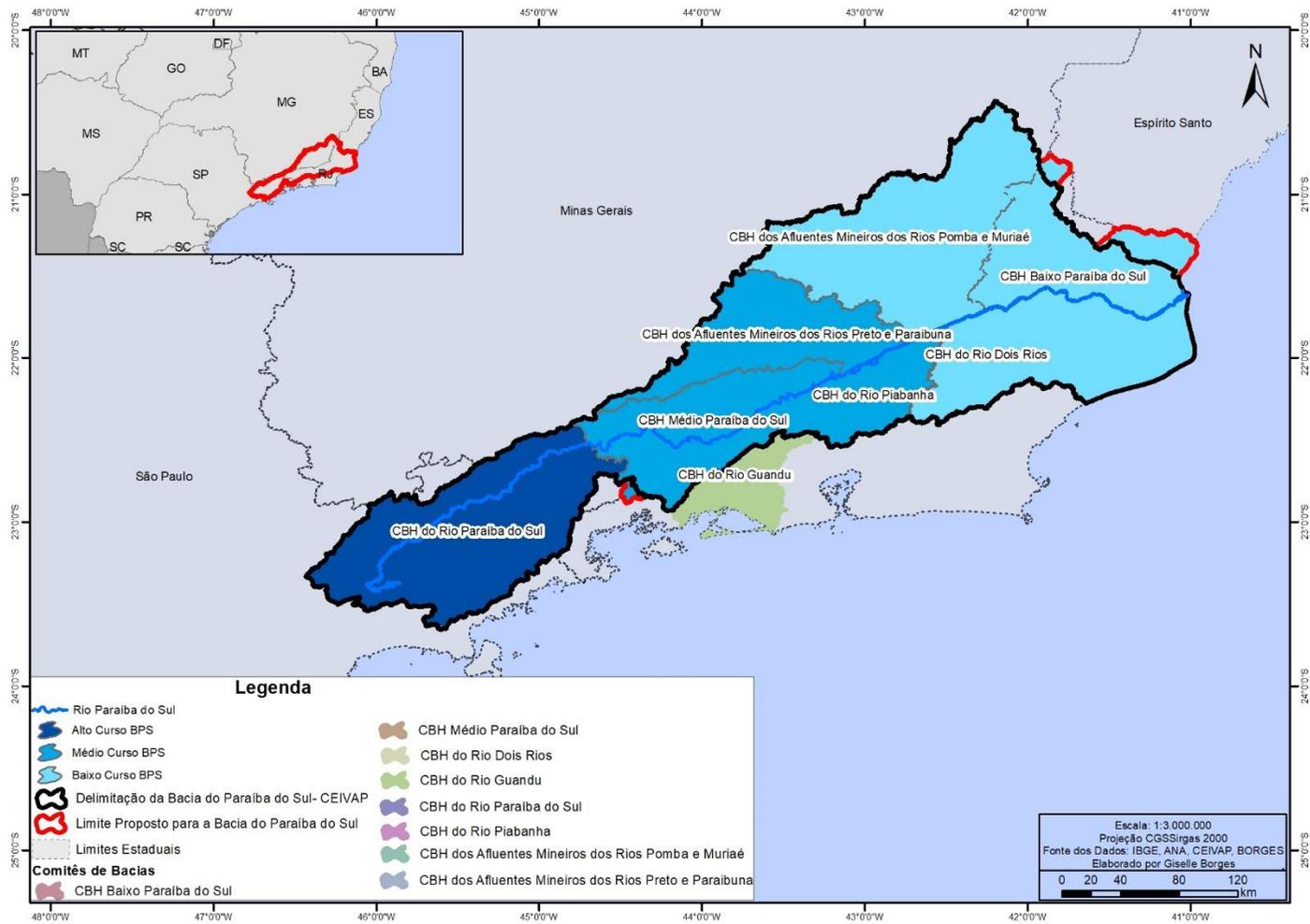


Figura 2-0-5:Caracterização espacial em alto, médio e baixo curso da BPS. Fonte: Borges, 2020.

#### **4. CONCLUSÃO**

É possível considerar que a delimitação proposta no presente estudo permite trazer maior importância aos estudos regionais quando se trabalha em grandes bacias e quando a complexidade que envolve todo o sistema que é abarcada. Do mesmo modo, nota-se a importância do papel das estruturas físicas como a hidrografia, geologia e geomorfologia na compreensão de sistemas integrados, destacando a importância do conhecimento do arcabouço físico que os compõem.

A bacia do rio Paraíba do Sul e seu o papel incluem dimensões administrativas, políticas e econômicas, principalmente pelos os órgãos gestores. Ao explorar as características da bacia e averiguar como os canais fluem de acordo com as suas diferenças altimétricas, acaba sendo necessária uma reestruturação para um melhor entendimento da bacia. Portanto, o domínio dos elementos que integram a bacia auxiliam num melhor entendimento de sua gestão e planejamento quando esta abrange grandes dimensões espaciais.

#### **AGRADECIMENTOS**

O material produzido se deve a pesquisa de doutorado do autor que foi financiado através de bolsa da CAPES, CNPQ, FAPERJ. Bem como, teve o suporte financeiro para que houvesse a realização dos campos o Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGG- UFRJ) e Comitê do Baixo Paraíba e Itabapoana. Como também agradeço a Taiany Marfetan pela ajuda na revisão do texto.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AB'SABER, A. Os domínios de natureza no Brasil - potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

ANA. Agência Nacional de Águas. <https://www.ana.gov.br/aguas-no-brasil/sistema-de-gerenciamento-de-recursos-hidricos/comites-de-bacia-hidrografica/paraiba-do-sul>

ANA. Agência Nacional de Águas. Atlas Esgotos: Despoluição de Bacias Hidrográficas. 2017. Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/snirh-1/atlas-esgotos>>. Acesso em: 28 jan. 2020.

BERTRAND, G.; BERTRAND C. Uma Geografia transversal e de travessias: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades. Maringá: Massoni, 2007.

BRUM, L. B.; NASCIMENTO, F. R. Estudo da água em Geografia: por uma conexão de paisagens e territórios. Acta Geográfica, v.10, n.22, p.126-140. 2016.

CAMPOS, J.D., Cobrança pelo uso da água nas transposições da bacia do rio Paraíba do Sul envolvendo o Setor Elétrico. Tese de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2001.

CAVALCANTI, B. S.; MARQUES, G. G. Recursos hídricos e gestão de conflitos: A bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul a partir da crise hídrica de 2014-2015. Revista de Gestão dos Países de Língua Portuguesa. 2016.

CEIVAP. Projeto Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica – PQA: Bacia do rio Paraíba do Sul. Relatório Executivo: SEPURB/SEDU, PROAGUA/SRH/MA, ANEEL, Brasília. 1999.

COELHO NETTO, A. L. Capítulo 3- Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. (Org.). Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994.

COELHO NETTO, A. L.; Avelar, A. S. O uso da terra e a dinâmica hidrológica. In R. F. Santos (Org.) Vulnerabilidade ambiental: desastres naturais ou fenômenos induzidos? Brasília: Ministério do Meio Ambiente p. 59-73. 2007.

CHRISTOFOLETTI, A. Modelagem de sistemas ambientais. São Paulo: Edgar Blücher, 1999.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. São Paulo: Edgar Blücher, 2ª ed.1980.

CHRISTOFOLETTI, A. Análise de sistemas em Geografia. São Paulo: Hucitec/Edusp: 1979.

PNRH. Política Nacional do Recursos Hídricos. Lei Federal 9.433/97.

GUERRA, Antônio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da (Orgs). Geomorfologia e Meio Ambiente. 3.ed. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 2000. 379p.

HUGGETT, R.J. Geoecology – an evolutionary approach. London: Ed. Routledge, 1995.

- LEFF, H. Epistemologia ambiental. São Paulo: Cortez, 2001.
- MACHADO, P. A. L. Recursos hídricos: direito brasileiro e internacional. São Paulo:Malheiros, 2002.
- MACHADO, G. Por uma territorialização da Bacia Hidrográfica. In: Estudos Territoriais na Ciência Geográfica. Saquet, M. A. (org) Ed. Outras Expressões, p. 107 – 128. 2013.
- MAGALHÃES JUNIOR, A. P.. Indicadores Ambientais e Recursos Hídricos: realidade e perspectivas para o Brasil a partir da experiência francesa. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.
- MONTEIRO, C. A. F. Geossistemas: a história de uma procura. Ed. Contexto (Novas Abordagens - GeoUSP, 3), São Paulo, 2001, 127 p.
- NASCIMENTO, F. R. Categorização de Usos Múltiplos dos Recursos Hídricos e Problemas Ambientais. Revista da ANPEGE, v. 7, p. 81-97. 2011
- PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. Gestão de bacias hidrográficas. Estudos Avançados, São Paulo, v.22, n.63, p.43-60, 2008.
- RIBEIRO, W. C. Geografia política da água. São Paulo: Annablume, 2008.
- RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. A. Planejamento e Gestão Ambiental: subsídios da geocologia das paisagens e da teoria geossistêmica. Fortaleza: Edições UFC, 2013.
- RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P. B. Geocologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental. Fortaleza: Editora UFC, 2004.
- RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. A. A Classificação das Paisagens a partir de uma Visão Geossistêmica. Mercator. Fortaleza. v 1, n. 1, p. 95-112, 2002.
- SHREVE, R. L. Statistical law of stream numbers. Journal of Geology.74, pp.17-37. 1966.
- SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F. Gestão de recursos hídricos: Aspectos Legais,Econômicos, Administrativos e Sociais. Brasília: MMA/SRH, UFV, ABRH, 2000.
- SOTCHAVA, V. B. Por uma teoria de classificação de geossistemas da vida terrestre. São Paulo: Instituto de Geografia, USP, 1978.
- SOTCHAVA, V. B. O Estudo de Geossistemas. Métodos em Questão. São Paulo. n. 16, p. 1-52, 1977.

SOTCHAVA, V. B. Definition de Quelques Notions et Termes de Géographie Physique. Institute de Geographie de la Siberie et Extrem Orient. n. 3, p. 94-177, 1962.

TRICART, J. Paisagem e ecologia. Inter-Facies: escritos e documentos. São José do Rio Preto: Ed. Da UNESP, 1982

TRICART, J. Ecodinâmica. Rio de Janeiro: IBGE/ SUPREN, 1977.

TUNDISI, J. G. Governança da Água. Revista UFMG. Belo Horizonte, v. 20, n.2, p. 222-235, Instituto Internacional de Ecologia de São Carlos. 2013.

WILCOCK, P. R.; MCARDELL, B. W. Surface-based fractional transport rates: Mobilization thresholds and partial transport of a sand-gravel sediment. Water Resources Research. First published. v.29, p.1297-1312. april 1993.

### **Capítulo 3 -Transformações no uso do solo da bacia do rio Paraíba do Sul (SP/RJ/MG): Históricos das modificações Sócio-Econômico-Ambientais**

**RESUMO:** Os sistemas ambientais passam por diversas mudanças ao longo dos ciclos produtivos e econômicos que modificam seus ambientes naturais. As paisagens configuram feições que são visíveis e marcam esses registros históricos e com isso acarretam diversos problemas de cunho socioambiental e de vulnerabilidade, ainda mais quando se analisa o recorte regional de bacia hidrográfica. O objetivo é investigar como as transformações históricas influenciam na atual dinâmica da Bacia do Paraíba do Sul. O desenvolvimento metodológico pautou-se no regaste histórico das principais atividades econômicas presentes na bacia para a elaboração de mapas e tabelas. Além disso, contou também com trabalhos de campo nos municípios que compõem a bacia para a compreensão da paisagem e para identificar as principais feições presentes. Sobre os ciclos econômicos históricos desenvolvidos na região da bacia destacam-se o ciclo canavieiro, que predominou no Norte Fluminense do Rio de Janeiro e na Zona da Mata Mineira, enquanto o café dominou o alto, médio e baixo curso da bacia, com destaque para os municípios de Bananal e Arapeí (SP), Vassouras e Valença (RJ), Ervália e Divino (MG). Os pólos industriais destacam-se em São José dos Campos (SP), Petrópolis (RJ) e Juiz de Fora (MG), como zonas polarizadoras de cidades vizinhas. Essas atividades registraram feições erosivas a partir da retirada de vegetação, ausência de mata ciliar, aumentando assim a quantidade de sedimentos nos canais fluviais e alterando assim a dinâmica da paisagem. Portanto, a BPS possui uma manutenção ambiental natural de grande importância para os municípios que a compõem, apesar das diversas transformações sofridas ao longo do processo histórico pelos ciclos de atividades econômicas desenvolvidas ao longo do trecho espacial de abrangência da bacia.

**Palavras-Chaves: Degradação Ambiental; Resiliência; Paisagem**

## 1. INTRODUÇÃO

As bacias hidrográficas podem ser consideradas como sistemas ambientais abertos e de alta complexidade quando incorporam em seu recorte espacial temáticas referentes às questões econômicas, políticas, ambientais e sociais (HAFF, 2003; MAURO, 2017, TRINDADDE *et al*, 2018). A maioria dos estudos abordando as bacias hidrográficas apresentam sua delimitação vinculada essencialmente ao elemento natural, como o relevo (DANTAS e COELHO NETTO, 2018), de modo que não há uma outra possibilidade de demarcação, tais como as fronteiras, que seriam linhas “imaginárias” que subdividem o espaço geográfico. Sobre o exposto, vale ressaltar que no interior das bacias hidrográficas é muito comum que ocorram ao longo dos anos diversas transformações em sua paisagem, principalmente por conta da ascensão e declínio dos diferentes ciclos econômicos, associando-se principalmente às atividades agrícolas e ao crescimento populacional, que induzem a novas formas denominadas atualmente como sócio-geomorfológicas (ASHMORE, 2015; CHAFFIN e SCOWN, 2017; CALDANA *et al*, 2018;). Esse processo ocorre em diversas bacias de drenagem no mundo, em especial, devido às evoluções de cunho econômico e do desenvolvimento rural-urbano que estão inter-relacionados com as dinâmicas socioculturais locais (URBAN, 2002). De modo que, para entender a conjuntura atualizada em que as bacias se encontram, é necessário buscar o resgate histórico dos processos que a moldaram a paisagem no interior da bacia a ser estudada, a fim de possibilitar entender os efeitos de resiliência, que conseguiram perdurar ao longo das mudanças.

O processo histórico de ocupação da Bacia do rio Paraíba do Sul foi derivado dos diferentes ciclos econômicos que aconteceram em seu interior e nas regiões do entorno, já que a mesma abrange porções dos três estados do sudeste do Brasil com expressivas e diversificadas atividades socioeconômicas: SP, RJ e MG. Após a chegada dos portugueses no Brasil, as primeiras notícias de atividades relevantes na bacia do rio Paraíba do Sul inicia-se no século XVII, com o cultivo da cana-de açúcar em engenhos predominantemente localizados no baixo e médio curso. Já no século XVIII, há um significativo aumento das atividades de mineração e, o que é considerado

como o ciclo mais transformador da paisagem da bacia foi o plantio cafeeiro, passando a ganhar espaço a partir do século XIX (COPPE/UFRJ, 2000; DEVIDE *et al.*, 2014;). O crescimento agrícola neste período fica estreitamente relacionado à produtividade do solo, às demandas do mercado consumidor e à ampliação das áreas de plantio. Deste modo, para que aconteça o desenvolvimento de grandes fazendas de café, muitas delas com mais de mil hectares, há o desmatamento das florestas nativas para a expansão da cafeicultura e garantias de maior rentabilidade. No caso citado, o Sudeste do Brasil foi a região geográfica em que houve a maior redução da área original do bioma da Mata Atlântica (MYERS *et al.*, 2000).

Considerado como primeiro expressivo ciclo econômico da bacia do Paraíba do Sul, a produção de cana-de açúcar se diferenciava por mesclar atividades agrícolas e semi-industriais, por exemplo, os engenhos (OLIVETTE *et al.* 2010; RUÍZ *et al.* 2018). Além disso, foi um ciclo que se caracterizou pelo plantio simultâneo de outros gêneros alimentícios e também atividades de mineração na porção de Minas Gerais. Ocorreram ainda neste período as aberturas de estradas e acessos, com a fixação de núcleos habitacionais ao longo dessas rotas. Tais estradas foram sendo implementadas através da morfologia de colinas e montanhas da região, como as serras da Bocaina, do Mar e da Mantiqueira e que deram proximidade ao litoral para permitir o escoamento da produção mineral.

Contudo, sem nenhuma dúvida, o evento responsável pela transformação mais vasta da paisagem da bacia do rio Paraíba do Sul se deu durante o Ciclo do Café, que se iniciou em meados do século XVIII e se estendeu até o final do século XIX. É importante destacar que no Vale do Paraíba houve o ápice de produtividade de café entre 1850 e 1870, expandindo a área de produção no Brasil e exportação para o mundo (COELHO, 2012; DEVIDE *et al.*, 2014). A maior produtividade do café no Vale do Paraíba ficou associada ao eixo RJ-SP, no médio vale da bacia, com características geomorfológicas de “Mares de Morro” descritos por Ab’Saber (1966). No médio vale as originais condições do ambiente da bacia propiciaram temperaturas amenas, influenciadas pela cobertura florestal de Mata Atlântica associada às Serras do Mar e da Mantiqueira, que favoreceram nesse curto período (20 anos

apenas) o pico de produtividade dos cultivos (DANTAS e COELHO NETTO, 1996). Nesse período ocorre maior acréscimo do contingente de escravos, gerando maior quantidade e mobilização de população para a bacia do Paraíba do Sul e seu entorno.

Devido à ampliação da produção de café desta região do vale, ocorreu uma expansão da ocupação do espaço, incrementada principalmente com a chegada da locomoção ferroviária entre 1870 e 1880 em direção ao médio curso da bacia. Além disso, com o manejo precário dos plantios de café e o desmatamento para ampliação das áreas plantadas houve, conseqüentemente, acentuada exposição dos solos sem cobertura vegetal, intensificando a ocorrência dos processos erosivos (DANTAS e COELHO NETTO, 1996, RUÍZ *et al*, 2018;). Com o fim da escravidão, acompanhada pelas crises econômicas mundiais e o esgotamento do solo devido ao sobre-uso, o café atinge franco declínio no final do século XIX. Diante dessa nova configuração agro-econômica, ocorreu o declínio das áreas de plantio e o empobrecimento dos solos, que deu lugar a implementação de pastagens extensivas para criação de gado bovino.

O gado passa a ganhar espaço a partir da necessidade de produção leiteira e de corte. Aliado a isso, houve o corte raso da floresta e a prática das queimadas (RUÍZ *et al*, 2018), fazendo com que os solos se degradassem ainda mais, já há processos erosivos vinculados às características de relevo e suas heranças geomorfológicas. Nesse sentido, para a criação de gado extensivo, a vegetação rasteira é essencial para seu desenvolvimento, pois a gramínea serve de alimento e, ao mesmo tempo, intensifica os processos erosivos: erosão laminar, ravinamentos e voçorocamentos (DANTAS e COELHO NETTO, 2018). Cabe ressaltar, que estes processos estavam associados aos ciclos pretéritos e foram intensificados devido à queima da vegetação e do contínuo de desmatamento dos fragmentos florestais.

Entre o final do século XIX e início do século XX, inicia-se o processo de industrialização no país, coincidindo com o término do ciclo do café na bacia do Paraíba do Sul, em torno de 1920 e agravado pela crise de 1929. As fazendas ficaram praticamente abandonadas e nos núcleos urbanos maiores começaram a ser implantadas indústrias (IBGE, 2016). O crescimento desse processo foi

maior em São Paulo, sendo acompanhado pelos remanescentes do setor cafeeiro. A partir de 1920, há a migração das indústrias têxtil e de calçados do Rio de Janeiro (Estado da Guanabara) para São Paulo (MAMIGOANIAN, 1974; IBGE, 2017; OLIVEIRA, 2018). Já Minas Gerais passou a ter maior destaque no seu processo de industrialização na década de 1940, sendo o terceiro setor industrial do país (DIAS, 2019). Vale ressaltar que atualmente essa configuração industrial e do agronegócio se expandiu para outros estados brasileiros.

Os ciclos econômicos pós-escravatura que se sucederam na bacia do rio Paraíba do Sul atraíram mão-de-obra para o mercado de trabalho em concomitância ao crescimento populacional e de centros urbano-industriais, sendo os principais: São Jose dos Campos, Taubaté, Guaratinguetá, Resende, Volta Redonda, Campos dos Goitacazes e Juiz de Fora. Esse crescimento demográfico veio a ocorrer sem planejamento, em muitos casos próximos aos canais fluviais, ocupando os lugares das matas ciliares e das planícies de inundação. Com o encarecimento do solo urbano e o aumento da especulação imobiliária, passou-se a ocupar as encostas (geralmente em construções precárias), antes áreas florestadas ou agropecuárias (DANTAS e COELHO NETTO, 2018; RUÍZ *et al*, 2018; RODRIGUES e ROSS, 2020). Além desses amplos centros urbanos, é importante salientar que a Bacia do rio Paraíba do Sul possui diversas barragens na trajetória do curso principal e alguns tributários relevantes, bem como a transposição de suas águas para a Bacia do rio Guandu (Rio de Janeiro) e para o reservatório Atibainha (São Paulo). Deste modo, os há uma mescla de ocupações e remanescentes florestados na bacia, que apresentam relevante importância ambiental para a região sudeste, seja pela ótica social e econômica, bem como suas funções ecológicas, com serviços ambientais de recarga hídrica, regulação atmosférica, incorporação de nutrientes e proteção dos solos.

Fica evidente que os processos históricos moldaram e reconfiguraram o espaço geográfico relacionado a bacia, e por isso, torna-se necessário compreender as alterações que proporcionaram as mudanças nas diferentes paisagens. Todavia, ao se tratar de uma bacia com elevado grau de desmatamento, cortes nas encostas, abertura de estradas, adensamento

populacional, usos industriais e agropecuários, inúmeros problemas acabam sendo gerados, em especial: inundação, movimentos de massa, processos erosivos e expressiva contaminação da água. Assim, atualmente, a região pode ser considerada em vulnerabilidade socioambiental, tendo em vista principalmente a inviabilização de sustentabilidade ecossistêmica dos fragmentos florestais, ou seja, impactados e passíveis de degradação pelas transformações já apontadas.

Por outro lado, os melhores remanescentes de floresta, em geral unidades de conservação (UCs), apresentam importantes contribuições para os chamados Serviços Ambientais: serviços que os ambientes “naturais”, fornecem de modo gratuito ao espaço geográfico, sendo que estes foram “antropizados” e/ou sociogeomorfologicamente alterados/transformados. Neste sentido, é importante considerar como e quando quantificar ou valorar esses serviços, desenvolvidos por longos séculos de metamorfose histórico-ambiental. Apesar das inúmeras modificações geossistêmicas, a bacia hidrográfica se reconfigura, marca as paisagens, sobrevive e se reestrutura fornecendo subsídios de cunho ecológico.

Diante do que foi exposto, os processos de uso e exploração da BPS aconteceram por longos períodos e ao longo de diversos governos, de modo que os impactos muitas vezes se mascararam frente ao crescimento populacional e de urbanização. Devido à ampla dimensão espacial da bacia e suas diferentes políticas e gestões, observa-se uma complexa relação dos componentes vinculados às questões hídricas, de ocupação, desenvolvimento agropecuário e industrial, que ainda hoje impactam os ambientes naturais, relacionados diretamente com a produtividade e a saúde sócio-ambiental. Desta maneira, a bacia hidrográfica, em especial a BPS, possui uma relevância estratégica, por estar inserida nos três maiores Estados do Sudeste e também por ser uma bacia com grande potencial para abastecimento hídrico nos diferentes segmentos que a compõem. O objetivo central do presente trabalho é destacar como as modificações na bacia hidrográfica deixam heranças na paisagem que marcam ciclos produtivos assim como geram alterações ambientais. Busca-se utilizar a BPS como estudo de caso desse trabalho, para mostrar como os estudos regionais são complexos, demorados e custosos,

principalmente devido à necessidade financeira para a realização de levantamentos de campos que dão suporte para compreensão de sua dimensão e dinâmica espaço-temporal.

## **2. METODOLOGIA**

O desenvolvimento do trabalho foi realizado através de uma revisão teórica sobre a Bacia do Paraíba do Sul, bem como trabalhos de campo e identificação das transformações paisagísticas. Inicialmente, foi realizado o resgate histórico sobre os principais ciclos econômicos desenvolvidos na Bacia do Paraíba do Sul, identificando sua temporalidade, de modo a possibilitar os resgates das principais indústrias que compõem a bacia, a fim de que fosse possível quantificar e espacializar essas informações. Devido a vasta dimensão da bacia, com cerca de 56.500 km<sup>2</sup>, foi adotada a escala de 1:250.000 como referência para espacialização e análise dos dados coletados. A análise das atividades econômicas foi elaborada por meio dos dados obtidos em relatórios do CEIVAP (Comitê da BPS), que foram organizados em formato de tabela por estado, município, tipo de atividade e total de estabelecimentos para permitir a efetuação de cálculos e determinação de parâmetros das informações trabalhadas. Dessa maneira, possibilitou o desenvolvimento de tabelas e produção de mapas em SIG. Vale ressaltar que, devido à falta de padronização dos símbolos cartográficos, optou-se pela escolha de simbologias similares às atividades listadas, para a compressão das indústrias ao longo da bacia.

Posteriormente, foram realizadas campanhas de levantamentos de campo abordando o alto, médio e baixo curso da bacia, de modo a permitir a compreensão da atualidade em que se encontram os diferentes geossistemas. Para isso, foram definidos diferentes trajetos de observação (Figura 1), percorridos em estradas principais e vicinais da bacia, com acompanhamento de GPS para que o trajeto fosse mapeado. As informações levantadas puderam ser transpostas para um Sistema de Informações Geográficas (SIG), que possibilitou a produção de mapas. Dessa maneira, foram realizadas 12 visitas a campo ao longo de cerca de 4 anos de trabalho, percorrendo praticamente toda a BPS e atravessando mais de 100 municípios, desde sua nascente até a foz. A fim de serem elaborados o diagnóstico da bacia e uma

análise geoambiental ao longo das trajetórias percorridas, foi sendo produzido em campo o registro fotográfico e anotações em caderneta, sempre associadas às coordenadas geográficas. Assim, foram identificados pontos de análise dentro do recorte espacial da BPS, que deram os subsídios para a produção espacial dos mapas e identificação das problemáticas presentes na bacia.

O trabalho catalogou 822 pontos de análises de campo, a fim de facilitar uma síntese para a compreensão de como se encontra a situação geossistêmica da bacia. Estes pontos foram subcategorizados em alto, médio e baixo curso, e observou-se que 162 pontos foram obtidos na área que corresponde ao alto curso, enquanto no médio curso foram coletados 246 e por fim no baixo curso se concentra o maior número de pontos, 414, proporcional a maior área dos cursos, conforme podemos analisar a partir da Figura 2. Das zonas determinadas e que foram possíveis coletar pontos, imagens, informações e observações, a quantidade de pontos coletados possibilitou uma visão integrada das diferentes partes da bacia. Dessa maneira, o alto curso é a menor área se comparada ao médio e baixo curso.

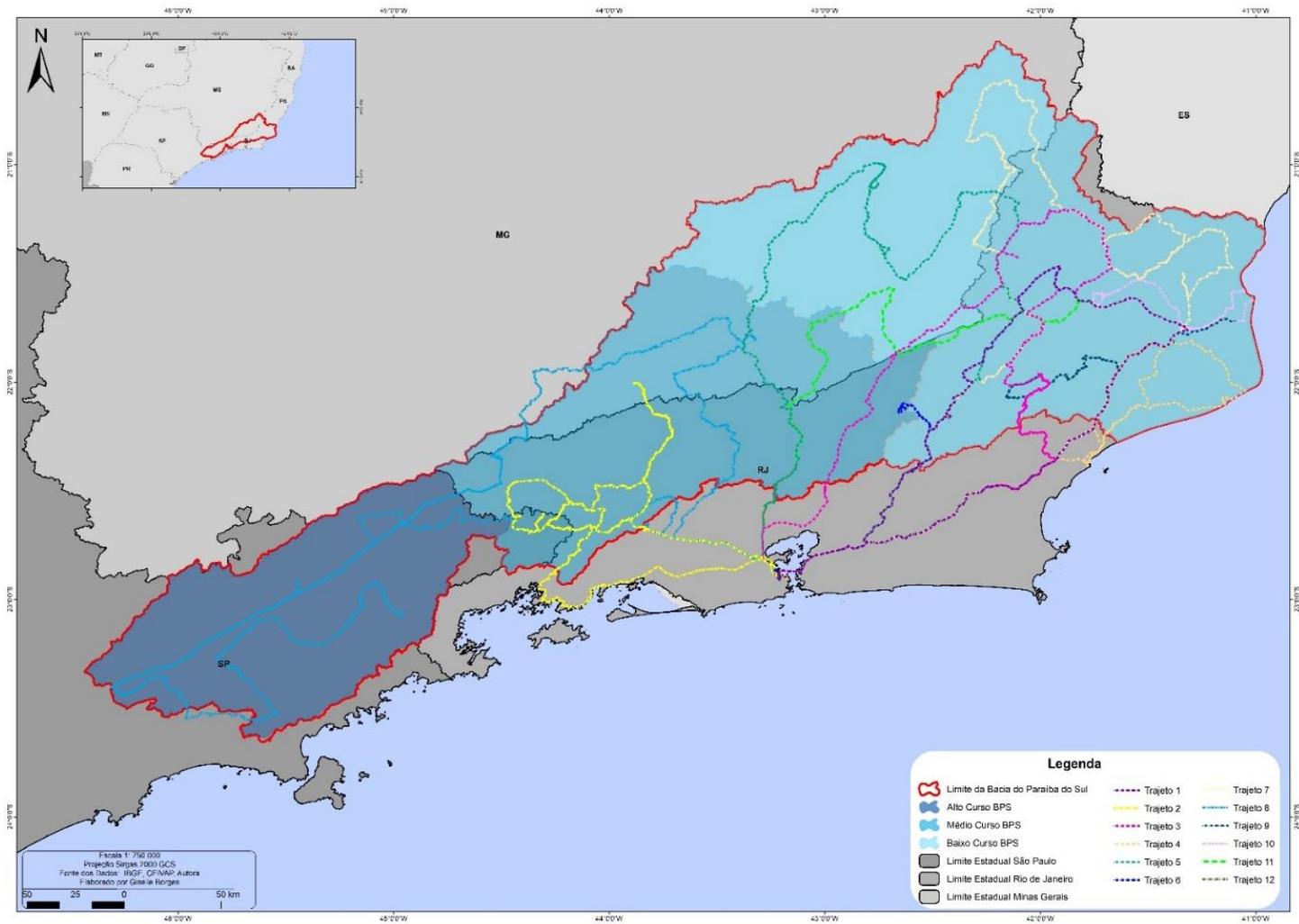


Figura 3-0-1: Mapa dos trajetos de campos percorridos na Bacia do Paraíba do Sul de 2017 a 2020. Fonte: Borges, 2021.

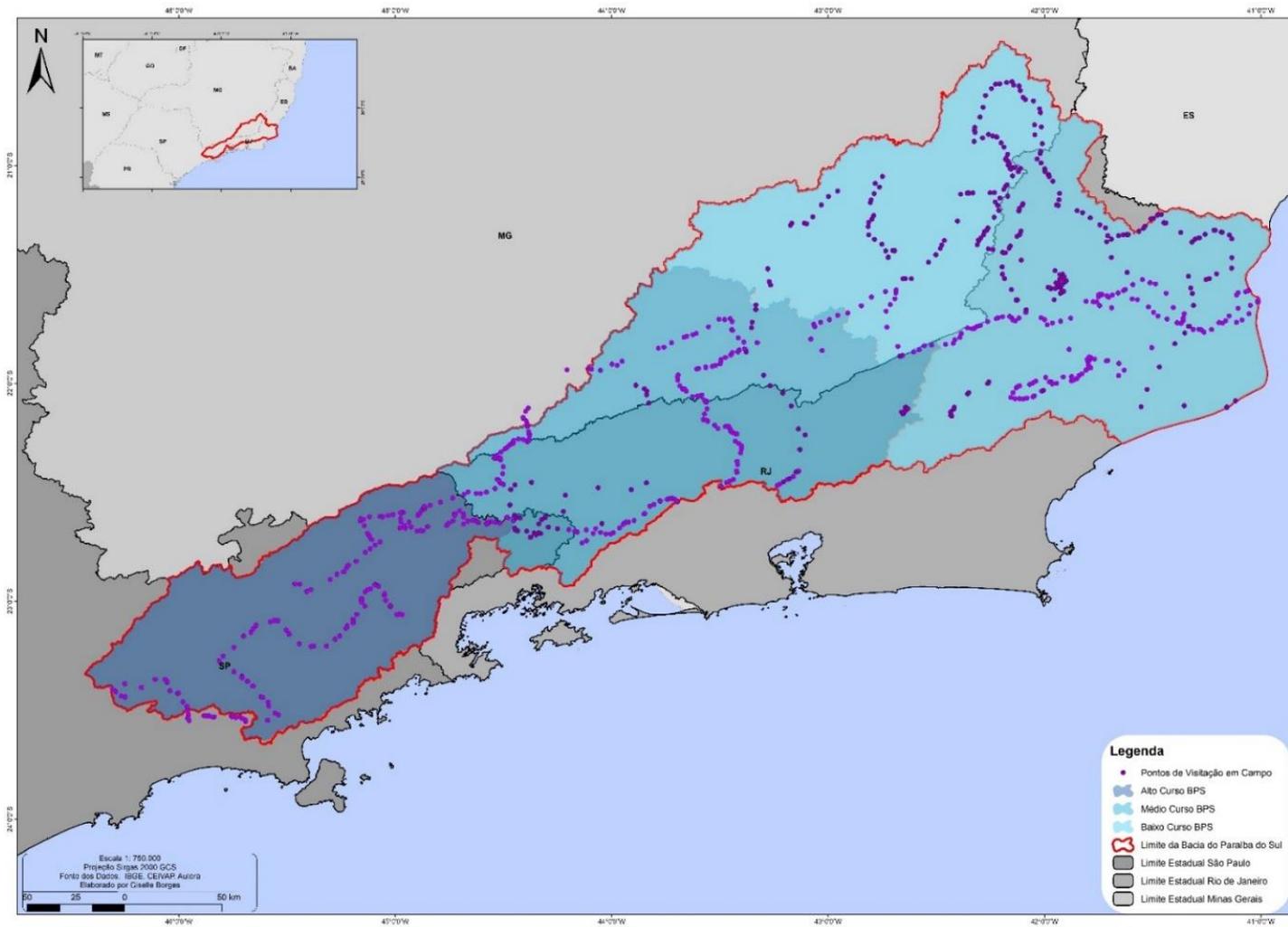


Figura 3-0-2: Mapa de pontos percorridos em toda Bacia do Paraíba do Sul. Fonte: Borges, 2021.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1. *Variações dos ciclos produtivos*

Analisando as informações históricas fica bastante claro que a Bacia do Paraíba do Sul passou por transformações marcantes de caráter ambiental, econômicas e sociais, através de processos transicionais. Essas transições atuaram principalmente em seu desenvolvimento econômico, porém de modo espacialmente heterogêneo, migrando do ciclo da cana-de-açúcar, mineração, café, pecuária. A partir desses ciclos, começa localmente o desenvolvimento industrial propriamente dito, que se iniciou no Estado do Rio de Janeiro, sendo seguido por São Paulo e Minas Gerais. Esse processo industrial trouxe características essenciais para o desenvolvimento urbano (crescimento desordenado de cidades), concomitante a concentrações econômicas e acentuação da degradação ambiental na bacia, de modo a delimitar significativas interferências antrópicas na paisagem.

No primeiro ciclo estudado, a produção nas fazendas e engenhos de cana produziu a derivação em diversos bens comerciais de relevante valor de mercado, como o açúcar, cachaça e etanol. Sem dúvida, foi a primeira das transformações mais amplas da bacia, principalmente em seu baixo curso (região da baixada campista), que foi parte do importante ciclo agrário de toda a zona litorânea do país. Deste modo, no estado do Rio de Janeiro houve o predomínio do plantio e beneficiamento de cana-de-açúcar dos municípios de Campos dos Goytacazes, São Francisco do Itabaponana, São João da Barra, Quissamã, Cardoso Moreira, Carapebus, São Fidélis e Santo Antônio de Pádua. Assim, esses municípios da região norte fluminense se destacaram muito, principalmente durante o século XVIII nesse tipo de produção. Em Minas Gerais, a chamada “região da zona da mata mineira” é a que apresenta maior área na BPS. No que se refere à atividade canavieira em MG, se destacam os municípios de Cataguases, Juiz de Fora, Ubá, Muriaé e Carangola. Bem menos expressivo ocorreu no estado de SP, onde o cultivo de cana no interior do trecho paulista da bacia, houve somente ocorrências do ciclo de cana com destaque no município de Lorena.

O Ciclo do Café representou a principal transformação dentro da BPS, sendo a atividade agrícola que possibilitou o maior enriquecimento do país até o século XIX, influenciando os subseqüentes desenvolvimentos urbano, industrial e econômico para além da BPS, mas foi também o responsável pelo avanço da degradação dos ambientes naturais. No ciclo do café o médio curso da BPS foi o trecho que teve o maior desempenho, em especial, na junção dos setores paulista e fluminense da bacia. Dessa maneira, destacam-se em SP os municípios de Arapéi, Areias, Bananal, Queluz, São José do Barreiro e Silveiras como maiores produtores de café no trecho correspondente ao Vale do Paraíba em São Paulo. No Estado do Rio de Janeiro tiveram maior relevância os municípios de Resende, Vassouras, Valença e Cantagalo. Pouca significância é atribuída ao setor mineiro da BPS, porém há relatos de alguma produtividade de café nos municípios de Coronel Pacheco, Divino e Ervália.

### *3.2 Variações dos ciclos industriais*

As atividades industriais de maior destaque aconteceram após o declínio da atividade cafeeira, em que a industrialização passou a ganhar força no sudeste brasileiro, principalmente devido ao acúmulo de capital e infraestrutura de transportes e energia possibilitados pelo ciclo econômico anterior, da produção de café. Na Figura 3, é possível observar as principais indústrias subdivididas por Estado dentro da delimitação da BPS. É possível observar que o processo industrial se desenvolveu por toda bacia desde o alto até o baixo curso, configurando algumas zonas de destaque como o noroeste paulistano, noroeste, centro e nordeste carioca e o sudeste mineiro.

Na BPS observa-se a predominância de doze tipos de indústrias, sendo elas: Metalúrgicas, Alimentos e Bebidas, Química, Têxtil, Minerais não metálicos, Madeira e Mobiliário, Borracha, Fumo, Couro, Extrativa Mineral, Papel e Gráfica, Material de Transporte, Mecânica e Calçados, conforme observamos na Figura 4. Há destaque para os Estados do Rio de Janeiro, com 2.638 indústrias, seguido por Minas Gerais, com 2.014 e São Paulo, com 1.102. Dessa maneira, podemos afirmar que ocorre uma atividade industrial forte em toda bacia, com um total de 5.754 estabelecimentos industriais, assim, podemos salientar a importância dos recursos naturais para a manutenção

desse tipo de atividade, que engloba aspectos sociais, econômicos, políticos e ambientais a fim de fornecer suporte para os centros urbanos e industriais regionais.

Os Estados citados também possuem indústrias características de sua região, ou seja, que estão presentes no seu espaço geográfico, por exemplo: em Minas Gerais, dentre os estados da bacia, é o único que tem atividade industrial voltada para a Mecânica e também indústria de Calçados. O Rio de Janeiro e Minas Gerais possuem relevâncias manufatureiras em Papel e Gráfica e Material de Transporte, diferentemente de São Paulo (Figura 4). No Rio de Janeiro, há destaque para as atividades de Alimentos e Bebidas, que possuem uma atuação mais forte comparada com os outros estados da BPS. Vale ressaltar que o Estado Minas Gerais é o grande produtor na indústria têxtil, se analisadas e comparadas à produção no Rio de Janeiro e São Paulo.

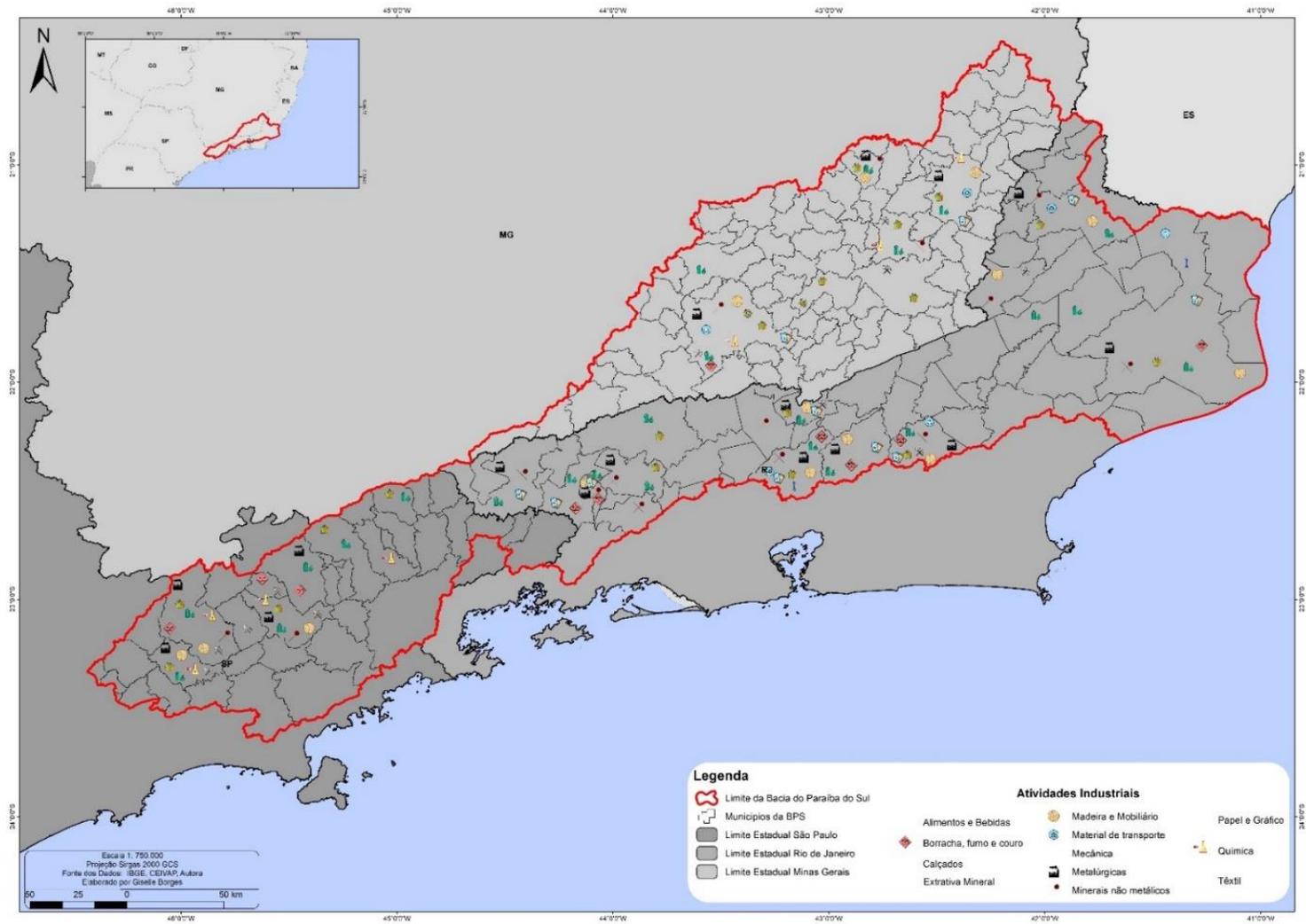
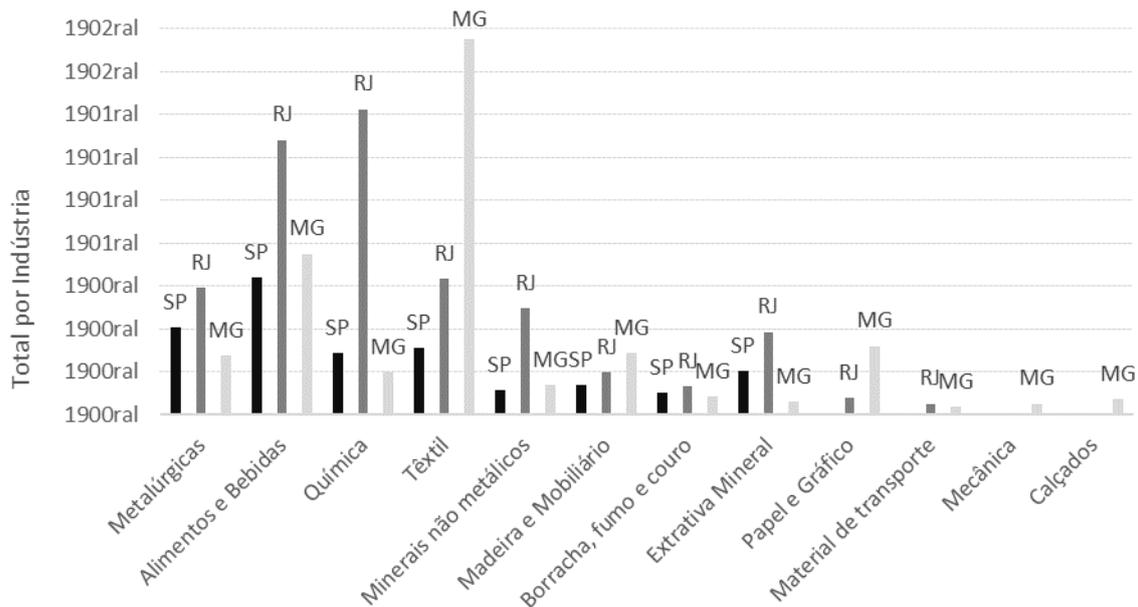


Figura 3-0-3:Espacialidade das principais atividades industriais na Bacia do Paraíba do Sul por Estado. Fonte: Ceivap, adaptado por Borges, 2021.



**Figura 3-0-4:**Variação dos tipos de indústrias que predominam por estado. Fonte: Fonte: Ceivap, adaptado por Borges, 2021.

Continuando a categorização da bacia por sua diferença estadual, observa-se que em São Paulo nove municípios se destacam pela concentração de atividades industriais, sendo eles São José dos Campos, Taubaté, Jacareí, Pindamonhangaba, Guaratinguetá, Cruzeiro, Tremembé, Lorena e Caçapava. Vale ressaltar que São José dos Campos possui todas as 8 tipologias industriais, ou seja, 38% do total, podendo ser considerado um pólo de desenvolvimento na região, seguido de Taubaté com 21,23 % e Jacareí com 15,88 %.

No Estado do Rio de Janeiro, quinze municípios se evidenciam industrialmente: Petrópolis, Nova Friburgo, Campos dos Goytacazes, Itaperuna, Volta Redonda, Três Rios, Teresópolis, Barra do Piraí, Resende, Santo Antônio de Pádua, Barra Mansa, Valença, Piraí, Paraíba do Sul, São Fidélis e Itaocara. Das 10 indústrias presentes no estado, estes municípios possuem 9 delas, seguidos por quantidade total de indústrias, sendo: Petrópolis, com 31,58%, Campos do Goytacazes, com 16,68% e Nova Friburgo, com 11,26%. Com 7 tipos industriais, temos Volta Redonda com 8,34% e Itaperuna com 6,82%. Assim sendo, consideramos que são estes os 5 municípios mais influentes dentro da bacia na porção fluminense.

Minas Gerais detém 12 categorias industriais com sete municípios atuantes: Juiz de Fora, Muriaé, Visconde do Rio Branco, Cataguases, São João do Nepomuceno, Leopoldina e Santos Dumont. Vale destacar que o Estado possui um cenário diferente se comparado aos outros estados, uma vez que Juiz de Fora detém todas as variações industriais e é o maior destaque industrial em toda bacia. Só em Minas, possuem 67,38% de influência industrial, e conseqüentemente econômica, social e também de impactos ambientais, seguido por Muriaé, com 16,04 %, Visconde do Rio Branco, com 5,26% e Cataguases, com 4,87 %. Dentre os municípios totais dos Estados presentes na BPS destacam-se Juiz de Fora, São José dos Campos, Petrópolis e Campos dos Goytacazes como regiões influentes economicamente e que conseqüentemente geraram mudanças ambientais para acomodar as atividades propostas, como pode ser observado na Figura 5.

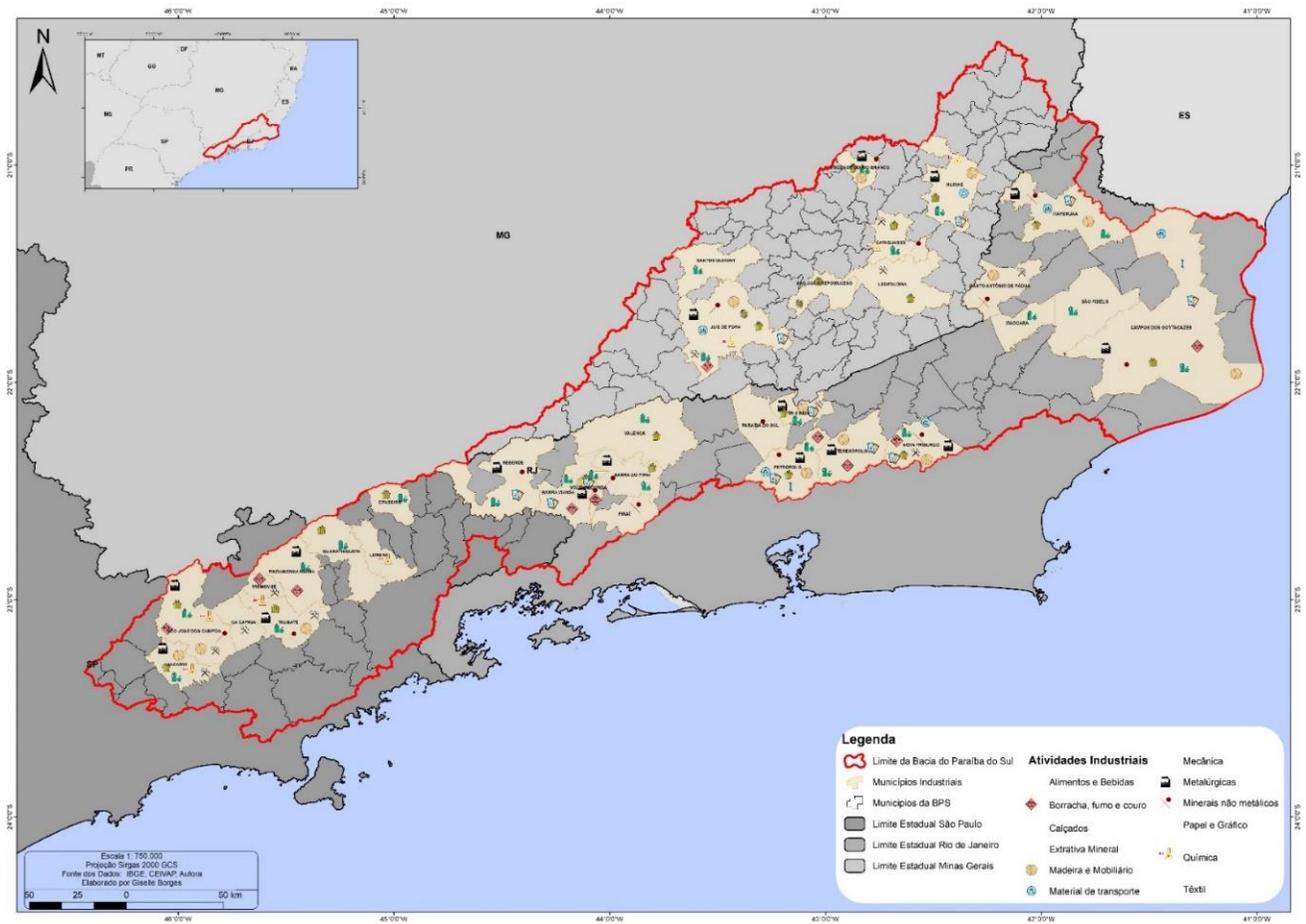


Figura 3-0-5:Espacialização industrial dos municípios com maior relevância econômica presente na BPS. Fonte: Ceivap, adaptado por Borges, 2021.

### 3.3. Trajetórias na Bacia do Paraíba do Sul

Conforme já mencionado, a Bacia do Paraíba do Sul corresponde a uma área de aproximadamente 56.500 km<sup>2</sup>, interconectando diferentes políticas, economias e relações sociais entre os estados do sudeste. Os caminhos percorridos em campo nesse trabalho (Figura 1 e 2) foram necessários para compreender como esse sistema ambiental se encontra hoje diante das diversas transformações sofridas temporalmente e espacialmente. Os trajetos foram subdivididos em alto, médio e baixo curso da BPS, para melhor compreender a visão espacial. É importante salientar que todos os trajetos incorporam trechos da bacia. Devido a sua dimensão espacial e ao alto custo do campo, mas para melhor identificar as atividades e alterações espaciais, optou-se em separar as áreas por cursos da Bacia. O trajeto 1 foi realizado de modo a ter uma visão geral de como se encontrava parte do médio e baixo curso da bacia, e para entender as funções geomorfológicas e econômicas da região.

Os trajetos 2 e 8 correspondem em grande parte aos municípios que abrangem o alto curso da bacia, ou seja, a nascente do rio Paraíba do Sul, que ocorre na Serra da Bocaina no Estado de São Paulo. Os municípios visitados podem ser vistos na Tabela 1. É importante destacar que esse trecho é o recorte que possui menos municípios e todos dentro do mesmo estado.

**Tabela 3-0-1:** Municípios percorridos para análise do alto curso da Bacia. Fonte: Borges, 2021.

<b>Estado de São Paulo</b>		
<b>Municípios</b>		
Arujá	Jacareí	Pindamonhangaba
Mogi das Cruzes	São José dos Campos	Roseira
Guararema	Caçapava	Aparecida
Salesópolis	Taubaté	Guaratinguetá
Paraibuna	São Luís do Paraitinga	Lorena
Jambeiro	Lagoinha	Piquete
Cunha	Canas	Silveiras
Santa Isabel	Queluz	Lavrinhas
Cachoeira Paulista	Areias	Redenção da Serra
Cruzeiro	São José do Barreiro	Santa Branca

Priorizou-se áreas não-urbanas na escolha dos caminhos, para que se pudesse ter a análise geoambiental da totalidade do alto curso da bacia. Foram visitados 30 municípios, sendo que o alto curso corresponde a 37 municípios e apenas 7 não fizeram parte do percurso. Os que não puderam ser contemplados foram: Guarulhos, Igaratá, Monteiro Lobato, Tremembé, Potim, Natividade da Serra e Itaquaquetuba.

Já os trajetos 2, 3, 6, 7, 8 e 11 correspondem ao médio curso da bacia dentro da delimitação proposta e englobam municípios do estado de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, conforme apresentado pela lista da Tabela 2. Neste trecho da Bacia estão inseridos 54 localidades em sua totalidade.

**Tabela 3-0-2:** Municípios percorridos para análise do médio curso da Bacia. Fonte: Borges, 2021.

<b>SP</b>	<b>RJ</b>	<b>MG</b>
<b>Municípios</b>		
Bananal	Itatiaia	Bocaina de Minas
Arapeí	Resende	Bom Jardim de Minas
	Porto Real	Olaria
	Barra Mansa	Lima Duarte
	Rio Claro	Juiz de Fora
	Volta Redonda	Bicas
	Pinheral	Maripá de Minas
	Piraí	Pequeri
	Mendes	Mar de Espanha
	Barra do Piraí	Chiador
	Valença	Guarará
	Engenheiro Paulo de Frontin	Rio Preto
	Miguel Pereira	Santa Bárbara do Monte Verde
	Paty de Alferes	Matias Barbosa
	Rio das Flores	Simão Pereira
	Comendador Levi Gasparian	
	Três Rios	
	Areal	
	Petrópolis	

	Teresópolis	
	Sumidouro	
	Carmo	
	Sapucaia	
	São José do Vale do Rio Preto	
	Vassouras	

No trecho de São Paulo, os dois municípios que fazem parte do médio curso foram percorridos. A fração que corresponde ao Rio de Janeiro é integrada por 27 áreas, entretanto, apenas duas zonas não foram inspecionadas: Quatis e Paraíba do Sul. A parte de Minas Gerais é composta por 25 municípios no trecho do médio curso, em que 15 localidades foram analisadas, como pode ser visto na Tabela 2. Não foram visitados os seguintes municípios: Passa-Vinte, Santa Rita do Jacutinga, Antônio Carlos, Santa Rita de Ibitipoca, Bias Fortes, Pedro Teixeira, Chácara, Santana do Deserto, Ewback da Câmara e Belmiro Braga.

Os trajetos 2, 4, 7, 8, 9, 10 e 11 correspondem ao baixo curso da bacia e remetem a maior parte dos municípios da BPS. Esse trecho da bacia é o que possui o maior número de municípios, totalizando 92 áreas. Só no estado de Minas Gerais se localizam 63 desses municípios, conforme apresentado na Tabela 3.

**Tabela 3-0-3:** Municípios percorridos para análise do baixo curso da Bacia. Fonte: Borges, 2021.

<b>RJ</b>	<b>MG</b>
<b>Municípios</b>	
Nova Friburgo	Coronel Pacheco
Bom Jardim	Piau
Duas Barras	Tabuleiro
Cordeiro	Rio Pomba
Macuco	Piraiba
Cantagalo	Tocantis
Traiano de Moraes	Ubá
Santa Maria Madalena	Visconde do Rio Branco
Conceição de Macabu	Guricema
Carapebus	Guidoval
Quissamã	Rodeiro

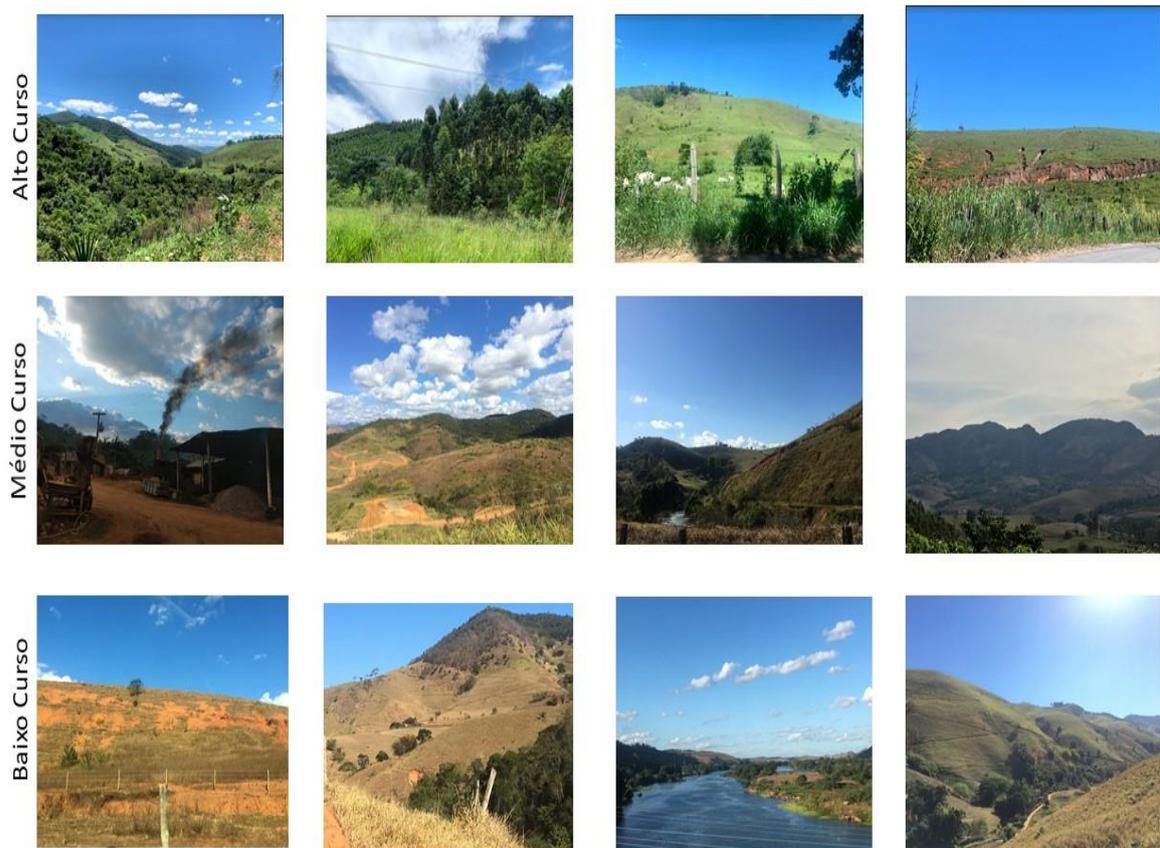
São Sebastião do Alto	Astolfo Dutra
Campos dos Goytacazes	Dona Eusébia
São João da Barra	Cataguases
São Francisco do Itabapoana	Leopoldina
Cardoso Moreira	Argirita
Italva	Além Paraíba
São Fidélis	Volta Grande
Itaocara	Estrela Dalva
Cambuci	Pirapetinga
Aperibé	Palma
Santo Antônio de Pádua	Bario de Monte Alto
Miracema	Patrocínio do Muriaé
Laje do Muriaé	Eugenópolis
Itaperuna	Antônio Prado
Natividade	Tombos
Porciúncula	Vieras
	Muriaé
	Laranjal
	Faria Lemos
	Carangola
	Divino
	Fervedouro
	São Francisco da Glória
	Miradouro
	Rio Novo

Foram percorridos 27 municípios no trecho da bacia pertencente ao Estado do Rio de Janeiro, e somente dois não foram contemplados, São José de Ubá e Varre-Sai, no total de 29 municípios da bacia no Estado. Enquanto no estado de Minas Gerais, com 63 municípios, sendo o estado de maior dimensão espacial comparado com os outros estados, foram analisadas 36 localidades, em detrimento de 27 que não puderam ser visitadas, que são: Orizínia, Pedra Dourada, Recreio, São Geraldo, São Sebastião da Vargem Alegre, Miraí, Santana de Cataguases, Rosirio de Limeira, Ervália, Divinésia, Silverânia, Mercis, Paiva, Aracitaba, Babarcena, Santa Bárbara do Tugirio, Oliveira Fortes, Santos Dumont, Desterro do Melo, Itamarati de Minas, Descoberto, Guarani, Goianá, São José do Nepomuceno, Rochedo de Minas, Santo Antônio do Aventureiro, Pedra Dourada.

### *3.4. Efeitos das atividades na paisagem*

Após a análise de 19% das posições amostrais na área de alto curso e 31% na área de médio curso; já o baixo curso corresponde à maior espacialidade da bacia. Dos pontos coletados, 50% estão nesse trecho, e é importante destacar que se trata de uma zona pouca influente social e economicamente se comparada aos outros cursos, e também apresenta maiores problemas ambientais. A partir dos pontos visitados, foi possível estabelecer zonas com maior interferência antrópica associada às atividades desenvolvidas na bacia ao longo dos anos. Observou-se diversas áreas desmatadas para subsidiar os processos espaciais urbanos, industriais, pastoril e de monoculturas, como o eucalipto e o café. Já as áreas que possuem reservas ambientais, parques federais, estaduais e municipais, RPPN, entre outros, possuem menor grau de interferência no sistema ambiental, ou seja, mantendo áreas mais preservadas.

A presença da pecuária foi verificada em toda a bacia, desde o alto até o baixo curso, e ratificamos que a diferença altimétrica não é empecilho para o desenvolvimento dessa atividade na região. Soma-se a ela o desenvolvimento de processos erosivos como ravinas, voçorocas, cicatrizes de movimento de massa nas encostas devido à falta de vegetação ou o pasto em condições precárias. É importante salientar que vários trechos do médio ao baixo curso possuem muitas áreas abandonadas devido às condições de vulnerabilidade e esgotamento dos solos, conforme pode ser observado na Figura 6.



**Figura 3-0-6:** Apanhado das situações ambientais encontradas na Bacia. Fonte: Borges, 2021.

Conforme pode ser observado na Figura 6 os cursos hídricos possuem diferentes níveis de preservação e conservação ao olhar a bacia no todo. No alto curso encontra-se zonas mais preservadas e esse processo vai decaindo até alcançar o baixo curso. Muito dessas variantes podem estar relacionadas as variações altimétricas do relevo, cabe destacar que em toda bacia encontrou-se feições erosivas.

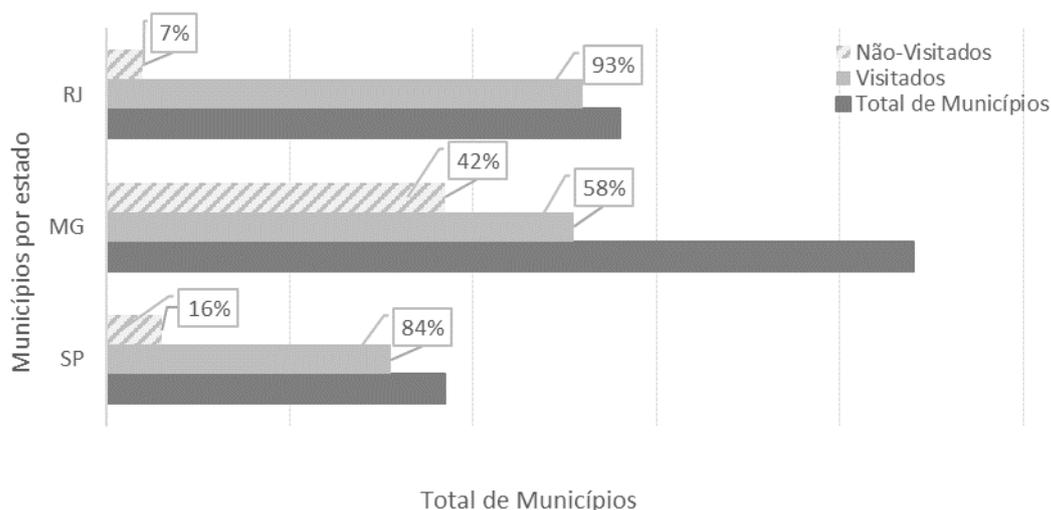
### *3.5. Análise das interações e dinâmicas a partir dos ciclos econômicos para entendimento da paisagem na BPS*

A Bacia do rio Paraíba do Sul, diante de suas intensas organizações e reorganizações históricas, destaca-se por ser uma bacia com extrema relevância econômica, social e ambiental e que configura heranças ambientais em sua paisagem. Diante do panorama e dos resultados apresentados pelas pesquisas de campo para a elaboração da presente tese, as atividades

agrícolas, como a cana-de-açúcar e o café, foram ciclos importantes para alterações ambientais na paisagem.

Na atividade canavieira, vale ressaltar os municípios de Campo dos Goytacazes, no Rio de Janeiro, Juiz de Fora, em Minas Gerais e Lorena, em São Paulo. Já na atividade cafeeira, os principais produtores por estados são: Valença e Vassouras no Rio de Janeiro, Arapeí e Bananal em São Paulo, Divino e Ervália em Minas Gerais. As atividades industriais da Bacia encontram-se dispersas no alto, médio e baixo curso, onde algumas localidades se destacam como polarizadoras, como São José dos Campos em São Paulo, Juiz de Fora em Minas Gerais e Petrópolis no Rio de Janeiro.

Dos 183 municípios presentes na bacia, foram visitados 93% no estado do Rio de Janeiro, 84% em São Paulo e 58% em Minas Gerais. No total, foram analisados 75% dos municípios que compõem a Bacia, conforme pode ser observado na Figura 7. Observamos, em comum, alterações na paisagem, com destaque para a falta de vegetação nas encostas, mata ciliar ausente, processos erosivos, ocupação urbana irregular e contaminação das águas fluviais.



**Figura 3-0-7:**Relação de municípios por estados pertencentes a Bacia do Paraíba do Sul. Fonte: Borges, 2021.

O processo de uso, ocupação e exploração da bacia do Paraíba do Sul nos mostra como o sistema ambiental tem alta capacidade de resiliência diante de toda modificação ambiental estabelecida temporalmente e espacialmente a

partir da atuação antrópica. Os processos econômicos por ora listados configuram heranças na paisagem que retratam períodos e marcam ciclos importantes que contam a história da BPS.

Ao compreender a bacia por seus municípios, é interessante apontar que o seu processo de transformação ocorreu de forma desigual no espaço geográfico. Por exemplo, o ciclo da cana-de-açúcar predominou no estado de São Paulo, sendo uma atividade extremamente lucrativa, mas somente em determinados municípios. O plantio da cana não assumiu relevância econômica no Vale do Paraíba, apenas no município de Lorena, como em áreas de planalto em outras regiões paulistas (PETRONE, 1964; OLIVETTE, NACHILUK e FRANCISCO, 2010; RODRIGUES e ROSS, 2020). A migração histórica da produção de cana-de-açúcar ocorre para o estado do Rio de Janeiro, concentrando-se no norte fluminense, que é uma região marcada geomorfologicamente por um relevo suave. Os processos de manutenção de plantio tornam-se mais favoráveis nessa porção, mesmo que atualmente essa atividade não tenha alta expressividade nacional (MENDONÇA, 2011). Em Minas Gerais o predomínio do cultivo de cana-de-açúcar ocorreu em municípios que compõem a zona da mata mineira (DIAS, 2019), uma vez que essa região possui um relevo com declividades colinosas, e parte dessas plantações ocorriam na transição do relevo colinoso como suave, em que amenizava os processos erosivos, mas não os excluía.

O manejo do plantio da cana-de-açúcar utiliza a queima para a limpeza, para facilitar a colheita e reduzir custos de produção, auxiliando em áreas onde o maquinário não tem acesso por serem locais com declividade acima de 12% (DIAS, 2019; RODRIGUES e ROSS, 2020). Essa ação promove o desmatamento de áreas naturais, além de produzir e emitir diversos poluentes atmosféricos, com destaque para: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>) e óxido de nitrogênio (NO<sub>x</sub>). Sobre o exposto, em 1998, por Decreto Federal, instituiu-se a proibição do uso do fogo a cada período de 5 anos em ¼ das áreas mecanizáveis (RODRIGUES e ROSS, 2020).

Vale ressaltar que o ciclo produtivo da cana-de-açúcar utiliza muitos insumos agrícolas (IBGE, 2017), dessa maneira, aumentando a contaminação

dos solos e dos corpos hídricos, sendo uma atividade diretamente ligada ao consumo de água (TRINADADE, 2018). Além disso, ocorre o aumento da produção de resíduos sólidos, muitas vezes derivados dos produtos e subprodutos da cana-de-açúcar.

O café também trouxe diversos impactos na paisagem, pois ele ocupou as áreas de morros no início do século XIX (PETRONE, 1964). Em São Paulo, Arapéi, Areias e Bananal são os principais produtores (NUNES, FRAGA e LIMA, 2018); no Rio de Janeiro, Vassouras, Valença e Cantagalo (RUÍZ *et al*, 2018), e por fim, em Minas Gerais, Divino e Ervália. É importante destacar que essas áreas possuem em comum um relevo declivoso, temperaturas amenas, solos férteis ou áreas de mata nativa (IBGE, 2016), pois necessitam de muitos nutrientes e boa drenagem para sua produção. O plantio de café ocupou as encostas e com isso intensificou o desmatamento, os processos erosivos, o aumento de sedimento nos canais fluviais e também criou fragmentos florestais. Com o declínio agrário cafeeiro, esse processo se intensifica com o advento da pecuária em áreas de declínio dessas atividades, em que o solo encontrava-se esgotado devido aos séculos de monocultura e o uso intensivo dos seus nutrientes, empobrecendo-os. Com isso, a pecuária começa a ocupar esses ambientes devido a facilidade de implementação, bem como associada ao período de industrialização do país. Associado com a demanda do mercado consumidor interno com o crescimento urbano, mas também com a expansão industrial e o crescimento com mercado externo havendo a intensificação principalmente do consumo e produção bovina (NETO, 2018).

É importante destacar que muitos municípios receberam heranças “financeiras” dos ciclos agrários, contribuindo para o processo urbano-industrial, com destaque para Lorena (São Paulo), Campos dos Goytacazes e Valença (Rio de Janeiro), Juiz de Fora e Muriaé (Minas Gerais). Os processos de conexão espacial com o advento ferroviário e posteriormente rodoviário intensificou a translocação de produtos, pessoas, serviços, e também dos impactos ambientais.

O Vale do Paraíba, por ser considerada uma região próspera, por ter desenvolvido e ainda atuando em diversas atividades agroindustriais (NUNES, FRAGA e LIMA, 2018; RUÍZ *et al*, 2018; RODRIGUES e ROSS, 2020),

apresenta seu trecho da bacia mais degradado, no sentido geossistêmico e de manutenção dos serviços ambientais. A bacia do Paraíba do Sul possui essas heranças bem marcadas em seus relevos, canais fluviais, planícies, em que é perceptível em trechos do alto, médio e baixo curso (Figura 6). O que se observa é que muitas dessas áreas que foram produtivas no passado, parte continua a ter uma atuação na pecuária, industrial e para loteamento urbano, enquanto outras encontram-se abandonadas e estagnadas social, econômica e ambientalmente. Torna-se relevante salientar que apesar de toda modificação no seu sistema ambiental, a região continua a fornecer os serviços ambientais de extrema relevância social. Dentre eles, podemos citar a recarga hídrica a partir da infiltração, recuperação vegetal por ausência de atividade, ajustes em seus canais fluviais mesmo sem mata ciliar e com excesso dos sedimentos vindos das encostas, depuração das águas com atuação das chuvas devido ao excesso de efluentes domésticos e indústrias.

Logo, apesar de toda essa reestruturação sócio-geomorfológica, a Bacia do rio Paraíba do Sul continua a fornecer e abastecer os municípios onde se localiza das condições ambientais necessárias à manutenção das atividades econômicas, ecológicas e sociais. A partir dos trabalhos de campo e do reconhecimento dos territórios que compõem a bacia, subsídios foram criados a fim de caracterizar a situação ambiental da maioria dos municípios presentes na bacia. Os municípios que não foram contemplados, devido às questões de cunho financeiro, poderiam contribuir ainda mais para uma análise mais pontual/ totalitária sobre os elementos físicos, sociais e as problemáticas que a bacia possui.

As análises regionais são devidamente complexas devido a sua dimensão espacial, logo, devem também considerar as mudanças sofridas ao longo do tempo histórico. Em diversas análises, observamos efeitos pontuais de determinados fenômenos, sem compreender o que levou a atual configuração daquele processo sócio-geomorfológico. Ao correlacioná-los aos processos produtivos que atraem mão-de-obra, há a expansão urbana, que muitas vezes ocorre sem uma organização e gestão ambiental. Ao identificar os problemas gerados por esses processos, é possível desenvolver projetos de planejamento e gestão ambiental, a fim de minimizar os impactos

proporcionados por essas atividades, reduzindo assim a vulnerabilidade socioambiental.

#### **4. CONCLUSÕES**

A Bacia do Paraíba do Sul possui um alto poder de resiliência frente aos inúmeros processos econômicos, como a cana-de açúcar, café, mineração, pecuária e atividade industrial, que alteraram profundamente as características originais da bacia. Atualmente, sofre com os resultados dessas intervenções na paisagem, sendo intensificadas pelos processos antrópicos. Apesar de todo esse processo de rupturas e adaptações, a BPS consegue continuar a fornecer os serviços ambientais para a manutenção socio-ambiental-econômica da região sudeste.

Os resultados apontam que o alto, médio e baixo curso da bacia passaram pelos diferentes ciclos econômicos que intensificaram ou minimizaram as heranças sócio-geomorfológicas. Houveram processos de reorganizações ambientais e também econômicas, algumas áreas se mantêm produtivas, enquanto outras foram abandonadas devido ao seu desgaste natural atrelado aos processos socioeconômicos locais. Essas marcas se refletem nas encostas, na vegetação, nos canais fluviais, na qualidade ambiental e econômica-social dos municípios percorridos e analisados.

Enfim, podemos afirmar que as análises regionais fornecem subsídios para o diagnóstico ambiental, seja para a gestão e/ou para o planejamento territorial-ambiental, de forma a identificar as áreas prioritárias que merecem atenção para serem remediadas e para a manutenção dos serviços ambientais que são de extrema relevância para a sustentação geossistêmica.

Apesar de muitos trechos da bacia já se encontrarem em situações de alta vulnerabilidade socioambiental, cabe aos estudos ambientais resgatar zonas que tem potencial para continuar a prover esses serviços para a sociedade. Para isso, mais estudos científicos devem ser feitos e divulgados para os órgãos gestores, como secretarias municipais de meio ambiente e de urbanização, comitês de bacias e órgãos ambientais para a promoção de

ações de manutenção e assim, gerando assim a mitigação dos problemas identificados.

## **AGRADECIMENTOS**

A pesquisa teve o apoio da Agevap do Comitê do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana. Bem como teve o suporte financeiro da Capes, CNPQ e Faperj, associado ao auxílio do Programa de Pós Graduação em Geografia da UFRJ – PPGG. Agradecimento as alunas de iniciação científica que contribuíram com a pesquisa e produção dos dados como: as alunas Stephany Vianna, Julia Vieira e Aline Batista. Aos que auxiliaram nos trabalhos de campo Stephany Vianna, Paloma Lisboa, Julia Vieira, Lucas Dias, Mateus Ferreira e Aline Batista. Agradeço também a aluna Julia Vieira por ter contribuído para a organização dos dados do IBGE e CEVAIP e a Taiany Marfetan pela ajuda na revisão do texto.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AB'SÁBER, A. N. O domínio dos “mares de morros” no Brasil. *Revista Geomorfologia*, São Paulo, v.1, n. 2, p. 1-9, 1966.

ASHMORE, P. Towards a sociogeomorphology of rivers. *Geomorphology*, v. 25, n.1, p.149–156, 2015, DOI: 10.1016/j.geomorph.2015.02.020

CEIVAP. Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul -AGEVAP. Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - Resumo. Caderno de Ações Bacia do Rio Paraíba do Sul Trecho Paulista. Relatório Contratual R-10. Elaboração: Fundação COPPETEC Laboratório de Hidrologia e Estudos de Meio Ambiente.

CALDANA, N.F.S.; YADA JR., G.M.; MOURA, A.D.V; COSTA, A.B.F.; CARAMORI, P.H. Ocorrências de Alagamentos, Enxurradas e Inundações e a Variabilidade Pluviométrica na Bacia Hidrográfica do Rio Iguaçu. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 23, p. 343- 355, 2018, DOI: 10.5380/abclima.v23i0.60584.

CHAFFIN, B.C.; SCOWN, M. Social-ecological resilience and geomorphic systems. *Geomorphology*, v. 305, n.1, p. 221–230, 2018, DOI: 10.1016/j.geomorph.2017.09.038

COELHO, V.M.B. Paraíba do Sul: um rio estratégico. Rio de Janeiro: Casa da Palavra, 2012. 336p

COPPE/UFRJ. Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul. Consolidação dos estudos de enquadramento dos corpos de água em classes de uso. 2000.

DANTAS, M. E.; COELHO NETTO, A. L. Resultantes geo-hidroecológicas do ciclo cafeeiro (1780- 1880) no médio vale do rio Paraíba do Sul: uma análise quali-quantitativa. Anuário do Instituto de Geociências da UFRJ, v. 19, n.1, p. 61-78, 1996.

DANTAS, M.; COELHO NETTO, A. L. Capítulo 5 – A denudação antropogênica da paisagem: processos erosivo-deposicionais no médio Vale do Rio Paraíba do Sul. Org. Oliveira, R. R.; Lazos, A. Geografia Histórica do Café no Vale do Rio Paraíba do Sul. Rio de Janeiro: Ed. PUC-Rio, 2018.

DEVIDE, A. C. P.; CASTRO, C. M.; RIBEIRO, R. L. D.; ABOUD, A. C. S.; PEREIRA, M. G.; RUMJANEK, N. G. História ambiental do Vale do Paraíba Paulista, Brasil. Revista Biociências; v. 20, n.1, p 12-29, 2014.

DIAS, B. A. S. Mapeamento da Cana-de-Açúcar em Minas Gerais. Universidade Federal de Uberlândia -UFU. Instituto de Ciências Humanas do Pontal. Dissertação de Mestrado em Geografia. Ituiutaba (MG). 2019

HAFF, P.K. Neogeomorphology, prediction and the Anthropic landscape. In: Wilcock, P. R. Iverson, R.M. (Eds.), Prediction in geomorphology. Geophysical Monograph 135. American Geophysical Union, Washington, 2003, pp. 15–26.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. A Geografia do Café, Rio de Janeiro. 2016

\_\_\_\_\_. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. A Geografia da Cana-de-Açúcar, Rio de Janeiro. 2017.

MAMIGOANIAN, A. O Processo de Industrialização em São Paulo. Boletim Paulista de Geografia. N. 50, p. 83-101, 1974.

MAURO, C.A.; MAGESTE, J.C.; LEMES, E. As Bacias Hidrográficas como critério para o planejamento territorial. Caminhos da Geografia, Uberlândia, v. 18, n. 64, p. 472-482, 2017.

MENDONÇA. J. C.; FREITAS, R. M.; AGUIAR, D. A.; SOUSA, E. F.; MUNIZ, R. A.; ESTEVES, B. S. Mapeamento das Áreas de Cana-de-açúcar na região Norte Fluminense - RJ por Uso de Técnicas de Sensoriamento Remoto. Revista Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.31, n.3, p.561-571, 2011. DOI: 10.1590/S0100-69162011000300016

MYRES, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature, v. 403, p. 853–858, 2000, DOI: 10.1038/35002501.

NETO, O. A. O Brasil no mercado mundial de carne bovina: análise da competitividade da produção e da logística de exportação brasileira. *Revista Ateliê Geográfico*, Goiânia, v. 12, n. 2, p. 183-204, 2018, DOI: 10.5216/ag.v12i2.47471

NUNES, R. S.; FRAGA, J. S.; LIMA, M. L. S. Capítulo 11 – A manutenção da paisagem via aspectos legais: o caso da bacia hidrográfica do Paraíba do Sul paulista. Org. Oliveira, R. R.; Lazos, A. *Geografia Histórica do Café no Vale do Rio Paraíba do Sul*. Rio de Janeiro: Ed. PUC-Rio, 2018.

RODRIGUES, G. S. S. C.; ROSS, J. L. S. A trajetória da cana-de-açúcar no Brasil: perspectivas geográfica, histórica e ambiental. Uberlândia. EDUFU, 2020.

RUÍZ, A. E. L.; COELHO NETTO, A. L.; DANTAS, M. E.; OLIVEIRA, R. R. Capítulo 3 – Cenários do passado no Vale do Rio Paraíba do Sul e a entrada do Antropoceno no Sudeste brasileiro. Org. Oliveira, R. R.; Lazos, A. *Geografia Histórica do Café no Vale do Rio Paraíba do Sul*. Rio de Janeiro: Ed. PUC-Rio, 2018.

RUÍZ, A. E.; FREITAS, H. S.; SILVA, R. N.; OLIVEIRA, R. R.; SADA, S. G. Capítulo 6 – Conexões socioecológicas no paleoterritório do café. Org. Oliveira, R. R.; Lazos, A. *Geografia Histórica do Café no Vale do Rio Paraíba do Sul*. Rio de Janeiro: Ed. PUC-Rio, 2018.

OLIVETTE, M.P.A; NACHILUK, K.; FRANCISCO, V.L.F.S. Análise Comparativa da área Plantada com Cana-de-açúcar frente aos Principais Grupos Culturas nos Municípios Paulistas, 1996-2008. *Revista Informações Econômicas*, SP, v. 40, n. 2, p. 42-59, 2010.

PETRONE, M. T. S. A lavoura canavieira em São Paulo: expansão e declínio (1765-1851). Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1964. 325 p.

TRINADADE, L. L.; SCHEIBE, L. F.; RIBEIRO, W. C. A governança da água: o caso dos comitês dos rios Chapecó e Irani – SC, *Revista GEOSUL*, v.33, n. 68, p. 36-57, 2018, DOI: 10.5007/2177-5230.2018v33n68p36.

URBAN, M. Conceptualizing anthropogenic change in fluvial systems: drainage development on the Upper Embarras River, Illinois. *The Professional Geography*, v. 54, p. 204–217. 2002, DOI: 10.1111/0033-0124.00326

## **Capítulo 4 – Inventário do Contexto Físico-Social do Alto Curso do Paraíba do Sul**

### **RESUMO**

As bacias hidrográficas são recortes espaciais que abrangem elementos físicos, sociais e econômicos. Ao compreender as relações entre esses integrantes, torna-se possível entender a situação que a bacia e seus municípios estão inseridos. No alto curso da BPS predomina a produção de água e suas condições socioambientais influenciam na alimentação, qualidade e quantidade que chega ao médio e baixo curso. Nesse sentido, é importante relacionar os parâmetros socioeconômicos com as relações físicas do alto curso enfocando as questões ambientais e hídricas. Metodologicamente, utilizou-se o levantamento de informações a partir dos dados do IBGE de escolaridade, população, PIB, esgotamento sanitário e consumo de água, bem como o mapeamento geomorfológico, pedológico, uso do solo de 2008 e 2020 para o alto curso. Os resultados apontam para um maior número de matrículas no ensino fundamental comparado com o ensino médio, demonstrando a escolaridade apenas inicial da população. O PIB dos municípios do alto curso é elevado e não reflete o investimento significativo no esgotamento sanitário, como também o maior consumo de água se dá pelos municípios Potim, Arujá e Aparecida. O relevo predominante é colinoso e quanto aos solos se destacam os latossolos e espodosolos. Na cobertura vegetal observa-se o crescimento de formação florestal e no uso do solo o aumento de zonas urbanas. Portanto, compreender os elementos que compõem a bacia, seja em sua dimensão social, econômica e física possibilita análises específicas, assim como a identificação de zonas de maior fragilidade na bacia.

**Palavra-chaves:** Densidade Demográfica, Consumo de Água, Esgotamento Sanitário, Investimentos Econômicos, Estrutura Ambiental, Paisagem;

## 1.INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica abrange as interações das condições naturais e antropogênicas que desenvolvem e reconfiguram sua estrutura, assim como contribuem para uma visão conjunta dos efeitos, impactos a jusante e nos fluxos energéticos que se desdobram até a foz da bacia (GUERRA e CUNHA, 2000). Dessa forma, os saberes e entendimentos sobre as águas, a relação com a paisagem; sua relação espacial (FELIPPE e MAGALHÃES JR, 2020), podem garantir a proteção das áreas que se encontram em vulnerabilidade socioambiental.

No contexto das bacias hidrográficas, as nascentes possuem um papel preponderante nas cabeceiras de drenagem, principalmente no alto curso, que em sua maioria encontram-se os trechos mais preservados. Cabe destacar que a nascente é um sistema ambiental que deriva do afloramento de água subterrânea de forma natural e parte de seus fluxos hidrológicos abastecem e integram-se a rede de canais (FELIPPE e MAGALHÃES JR, 2013).

As nascentes também contribuem para o desenvolvimento da rede hidrográfica, sendo influenciadas por suas características físicas e regionais que podem contribuir, por exemplo, por serem perenes ou temporárias, levando também em consideração que a disponibilidade hídrica está pautada na água presente no solo superficial/subsuperficial e pela presença vegetal como higrófitas ou hidrófilas (FELIPPE e MAGALHÃES JR, 2020). Logo, deve-se considerar os tipos de uso, a integridade da vegetação e os aspectos socioculturais para compreender a dinâmica do alto curso de uma bacia.

O alto curso da bacia pode ser considerada como o berço para a produção de água, devido à necessidade e importância da manutenção dos recursos vegetais nesse processo. A vegetação vai proporcionar a reciclagem no ciclo da água associada à estrutura litológica e aos tipos de solos (CARDOSO *et al*, 2006; LEPSCH, 2011). Os refúgios florestais proporcionam a distribuição da água na superfície, colaborando com os processos de interceptação, infiltração, escoamento superficial e erosão (KOBAYAMA, 2000), como também, atuando de maneira significativa em proporcionar melhores

condições de infiltração da água da chuva (OLIVEIRA JR e DIAS, 2005), alimentando o sistema hídrico.

Cabe destacar que em ambientes tropicais, como o Brasil, em especial na região Sudeste, observou-se que a interceptação florestal aumenta na estação menos chuvosa, que acaba por interferir no regime das chuvas que são menos intensas, como na quantidade de água utilizada pela vegetação (COELHO NETTO, 1985). Ou seja, mesmo no inverno, há incremento da produção de água pela floresta. Aliado aos elementos climáticos e biogeográficos, o relevo se mostra como importante para a caracterização fluvial neste trecho em que atua de forma incisiva para o direcionamento do fluxo hídrico. Assim, as características da drenagem são dependentes da configuração geomorfológica, hidrológica e hidrogeológica (FELIPPE e MAGALHÃES JR, 2020).

No alto curso da Bacia Hidrográfica observa-se que a geomorfologia é de maior amplitude, se encontra encaixada, ou seja, o canal fluvial passa a ser controlado e parcialmente controlado por seus agentes físicos (BRIERLEY e FRYIRS, 2005). Dessa maneira, os fluxos predominam por serem mais velozes, com alta energia, com canais profundos e com caminhos bem definidos, comumente com apenas um canal bem definido e pouco sinuoso (BRIERLEY e FRYIRS, 2013). O canal principal sofre contribuição dos canais de outras ordens, contribuindo para o abastecimento da rede hidrográfica.

Em uma bacia florestada, devido à precipitação, litologia e relevo, o escoamento final é inferior, pautada pela resistência física do fluxo superficial, enquanto que em bacias urbanizadas, como tornam-se menos permeáveis, ocorre o aumento do volume e da velocidade do fluxo superficial (STEVANUX e LATRUBESSE, 2017) através das interferências antrópicas.

Cabe destacar que os refúgios florestais indicam mudanças que envolvem variáveis do estresse hídrico, que são fortemente modificadas pelos efeitos fisiológicos da vegetação. Dessa forma, as perdas de solo e de nutrientes pela redução do qualitativo vegetacional prejudica tanto na qualidade da água quanto na manutenção da produtividade hídrica.

Com a redução da vegetação em bacias urbanizadas, outros elementos se destacam, como o consumo dos recursos hídricos. Os usos fluviais podem ser identificados como não consuntivos, que removem a água do manancial e esta é devolvida para o reservatório, como a indústria, agricultura e geração de energia hidroelétrica, quando não há o retorno dessa água entende-se que é o uso consuntivo (CHRISTOPHERSON, 2011). Sabe-se que o alto curso da Bacia do Paraíba do Sul é uma zona de atuação econômica e que já passou por várias transições econômicas dentre elas: cana-de açúcar, café, pecuária, indústrias, geração de energia e consumo humano.

O consumo de água está relacionado às atividades antropogênicas, e com isso, as atividades econômicas e o abastecimento utilizam desse bem natural. O consumo predomina na atividade agrícola, em média 82%, seguido da atividade industrial com 10% e pelo consumo humano com 8 % considerando países de baixa e média renda, como o Brasil (HIRATA, 2009). Em contrapartida Christopherson (2011) considera que o consumo humano de água é de 20 % e maior que a atividade industrial com 11%.

A BPS possui todas as atividades listadas acima apresenta um consumo associado aos fatores econômicos que contribuem para o uso desse recurso. A atual configuração e importância dos recursos hídricos volta-se para a crescente demanda de água para os diversos fins, seja para os setores industriais, urbanos e agropecuários. É importante destacar a vocação histórica agropastoril nas bacias hidrográficas do Brasil, associada às condições climáticas descontínuas que auxiliam em ecodinâmicas instáveis e cíclicas (NASCIMENTO, 2011), de modo a comprometer a disponibilidade e qualidade hídrica e ambiental da bacia.

O alto curso da BPS é um trecho de grande relevância ambiental, pois nesta zona encontra-se a confluência entre os rios Paraibuna e Paraitinga que originam o rio Paraíba do Sul. As interferências nesta parte do rio contribuem para os desdobramentos que poderão ser observados no médio e baixo curso da bacia. Cabe ressaltar que há represas como a de Paraibuna, Igaratá, Santa Branca e um trecho da Pirangaí que reconfiguram a condição hídrica da bacia nesta zona.

Na análise hidrográfica muitas vezes leva-se em consideração apenas os fatores físicos que a compõem como a geologia, geomorfologia, pedologia e climatologia. Entretanto, na delimitação de bacia há uma população que convive e interage nesse sistema, seja de maneira benéfica ou não. Por isso, as relações educacionais, econômicas e investimentos dos municípios refletem como esse impacto será amenizado na rede hidrográfica.

Dessa forma, as demandas socioeconômicas impactam diretamente nas questões ambientais, e o entendimento desses dados proporcionam a identificação dos problemas e os elementos que configuram a bacia. Ao analisar essas relações é possível ter maior compreensão dos problemas e possíveis soluções que os abarcam.

O alto curso de uma bacia hidrográfica é o sistema que abastece e produz a água que corre no médio e baixo curso, de modo a fornecer quantidade e qualidade dos corpos hídricos para o funcionamento da bacia. Dessa maneira, os municípios que compõem a bacia interferem no gerenciamento deste geossistema, em que a quantidade de população, o nível de escolaridade e o suporte econômico influenciam nos investimentos para a melhora da qualidade ambiental.

Os dados sobre determinada zona caracterizam as dinâmicas que proporcionam o melhor entendimento de como se configura e o investimento que é fornecido para a saúde ambiental dos municípios que incorporam o alto curso. Dessa maneira, o conhecimento sobre as relações sociais é necessário para sua caracterização ambiental, bem como isso se reflete nas alterações ao longo da bacia. O objetivo visa compreender como que se estruturam as relações sociais e ambientais do alto curso da bacia do Paraíba do Sul para relacionar com sua paisagem geográfica que envolvam reflexões sobre a dinâmica hídrica.

## 2. METODOLOGIA

A metodologia para compreender a conjuntura do alto curso da BPS inicia-se com o levantamento dos dados secundários como social, econômico e ambiental dos municípios que englobam esse trecho. Para a caracterização ambiental utilizou-se o mapeamento da geomorfologia, tipos e usos do solo. Para a caracterização social, a partir dos trabalhos de campo realizados, foram levantados dados de como a configuração socioeconômica reflete na paisagem e impactam no alto curso da BPS.

A aquisição dos dados estruturais dos municípios foram obtidos pelo censo demográfico do IBGE. Entre eles, podemos destacar os dados populacionais como o total e densidade da população; já sobre os educacionais, optou-se por utilizar os índices do IDEB (Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais), tanto para o ensino fundamental como para o ensino médio, que realiza os cálculos através do cruzamento de informações da taxa de aprovação e desempenho escolar que varia de 0 a 10. Os dados sobre o esgotamento sanitário e econômicos, englobando o PIB e IDH (Índice de Desenvolvimento Humano) utilizaram um cálculo que relaciona renda, educação e saúde, variando de 0 a 1. Os dados sobre consumo de água foram obtidos do Siga-CEIVAP, que estabelece o consumo médio per capita de água (l/hab/dia).

Para o desenvolvimento das análises físico-ambientais, utilizou-se a base de dados do IBGE, CEIVAP, ZEE's (RJ, SP, MG0), bem como dados produzidos e coletados em campo através do LIEG-UFRJ (Laboratório Interdisciplinar de Estudos Geoambientais) em base SIG. Os mapeamentos permitiram conhecer a condição que se encontram os municípios da bacia, assim como suas principais fragilidades e potencialidades. Os dados geomorfológicos, pedológicos e de uso do solo foram oriundos dos dados obtidos do Zoneamento Econômico- Ecológico de 2008. O mapeamento do uso e cobertura da terra para o ano 2020 foi obtido através das imagens Sentinel com resolução de 10 m, em que foi realizada uma classificação automática e posteriormente feita uma revisão das classes obtidas pelo Google Earth para comparar as mudanças de usos do solo entre 2008 e 2020, em escala de 1: 250.000.

Os trabalhos de campo realizados nos municípios do alto curso foram acompanhados através de mapas georreferenciados, uso de material fotográfico e de caderneta de campo, possibilitando a listagem das principais feições presentes na paisagem, bem como sobre a influência da situação socioeconômica e ambiental nas configurações de degradação e preservação da bacia.

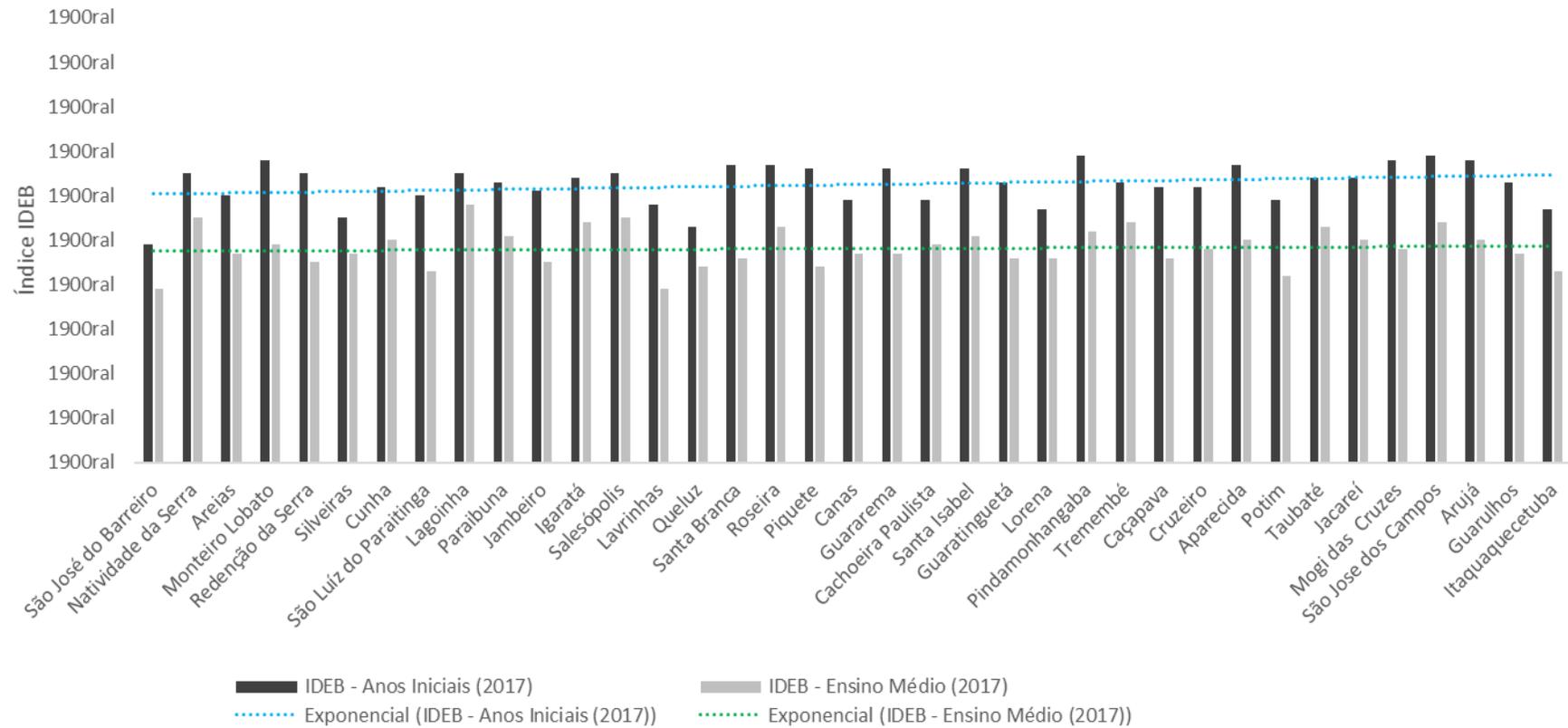
### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### *3.1. Informações dos Dados Secundários*

A partir da seleção das informações consideradas importantes para a análise das características dos municípios do alto curso da bacia, destacam-se informações relacionados aos Índices Educacionais para os anos do ensino fundamental e médio, variando de 0 a 10, em que quanto mais próximo de zero pior o nível e próximo a dez melhor a relação educacional.

Nesse sentido, destaca-se uma diferença significativa entre o ensino fundamental e médio, de modo que se observam melhores índices no ensino fundamental. Dos 36 municípios que englobam o alto curso, essa avaliação para o ensino fundamental varia de 4.9 até 6.9, com média de 6.3 para avaliação escolar. Enquanto para o ensino médio indica entre 3.9 a 5.8 a média por municípios de 4.8, ou seja, nem alcançando o nível médio proposto pelo índice.

Onze municípios possuem os melhores índices para o ensino fundamental, sendo eles apresentados por ordem decrescente. Por exemplo: Pindamonhangaba, São José do Campos, Arujá, Mogi das Cruzes, Monteiro Lobato, Aparecida, Roseira, Santa Branca, Guararema, Piquete e Santa Isabel, com índice até 6.6, no qual considera-se um valor significativo a partir dos outros valores para os municípios. Todavia, para o ensino médio, apenas o município de Lagoinha, com 5.8, encontra-se próximo de 6, que seria acima da média. A variação dos valores do IDEB pode ser visto para os anos iniciais e finais na Figura 1, que nos mostra como ocorre essa diferença por município.



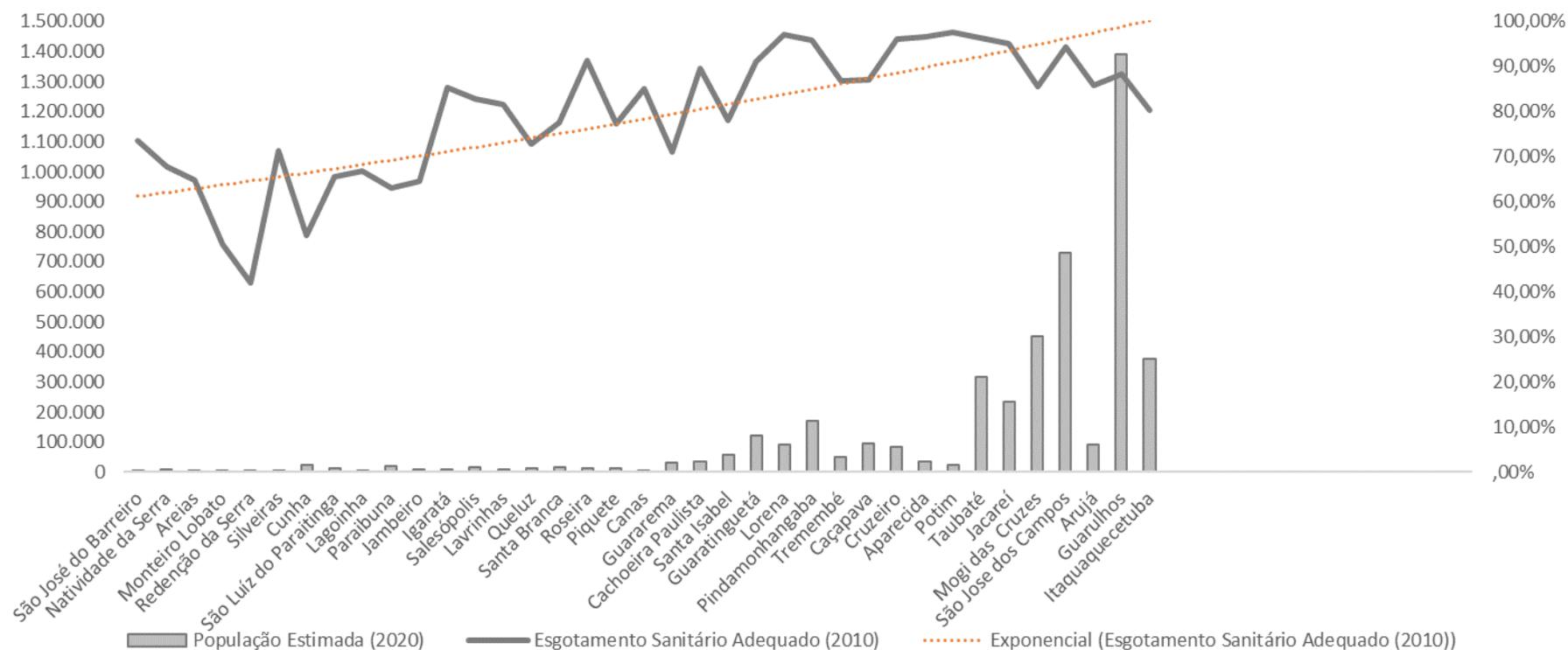
**Figura 4-0-1:**Relação dos Índices de Desenvolvimento Educacional Brasileiro para os anos do ensino fundamental e para o ensino médio, no ano de 2017. O tracejado azul representa a média para os anos iniciais, enquanto a linha tracejada verde a média para o Ensino Médio. Fonte: IBGE, adaptado por Borges, 2021.

Os municípios com maior número de população para o alto curso destacam-se Guarulhos, São José dos Campos, Mogi das Cruzes, Taubaté e Jacareí. É importante salientar que a área ocupada por Guarulhos dentro da bacia é menos de 30% do total do município, porém, passa a ser considerada por sua influência e polaridade para os municípios vizinhos e sua utilização dos recursos da Bacia.

De acordo com os dados de todos os municípios que possuem esgotamento adequado para o quantitativo da população, apenas Guarulhos possui o maior percentual de população não englobando o saneamento sanitário adequado. O alto curso possui uma média de 79,7% com abastecimento de esgoto considerado benéficos para os municípios.

Dentre todos os municípios, Potim, Lorena, Aparecida, Taubaté e Cruzeiro possuem os melhores percentuais que atendem esse serviço, já Redenção da Serra possui apenas 42,1% de todo seu esgoto tratado, possuindo a menor população atendida dentre as outras localidades. Em contrapartida, não se justifica porque Areias possui a segunda menor população e seu esgotamento atende 64,7% da população.

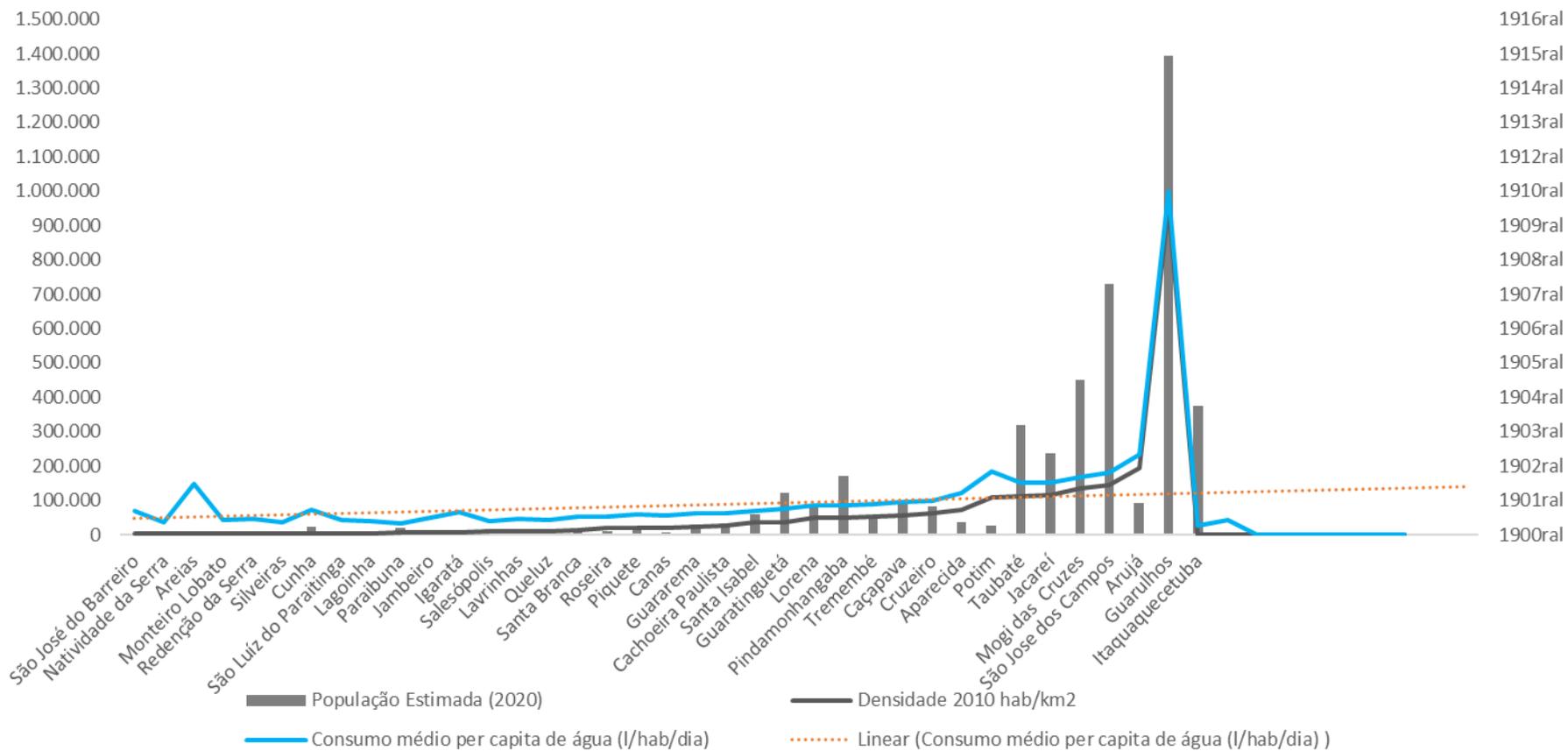
É importante observar que há vários municípios com número reduzido de população comparado aos outros, porém, foi informado que possuem esgotamento sanitário adequado. Dessa maneira, todos os municípios que incorporam o alto curso possuem acesso ao tratamento de esgoto, sendo a grande maioria em categoria superior aos 70% e poucos acima 50%, conforme observa-se na Figura 2.



**Figura 4-0-2:** Vinculação entre o total de população por município e o esgotamento sanitário informado como adequado, em que linha tracejada indica a média de esgotamento por população. Fonte: IBGE, adaptado por Borges, 2021.

A água é um dos elementos fundamentais que abastece diferentes setores da economia como agropecuária e industrial, mas também o abastecimento urbano/social. A média de consumo de água por habitante fica em torno de 172,5 l/hab/dia e os municípios com menores consumos de água são Paraibuna e Salesópolis. Um caso peculiar ocorre no município de Areias, que se destaca pela segunda menor população do alto curso, mas como maior consumo de água por habitantes. Além deste, seguidos como maiores consumidores de água temos Potim, Cunha, São José do Barreiro e Igaratá.

Na relação total de população e consumo dos recursos hídricos destacam-se como um uso sustentável frente aos municípios menos populosos: São José dos Campos, Mogi das Cruzes, Taubaté, Jacareí, Pindamonhangaba e Guaratinguetá, conforme pode ser compreendido na Figura 3.

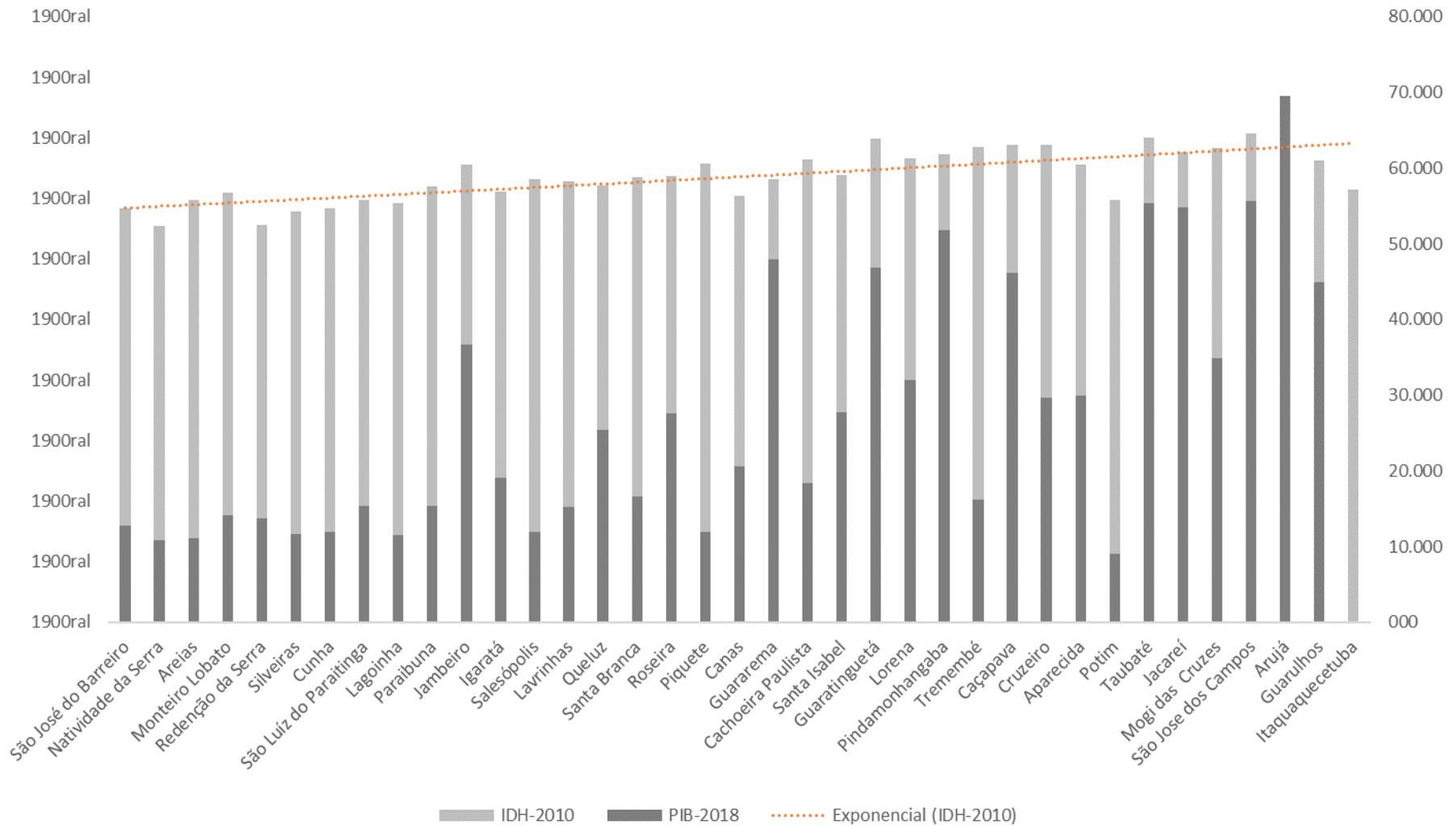


**Figura 4-0-3:** Estabelece a relação do total de população por sua distribuição espacial e o consumo médio de água em litros por habitantes/dia. Fonte: IBGE e CEIVAP, adaptado por Borges, 2021.

Inserido na análise sobre o poder econômico dos municípios do alto curso, Arujá é o que possui maior PIB quando comparado às outras localidades. É importante destacar que seguem próximos a ele com alto investimento monetário São José dos Campos, Taubaté, Jacareí e Pindamonhangaba. Entretanto, os que possuem menor prospecção econômica são Natividade da Serra e Potim.

Quando observamos o Índice de Desenvolvimento Humano que varia de 0 a 1, evidenciam-se São José dos Campos e Taubaté com respectivamente 0,807 e 0,800, ou seja, bem próximo do valor máximo proposto pelo índice. Em contrapartida, 9 municípios ainda se encontram abaixo do índice considerado, mas acima da média do índice, e são eles: São Luiz do Paraitinga, Areias, Potim, Lagoinha, São José do Barreiro, Cunha, Silveiras, Redenção da Serra e Natividade da Serra, com 0,697 a 0,655. A média do IDH para os municípios do alto curso é em torno de 0,737, considerado um valor relevante para média do Sudeste, ou seja, quanto mais próximo de 1 maior é o nível de desenvolvimento humano dos municípios.

Cabe compreender que os municípios com maior PIB possuem o maior IDH, porém, este é um fator de relevância pois tem suporte financeiro para realizar melhoras significativas em renda, educação e saúde, que são os pilares de qualidade social da população. Convém destacar que os municípios possuem em média um PIB de R\$ 275 milhões, podendo ser considerada uma região próspera dentro da BPS, vide a Figura 4. Dessa maneira, a relação IDH e PIB estão inter-relacionadas, contribuindo para investimentos relacionados aos pagamentos de serviços ambientais e a qualidade ambiental que refletem diretamente na bacia.

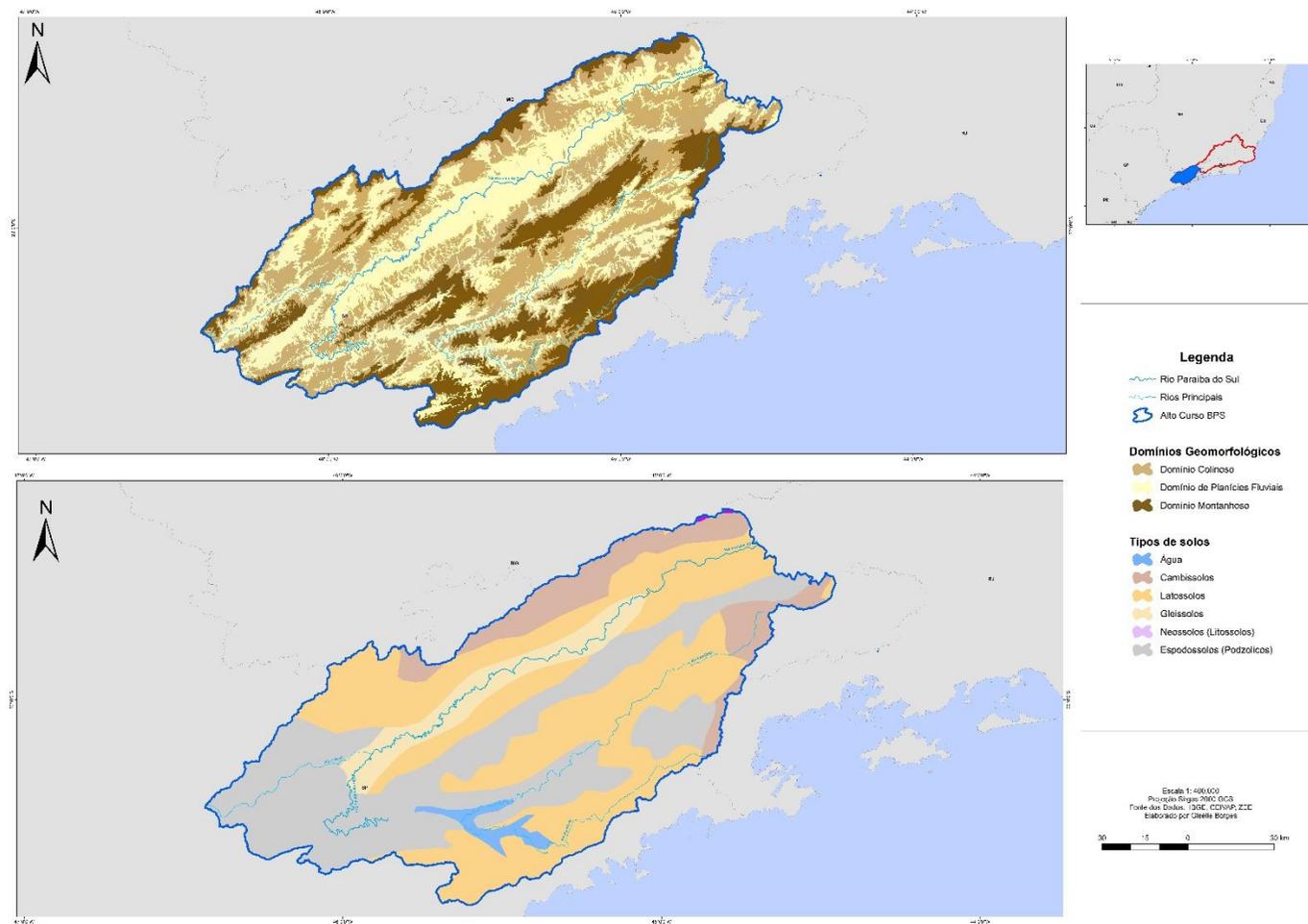


**Figura 4-0-4:** Relação da situação financeira do município medida pelo PIB associado ao desenvolvimento em renda, saúde e educação (IDH). Fonte: IBGE, adaptado por Borges, 2021.

### 3.2. Mapeamentos Ambientais

Segundo o mapeamento realizado no alto curso da bacia do Paraíba do Sul, para compreensão das suas características geomorfológicas, foram encontradas três classes em destaque: os domínios montanhosos, domínios colinosos e domínios de planícies fluviais, conforme observa-se na Figura 5. Há o predomínio da distribuição do relevo colinoso (46%), seguido dos depósitos fluviais (44%), com menor expressão do relevo montanhoso (10%).

Ao especializar as informações sobre os tipos de solos existentes neste setor da bacia, foram classificados 4 tipos: litossolos, cambissolos, gleissolos, neossolos e espodossolos, presentes na Figura 5. Os neossolos são conhecidos como litossolos, enquanto os espodossolos também são identificados como podzólicos. É importante mencionar que essas classificações são antigas, fundamentadas pela FAO/Unesco. As nomenclaturas utilizadas se basearam no Sistema de Classificação Brasileira de Solos (SIBCS). Dentre as classes encontradas, observamos os latossolos (52%) e espodossolos (40%), com grande atuação nos solos no alto curso, e com menor expressividade temos a classe de neossolos (1%). Os dados obtidos são do Zoneamento Ecológico Econômico de 2007 para os municípios de São Paulo que englobam o alto curso, tanto para a classificação geomorfológica como dos tipos de solos.

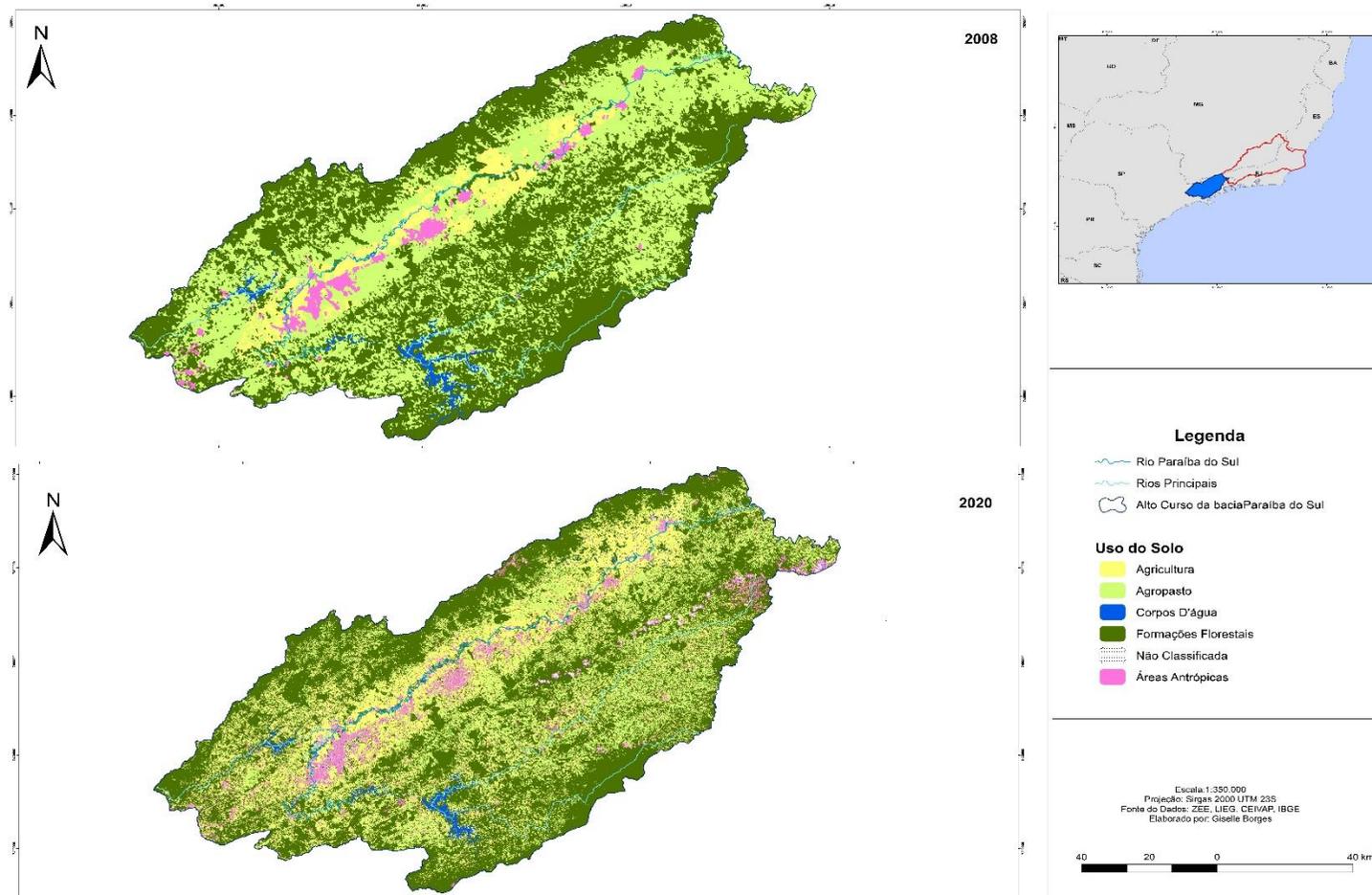


**Figura 4-0-5:**Espacialização das feições geomorfológicas e pedológicas para o alto curso da bacia do Paraíba do Sul, para sua compreensão física-ambiental. Fonte: Borges, 2021.

A análise das mudanças do uso do solo baseou-se no mapeamento realizado pelo ZEE de 2008, em que se agrupou o uso do solo em 5 classes, sendo elas: Agricultura, Agropasto, Formações Florestais, Áreas Antrópicas e Corpos D'água. Para compreender como se encontra a situação do alto curso, realizou-se o mapeamento com as mesmas classes para o ano de 2020 (Figura 6).

Para o ano de 2008, a partir do mapeamento realizado pelo ZEE, observa-se uma maior expressividade das formações florestais, de modo a proporcionar maior qualidade ambiental neste trecho da bacia (Figura 6). A concentração da agricultura e do agropasto localizam-se em sua grande maioria na planície fluvial, próxima ao canal fluvial que possui geomorfologia mais suave a plana.

Com um intervalo de 12 anos entre o mapeamento proposto pelo ZEE de 2008 e o ano de 2020, observam-se algumas diferenças significativas na mudança do uso do solo (Figura 6). Nas áreas urbanas, houve a expansão e migração desses trechos para outras áreas da bacia, bem como o crescimento das cidades já instituídas. Um elemento importante a ser apresentado é que há mais fragmentos florestais ao sudeste da bacia, antes com mais adensamento vegetacional, assim como também houve um aumento da atividade da agricultura na área de planície fluvial e uma migração do agropasto para outros segmentos da bacia.



**Figura 4-0-6:** Espacialização do uso do solo para os anos de 2008 mapeado pelo ZEE e 2020 classificado pela autora, para o alto curso da bacia do Rio Paraíba do Sul. Fonte: Borges, 2021.

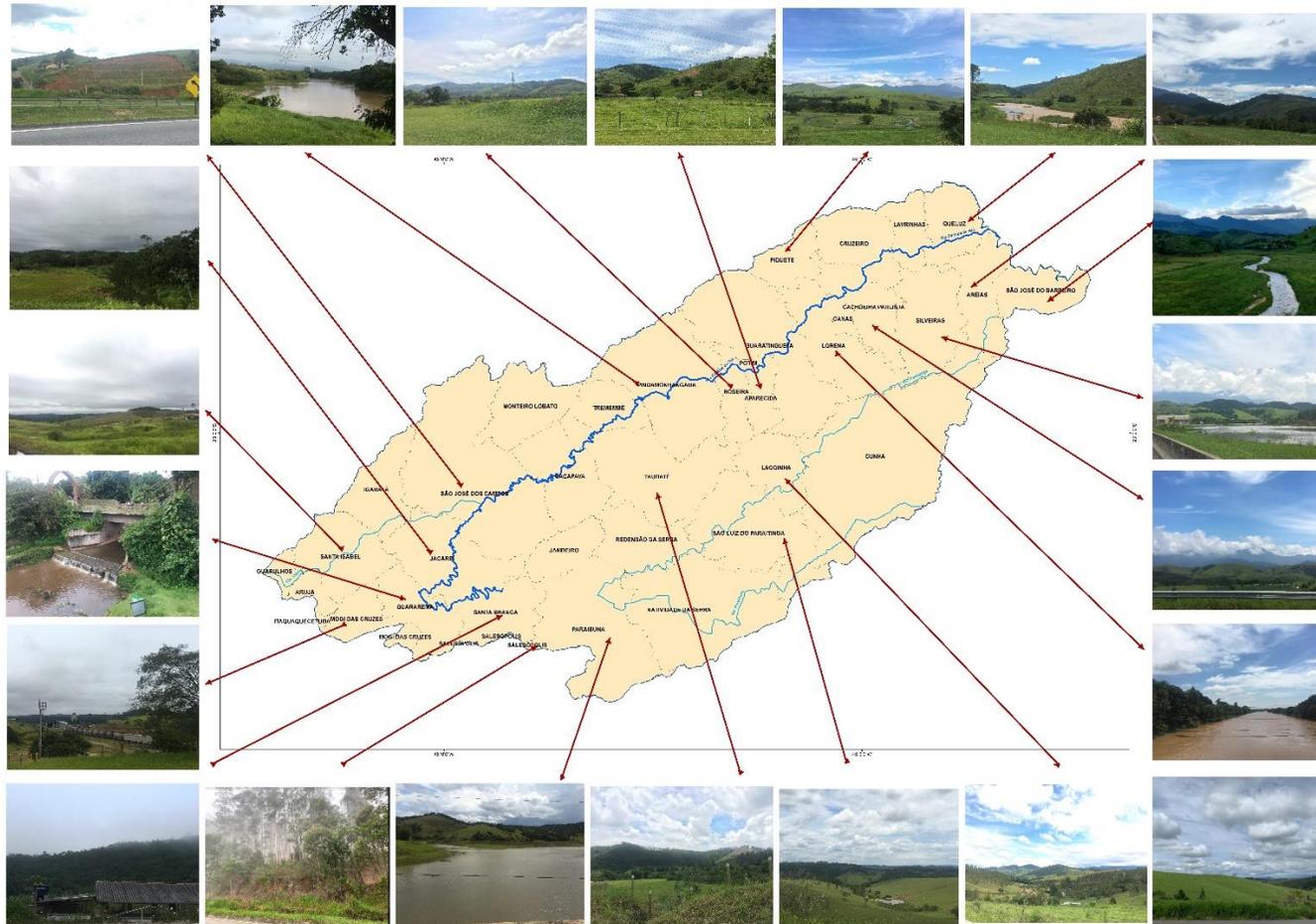
### *3.3. Identificação das Situações Ambientais*

Diante da proposta de análise da situação ambiental do alto curso da bacia do Paraíba do Sul, as vistorias em campo permitiram o entendimento da configuração ambiental que a região encontra. O relevo é marcado por suas atividades econômicas que configuraram e reconfiguraram a paisagem natural para antropogênica. Dessa maneira, ficam evidentes encostas desmatadas com a presença de pastos, plantio de eucalipto, processos erosivos devido à ausência de vegetação, ocupação nas planícies de inundação e retirada da mata ciliar em vários rios que abastecem o Paraíba e seus contribuintes.

Nos trajetos que eram asfaltados como rodovias nacionais (BR's) e rodovias estaduais (SP's), os arredores apresentavam relevos mais desgastados, em que ficava nítida a alteração da paisagem original. Enquanto que, em cortes de estradas que eram de terra, havia a degradação, mas em menor intensidade, relacionada a dificuldade de acesso e menor fluxo de pessoas nestes trechos.

Observam-se diversos trechos em que os rios foram represados, como ocorrem em Salesópolis, Paraíbuna, Areias, entre outros, sejam para abastecimento hidrelétrico ou tratamento e distribuição de água. É importante salientar que na cidade de Guararema esperava-se encontrar o rio Paraíba em melhores condições por estar no alto curso, mas encontra-se retificado, com ausência de mata ciliar e com grande presença de lixo urbano.

Dentre as situações identificadas, o alto curso mantém trechos conservados, zonas intermediárias e feições pontuais de degradação, seja por processos erosivos nas encostas ou pela presença de atividades agroeconômicas. A ausência da mata ciliar aparece em praticamente todos os trajetos percorridos em que havia um corpo hídrico Figura 7. A ocupação urbana ocorre próxima aos canais fluviais, ou seja, nas planícies de inundação, acarretando alta vulnerabilidade socioambiental.



**Figura 4-0-7:**Caracterização das principais feições sócio-geomorfológica-ambiental identificadas no alto curso da Bacia do Paraíba do Sul. Fonte: Borges, 2021.

### *3.4. Conectividade das informações secundárias e primárias para diagnóstico do alto curso da BPS*

A partir das informações levantadas sobre o alto curso da bacia do Paraíba do Sul, foi possível estabelecer relações dos municípios que a incorporam e suas condições socioambientais, entendendo que as suas paisagens refletem as situações dos municípios e de sua condição ambiental.

Observa-se um maior volume de matrículas para o ensino fundamental de 6,3 e médio 4,8, comparando às médias dos municípios do alto curso. Dessa forma, observamos um índice inferior no ensino médio em torno de 5 comparado com a avaliação de 0 a 10, o que reflete um abandono do nível educacional da população que pode refletir nas condições ambientais.

Verifica-se que em quase todos os municípios, o percentual de esgotamento sanitário por concessão varia em média de 79,7%, o que em muitos casos não tem uma relação direta com o total populacional. Todavia, há municípios mais populosos e com baixo esgotamento sanitário e com menos população e maiores taxas de esgotamento. Enquanto que o consumo de água varia em 171 por l/ hab, em que se observa nos municípios com maior ou menor consumo, em muitos casos não sendo influenciado pelo total de população, estando mais relacionado com outros setores da economia.

Os investimentos do PIB são favoráveis, em média R\$ 26.618,00, o que garante que esse recurso financeiro converse com o nível de desenvolvimento e investimento em outros setores dos municípios do alto curso, influenciando na situação da bacia. O IDH está em torno de 0,7, o que é considerado um bom índice dos municípios, visto que este índice varia entre 0 e 1, e o índice desta região da BPS está acima da média de muitas outras regiões brasileiras.

Sobre as condições físicas desse recorte espacial, predominam relevos colinosos e depósitos fluviais, como também o predomínio de latossolos e espodossolos. No uso do solo, há o aumento da área urbana e das formações florestais, o que remete ao abandono de áreas de plantio ou pasto, dando espaço para a recuperação vegetal. Nos municípios visitados, observam-se feições erosivas isoladas, ausência de mata ciliar nas margens dos canais e diversas represas ao longo da bacia.

Ao compreender a situação econômica, educacional e ambiental do alto curso, observa-se que os dados analisados permitem o entendimento das paisagens identificadas no campo. Os dados sobre um município relevam as diversas facetas do papel dos seus investimentos, sendo eles nas diversas áreas que o incorporam. Os municípios do alto curso possuem um bom IDH, que está diretamente relacionado com o índice educacional das regiões estudadas, pois os dados analisados são bem próximos, o reflete no alto PIB que os municípios apresentam.

Cabe destacar que quase todos os municípios possuem esgotamento sanitário, segundo os dados IBGE, como bons a ótimos nos locais observados. Esses dados se referem ao esgoto que é destinado à rede coletora, mas quando se observa esses dados em campo verifica-se que os dados não condizem com a realidade dos municípios, ainda mais se analisados com o total de população e o consumo de água, pois há municípios com baixa densidade demográfica com alto consumo de água e esses dados não se justificam nem pelo PIB, como por exemplo Areias e Potim.

Atualmente, entender a bacia é compreender suas relações sociais, pois não podemos nos apoiar no “*mito da natureza intocada*” (DIEGUES, 2008). As bacias estão inseridas em contextos urbanos e, com eles, desmatamentos, alterações no ciclo hidrológico, aumento de áreas de impermeabilização e extinção das matas ciliares (POLETO, 2014; STEVAUX e LATRUBESSE, 2017).

As alterações no canal fluvial por alterações antrópicas acabam por desregularizar o fluxo, principalmente com a introdução por barramentos, que estão muito presentes no alto curso (STEVAUX e LATRUBESSE, 2017), como pode ser visto na Figura 3. Portanto, as alterações e interferências no alto curso acabam por desenvolver consequências no médio e baixo curso (GUERRA e CUNHA, 2000) pela redução da qualidade e quantidade da água e também pelo acúmulo de sedimentos (POLETO, 2014).

Os ambientes próximos das zonas urbanas possuem maior degradação ambiental (CHRISTOPHERSON, 2011), principalmente quando o rio corta a

cidade. Como exemplo, podemos citar o município de Guararema, em que o rio Paraíba do Sul encontra-se em condições conflituosas com grande aporte de resíduos urbanos e parte de sua margem e planície de inundação modificada. Essas características se desdobram para outras áreas fluviais, o que é refletido na ocupação em que há o predomínio da população e centros industriais nas áreas mais planas da bacia e nos depósitos fluviais em que há o predomínio do gleissolos.

A bacia tem o predomínio dos latossolos, que são naturalmente muito intemperizados. Com isso, tornam-se pobres em nutrientes para a vegetação. Entretanto, são muito procurados para o desenvolvimento de atividades agrícolas e pastoris (Figura 2), pois estão localizados em relevos com inclinação suave, adequados ao uso de maquinário e pouco suscetíveis a erosão hídrica como os gleissolos, pois, por se manterem encharcados, favorecem esse tipo de atividade (LEPSCH, 2011). Quando essa população passa a ocupar as margens do rio, influencia na carga sedimentar e nos papéis erosivos, principalmente quando o relevo colinoso passa a ser utilizado para o agropasto.

Apesar dos impactos observados pela ação antrópica, o alto curso possui uma condição ambiental para a manutenção dos serviços ambientais e conseqüentemente para a produção de água. Cabe destacar a importância na manutenção de trechos da bacia de média degradação para que continue a fornecer os serviços ambientais para a bacia. Acredita-se que essa qualidade ambiental, mesmo não sendo o melhor dos cenários, está pautada pelos bons índices educacionais, IDH e PIB dos municípios que incorporam o alto curso.

Um dos entraves relacionados à pesquisa remete às informações fornecidas pelo IBGE. Como os dados disponíveis em caráter virtual referem-se aos anos 2010 e 2017, alguns dados podem estar defasados, pois devido aos problemas de saúde mundial (pandemia) o censo não pode ser realizado. Dessa forma, acredita-se que podem ter algumas variações relacionados ao PIB e IDH, por causa das condições de vulnerabilidade que os municípios se encontram entre os anos 2020 e 2021.

Os resultados encontrados apontam que as estruturas socioeconômicas e nível educacional influenciam diretamente na qualidade ambiental. Essas relações são refletidas na paisagem, porque a população passa a ocupar áreas menos declivosas e acabam por ser tornar vulneráveis pela própria condição física, ou seja, geomorfológica e pedológica dos ambientes. Os investimentos deveriam ser direcionados para uma bacia mais sustentável, mas não são essas as características que foram identificadas pela pesquisa.

#### **4. CONCLUSÃO**

A qualidade ambiental nos municípios que compõem o alto curso da bacia do Paraíba do Sul estão diretamente atrelados à sua situação socioeconômica, que reflete o seu nível ambiental. Dessa maneira, podemos entender que a boa condição se encontra nos municípios que fazem com que a degradação ambiental seja em menor proporção.

Os valores menores de IDH e IDEB podem ser reflexos do que encontramos nos trechos isolados de processos erosivos expressivos, mas devido ao rendimento dos municípios, poderia haver mais preocupação com a qualidade ambiental. A paisagem é o reflexo das condições físicas da bacia, e suas estruturas geomorfológicas, pedológicas e de uso e ocupação do solo mostram como que ocorre essa ocupação no espaço geográfico.

Os dados secundários associados ao reconhecimento de suas características físicas e visitas em campo fornecem bons instrumentos de análise para compreender a situação de uma bacia hidrográfica. É importante ter em mente que nem todos os dados obtidos condizem com a realidade local, por isso há a necessidade de entender os elementos componentes da paisagem de uma forma geossistêmica.

#### **AGRADECIMENTOS**

O material produzido se deve a pesquisa de doutorado do autor que foi financiado através de bolsa da CAPES, CNPQ, FAPERJ. Bem como, teve o suporte financeiro para que houvesse a realização dos campos o Programa de

Pós-Graduação em Geografia (PPGG-UFRJ) e Comitê do Baixo Paraíba e Itabapoana. Como também agradeço a aluna Julia Vieira por ter contribuído para a organização dos dados do IBGE e CEVAIP e a Taiany Marfetan por ajudar na revisão do texto. Nas visitas a campo tive o apoio dos alunos de iniciação científica como: Julia Vieira, Mateus Ferreira, Aline Batista, André Avelar.

## **REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO**

BRIERLEY, G. J.; FRYIRS, K. A. *Geomorphology and River Management: Applications of the River Styles Framework*. Blackwell Publications, Oxford. UK. 398pp. 2005.

BRIERLEY, G. J.; FRYIRS, K. A. *Geomorphic Analysis of River Systems: An approach to Reading the Landscape*. John Wiley and Sons, Chichester. 345 pp. 2013.

CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; MARTINS, S. V.; SOARES, C. P. B. Caracterização hidroambiental da bacia hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. *R. Árvore, Viçosa-MG*, v.30, n.2, p.249-256, 2006.

CHRISTOPHERSON, R. W. *Geossistemas: Uma introdução à geografia física*. 7ª Edição. Bookman. Porto Alegre. 2012.

COELHO NETO, A. L. *Surface Hydrology and Soil Erosion in a Tropical Mountainous Rainforest Drainage Basin, Rio de Janeiro*. Leuven (Belgium): 181p. Tese Doutorado. Katholieke Universiteit Leuven. 1985.

DIEGUES, A. C. *O Mito Moderno da Natureza Intocada*. 6ª ed. Editora Hucitec. NUPAUB. São Paulo. 2008.189p.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. *Geomorfologia e Meio Ambiente*. 3.ed. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 2000. 379p.

HIRATA, R.; VIVIANI-LIMA, J. B.; HIRATA, H. Capítulo 17. A água como recurso. Org. TEIXEIRA, W.; FAIRCHILD, T. R.; TOLEDO, M. C. M.; TAIOLI, F. *Decifrando a Terra 2ª Edição*. Companhia Editora Nacional. São Paulo. 2009

FELIPPE, M. F.; MAGALHÃES JR, A. P. M. Conflitos conceituais sobre nascentes de cursos d'água e propostas de especialistas. *Geografias (UFMG)*, Belo Horizonte. V.9. pp. 70-81. 2013.

FELIPPE, M. F.; MAGALHÃES JR, A. P. M. Capítulo 4- O Estudo Hidrogeomorfológico de Nascentes. Orgs. MAGALHÃES JR, A. P. M.; BARROS, L. F. P. *Hidrogeomorfologia: Formas, processos e Registros Sedimentares Fluviais*. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro. 2020.

LEPSCH, I. F. 19 Lições de Pedologia. Oficina Textos. São Paulo. 2011.

NASCIMENTO, F. R. Categorização de Usos Múltiplos dos Recursos Hídricos e Problemas Ambientais: Cenários e Desafios. In: MEDEIROS, C. N.; GOMES, D. I. D. M.; ALBUQUERQUE, E. L. S. CRUZ, M. L. B. (Orgs.). Os Recursos Hídricos do Ceará: Integração, Gestão e Potencialidades. Fortaleza: 2011. 271p.

OLIVEIRA JÚNIOR, J. C.; DIAS, H. C. T. Precipitação efetiva em fragmento secundário da Mata Atlântica. Revista *Árvore*, Viçosa, v. 29, n. 1, Janeiro/Fevereiro 2005.

POLETO, C. Bacias Hidrográficas e Recursos Hídricos. Editora Interciência. Rio de Janeiro. 2014.

STEVANUX, J. C.; LATRUBESSE, E. M. Geomorfologia Fluvial. Oficina Textos. São Paulo. 2017.

## **Capítulo 5- Ensaio das Condições Físicas-Sociais do Médio Curso do Paraíba do Sul**

### **RESUMO**

O médio curso da bacia do Paraíba do Sul é um trecho de alta importância para a manutenção da bacia. Ao olhar esse trecho de forma geossistêmica, é possibilitado um viés que englobe as heranças dos processos históricos, econômicos e ambientais que moldam a sua paisagem e as dinâmicas socioambientais. Ao integrar a parte intermediária, aos extremos da bacia, é possível observar uma zona de influência do que ocorre à montante pelo alto curso e atua nos processos à jusante. Buscou-se compreender como que se encontra a situação socioambiental do médio curso da bacia do Paraíba do Sul. O procedimento de análise baseou-se no levantamento de dados sobre os municípios do médio curso através do IBGE e Ceivap com informações do IDEB, focando no consumo de água, esgotamento sanitário, PIB, IDH, população e densidade demográfica. Foi feito também o mapeamento do solo e da geomorfologia baseada em dados do ZEE 2008, associado a trabalhos de campo e mapeamento com imagens Sentinel para o ano de 2020. Os dados nos permitem analisar as diferenças na educação que ocorrem para todos os municípios com redução do IDEB. O PIB, IDH e população possuem valores médios comparados com o valor total, não há discrepâncias significativas entre os municípios dentro dos diferentes estados, com exceção de Itatiaia (RJ), que possui maior rendimento econômico. A geomorfologia predominante é de planícies fluviais e relevo colinoso, acompanhado da dominância dos latossolos e espossolos. Os mapeamentos e o diagnóstico ambiental mostram redução do agropasto, manutenção dos centros urbanos e crescimento da recuperação florestal. Portanto, o médio curso encontra-se em uma situação ambiental melhor do que o esperado e os índices sociais, econômicos e ambientais associados com os mapeamentos físicos conversam positivamente. Logo, a bacia passa por um processo de retomada florestal, aumentando os serviços ambientais prestados.

**Palavras Chaves: Dados Secundários; Mapeamentos; Resiliência; Características Ambientais;**

## 1. INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica atua como um conglomerado de canais fluviais que se desenvolvem a partir de suas características físicas, estrutura geológica, geomorfológica, pedológica e climática (DEVIDE *et al.*, 2014). Dessa maneira, a rede hidrográfica vai se devolvendo e se configurando de acordo com suas estruturas físicas. Configura-se morfologicamente com subdivisões aparentes desde o alto curso onde há o início da formação dos canais, o médio curso ainda com forte influência da geomorfologia e o baixo curso em que o canal fluvial se encontra com o mar. Essa descrição da bacia se refere ao fato da não ação antropogênica neste ambiente. Como é sabido, a partir da atuação humana, os processos da geomorfologia fluvial são reconfigurados (BOTELHO e SILVA, 2011) diante das necessidades dos processos urbanos/rurais.

Pensar a bacia hidrográfica é compreender como atuam os processos naturais, históricos, culturais, econômicos e sociais (DANTAS e COELHO NETTO, 1996), fazem parte deste entendimento de unidade geográfica. A bacia engloba trechos urbanos, rurais, com diferentes geologias, solos, morfologias e intervenções humanas (DEVIDE *et al.*, 2014; FRANZOZI, 2020), em que essas alterações também variam espacialmente e temporalmente. Importante compreender que dentro do recorte de bacia há diversos municípios e que em muitos casos possuem delimitações contrastantes quando comparado com a totalidade da bacia.

A bacia do rio Paraíba do Sul apresenta toda essa magnitude de diversos elementos que interagem, integram, contradizem e se unem. O médio curso da bacia engloba esses diversos elementos, pois é a zona intermediária da bacia, a qual sofre com as alterações e processos desenvolvidos do alto curso, mas também influencia a dinâmica hídrica no baixo curso. Desta forma, este trecho da bacia é de grande importância, ao se relacionar seus comportamentos com o entendimento da sua dinâmica de atuação. Assim, se faz necessário ressaltar sua funcionalidade dentro desse sistema que é a bacia hidrográfica em sua totalidade.

O médio curso da bacia do Paraíba do Sul, incluindo o rio principal e seus afluentes, possui as feições geomorfológicas muito evidentes, que configura e estrutura sua rede de drenagem. Em termos, geológicos segundo a

delimitação de Ab'Sáber (2000), este trecho da bacia se insere no domínio morfoclimático de “Mares de Morros”. Isto é, há o predomínio do relevo montanhoso e colinoso (ALMEIDA, *et al.*, 1991), a rede hidrográfica possui em sua maioria trechos confinados e parcialmente confinados (BRIERLEY e FRYIRS, 2005). Configura uma unidade geomorfológica bem definida em ambos os setores de configuração dos vales, e nos trechos confinados observa-se a presença de planícies de inundações, enquanto no parcialmente confinado o confinamento lateral pode ser irregular e sinuoso, uma vez que a textura do material se modifica por essa organização natural (BRIERLEY e FRYIRS, 2013).

Os trechos parcialmente confinados possibilitam a formação das planícies de inundação, que estão intimamente relacionadas com o perfil longitudinal dos canais (BRIERLEY e FRYIRS, 2013). Os trechos mais rebaixados acumulam sedimentos das zonas de deposição, são muitos utilizados para a agricultura, e também no desenvolvimento da urbanização, mesmo sendo zonas vulneráveis, pois ainda passam a ser controlados pelas características e comportamento dos rios.

Associado ao papel da geomorfologia e à morfologia do canal no médio curso do Paraíba do Sul, a cobertura vegetal possui uma atuação fundamental na manutenção do ciclo hidrológico e na qualidade ambiental desses sistemas. A floresta presente no médio curso se desenvolveu durante o holoceno, propiciando o desenvolvimento de solos férteis, espessos e com rica camada orgânica (DANTAS e COELHO NETTO, 1996). Assim, condiciona o tipo de padrão fluvial, equilibrando a relação entre energia e sedimentos (BARROS e MAGALHÃES JR, 2020), de modo a proporcionar maior infiltração e conseqüentemente maior carga hídrica no sistema, protegendo as encostas dos processos erosivos e reduzindo os sedimentos encosta-planície.

Nas zonas com maior declividade no médio curso há marcante presença de unidades de conservação, que se tornam elementos primordiais para a alimentação do sistema da bacia influenciando o baixo curso. Com a presença e ampliação dos ambientes florestados, há o aumento dos serviços ambientais na bacia, de modo que essa relação não é direta (BRUIJNZEEL, 2004), sendo influenciada por outros condicionantes socioambientais.

Como é sabido, o médio curso sofreu intensos processos de modificação da paisagem por ciclos econômicos, intervenções humanas e processos de urbanização, deixando heranças nas suas paisagens. Cabe destacar que o médio Vale do Paraíba teve um processo intenso de desmatamento da mata atlântica de suas encostas para dar lugar ao processo de agricultura intensiva. A principal atividade econômica que predominou foi o café (DEVIDE *et al.*, 2014), que exerceu grande influência devido à boa qualidade dos solos neste setor.

Após o declínio cafeeiro e o esgotamento dos solos devido a essa prática econômica predatória, o pasto passa a se expandir em antigas áreas do café em locais onde já existiam fortes processos erosivos. A atividade pastoril intensificou os processos de degradação das vertentes, com o aumento dos sedimentos vindos da encosta para o canal fluvial, ocasionando desequilíbrio na dinâmica hidrológica (DANTAS e COELHO NETTO, 1996), de modo que esse processo modificou a condição ambiental da bacia.

O processo de urbanização chega como um outro elemento de maior desgaste do médio curso. A população passa a ser atraída com o ciclo do café e os processos antrópicos passam a reconfigurar o espaço geográfico para acomodar a população em desenvolvimento. Como também, o desenvolvimento urbano, quando não acompanhado de saneamento e infraestrutura básica e adequada, causa diversos impactos relacionados a esse avanço populacional (POLETO, 2014).

Diante deste cenário, em diversos trechos dos canais foram feitas retificações a para expansão urbana. Por exemplo, em Barra Mansa (DANTAS e COELHO NETTO, 1996), planícies de inundação foram ocupadas junto ao desenvolvimento do setor industrial, consumindo e alterando a qualidade da água.

Associado a esse processo de transformação socioeconômica, houve diversas intervenções nos canais fluviais de barramento para dar lugar às represas e com isso os impactos vem sendo cada vez mais acentuados. As obras para armazenamento de água fluviais interferem na dinâmica de energia dos fluxos, alterando os canais à jusante com retenção de sedimentos e

influenciando nos processos erosivos nas margens e leitos (BARROS e MAGALHÃES JR, 2020).

Neste trecho, parte das águas do rio Paraíba é transposto para a Bacia do rio Guandu que abastece a região do Rio de Janeiro (MACEDO e PIMENTEL, 2004). A transposição na Usina Santa Cecília (Barra do Piraí / RJ) redireciona parte das águas do Paraíba para a manutenção da segurança hídrica e no controle das cheias (ANA, 2015; ONS, 2015). Entretanto, não se sabe qual o real impacto desse processo em ambas as bacias ao longo do tempo, além dos riscos socioambientais.

O médio curso da Bacia do Paraíba do Sul engloba municípios de três estados do Sudeste, como São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, que possuem organizações e estruturas políticas e econômicas distintas. É necessário compreender, dessa maneira, a partir os dados socioeconômicos, como ocorrem as atuações dinâmicas que possam contribuir com a qualidade ambiental da bacia. Cabe entender ainda como que se configuram as características físicas da bacia associadas com o contexto das transformações na paisagem.

O entendimento, levantamento e análise dessas informações em conjunto possibilitam o conhecimento da real situação que este trecho da bacia se encontra. Dessa maneira, ao fornecerem subsídios para entender quais são as áreas que mais e que menos impactam na bacia, podemos avaliar seus impactos na recarga hídrica e nos possíveis serviços ambientais que podem ser fornecidos para sua melhor condição geocossistêmica.

As bacias hidrográficas são recortes geográficos de alta complexidade de análise, principalmente quando envolvem elementos que inicialmente possam parecer contrastantes. A partir da concepção geossistêmica, torna-se inviável analisar o espaço geográfico apenas por condicionantes físicos, sociais ou econômicos de forma pontual. Ainda mais quando se trata de um recorte que envolve natureza e sociedade de forma integrada, pois ambos se conectam dentro da bacia hidrográfica.

Sobre o médio curso, podemos dizer que seria a transição do alto curso, onde o canal fluvial se forma, dando continuidade à sua trajetória, para o baixo

curso, que absorve as mudanças oriundas do alto e do médio, configurando um novo cenário. Ao analisar as interações, processos, dados e cenários, é possível compreender as fragilidades, as potencialidades, as mudanças para que existam serviços ambientais eficientes na bacia, apesar das alterações sociogeomorfológicas nela efetivados. Assim, o objetivo que se estrutura visa compreender como que se desenvolvem as relações socioeconômicas e ambientais do médio curso da bacia do Paraíba do Sul, de modo a se relacionar com sua paisagem geográfica e que envolvam reflexões sobre a dinâmica hídrica neste recorte geográfico da bacia.

## **2. METODOLOGIA**

A fim de compreender a conjuntura do médio curso da BPS na escala de 1:250.000, a metodologia inicia-se com o levantamento dos dados secundários sociais, econômicos e ambientais dos municípios que englobam esse trecho. Bem como, para a caracterização ambiental, utilizou-se o mapeamento da geomorfologia, tipo de solo e de usos do solo. Por último, foi analisado como a configuração socioeconômica reflete na paisagem a partir dos trabalhos de campos realizados.

A aquisição dos dados estruturais dos municípios foi obtida pelo censo demográfico do IBGE (2010). Entre eles, podemos destacar: dados populacionais, como o total e densidade de população; já sobre os dados educacionais, optou-se por utilizar os índices do IDEB (Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais), tanto para o ensino fundamental como para o ensino médio, que realiza os cálculos através do cruzamento de informações da taxa de aprovação e desempenho escolar, que varia de 0 a 10.

Foram também levantados dados do IBGE para esgotamento sanitário econômicos, englobando o PIB e IDH (Índice de Desenvolvimento Humano), que utilizam um cálculo que relaciona renda, educação e saúde, variando de 0 a 1. Os dados sobre consumo de água foram obtidos do Siga-CEIVAP, que estabelece o consumo médio per capita de água (l/hab/dia).

Para o desenvolvimento das análises físico-ambientais, utilizou-se a base de dados do IBGE, CEIVAP, ZEE, bem como dados produzidos e

coletados em campo através do LIEG-UFRJ (Laboratório Interdisciplinar de Estudos Geoambientais), em base SIG. Os mapeamentos auxiliam a conhecer a condição em que se encontram os municípios da bacia e suas principais fragilidades e potencialidades.

Os dados geomorfológicos, pedológicos e de uso do solo foram oriundos dos dados obtidos do Zoneamento Econômico-Ecológico de 2008. O mapeamento do uso do solo para o ano 2020 foi obtido através das imagens Sentinel com resolução de 10 m, em que foi realizada uma classificação supervisionada com amostragem e posteriormente feita uma revisão das classes obtidas pelo Google Earth de forma a comparar as mudanças de usos entre 2008 e 2020.

Os trabalhos de campo realizados nos municípios do médio curso foram acompanhados do uso de material fotográfico e anotações em caderneta, possibilitando a listagem das principais feições presentes na paisagem. Bem como, foi analisada como a situação socioeconômica e ambiental influenciam nas configurações de degradação e preservação da bacia.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

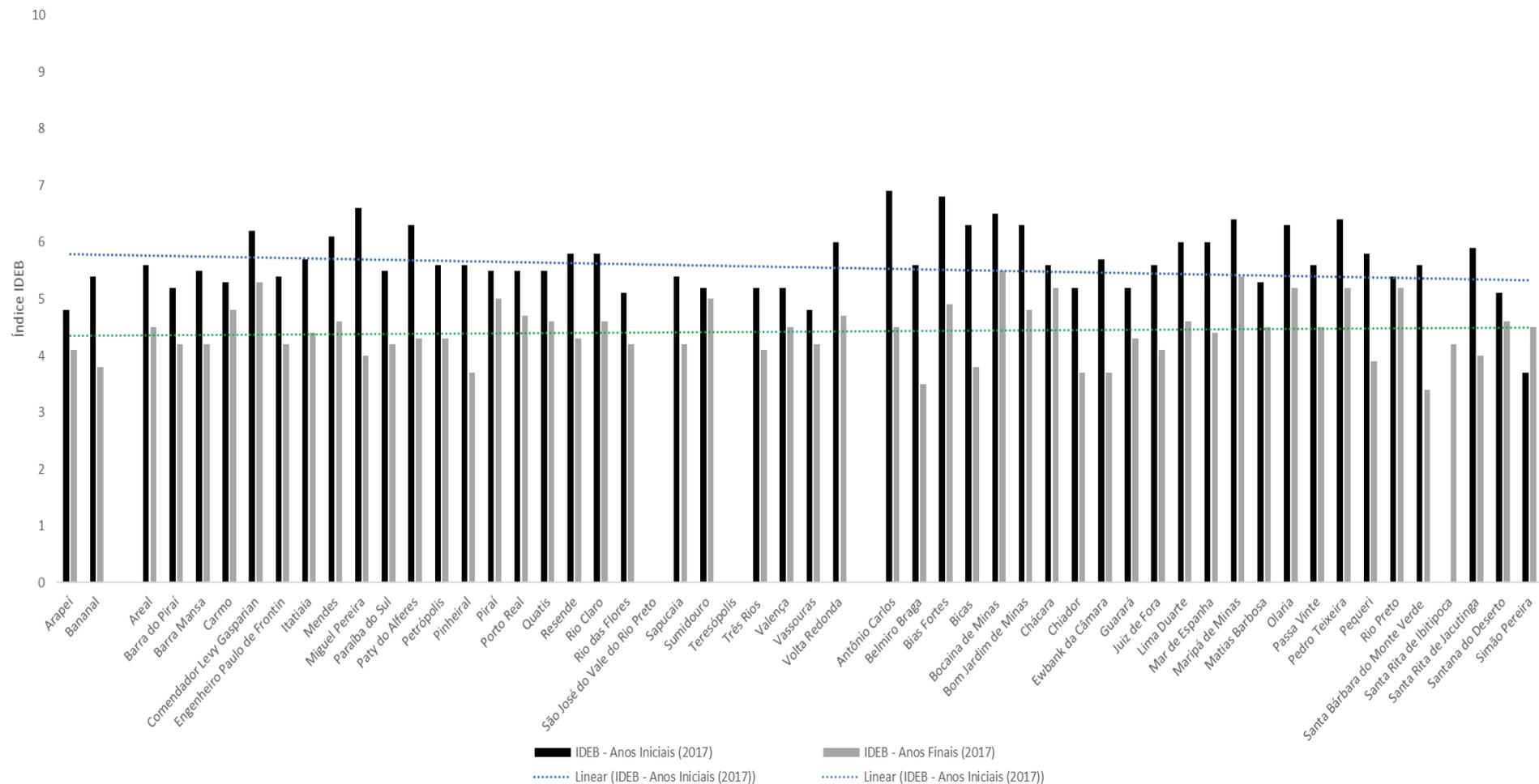
#### *3.1. Informações dos Dados Secundários*

A partir da seleção das informações consideradas importantes para a análise das características dos municípios do médio curso da bacia destacam-se informações relacionadas aos índices educacionais para os anos do ensino fundamental e médio, variando de 0 a 10, em que, quanto mais próximo de zero pior o nível e próximo a dez melhor a relação educacional. Em uma tendência geral, há uma diferença significativa para os anos iniciais e finais do ensino fundamental, de modo que se observam melhores índices nos anos iniciais do ensino fundamental. Dos 54 municípios que englobam o médio curso, essa avaliação para os anos iniciais varia de 3,7 até 6,9, com média de 5,6 para a avaliação escolar. Já para os anos finais indica avaliação entre 3,5 a 5,5, sendo a média por municípios de 4,2, ou seja, nem alcançando o nível médio proposto pelo índice.

Destacam-se 15 municípios que possuem os melhores índices para os anos iniciais do ensino fundamental, sendo eles apresentados por ordem decrescente. Por exemplo: Antônio Carlos (MG), Bias Fortes (MG), Miguel Pereira (RJ), Bocaina de Minas (MG), Maripá de Minas (MG), Pedro Teixeira (MG), Paty de Alferes (RJ), Bicas (MG), Bom Jardim de Minas (MG), Olaria (MG), Comendador Levy Gasparian (RJ), Mendes (RJ), Volta Redonda (RJ), Lima Duarte (MG), Mar de Espanha (MG) com índice até 6.0, no qual considera-se um valor significativo a partir dos outros valores para os municípios. Com o pior índice, encontra-se o município de Simão Pereira, com 3.7 do IDEB, localizado no estado de Minas Gerais.

Todavia, para os anos finais do ensino fundamental, destacam-se 9 municípios com o índice alcançando 5, sendo eles: Bocaina de Minas (MG), Maripá de Minas (MG), Comendador Levy Gasparian (RJ), Pedro Teixeira (MG), Olaria (MG), Chácara (MG), Rio Preto (MG), Piraí (RJ) Sumidouro (RJ). O município de Santa Bárbara do Monte Verde (MG) com 3.4, encontra-se com o índice mais baixo para os anos finais.

Cabe destacar que não havia dados disponíveis dos municípios de São José do Vale do Rio Preto (RJ) e Teresópolis (RJ) para os anos iniciais e finais do ensino fundamental pelo IBGE. Bem como, sobre o município de Santa Rita de Ibitipoca (MG) não havia a informação do IDEB para os anos iniciais. Com destaque para os anos iniciais, os municípios do Rio de Janeiro alcançaram 6,1 do IDEB comparado como os municípios de Minas Gerais e São Paulo, enquanto para os anos finais todos os estados e seus municípios correspondentes possuem o índice próximo de 4, portanto abaixo da média. A variação dos valores do IDEB pode ser vista para os anos iniciais e finais na Figura 1 que nos mostra como ocorrem essa diferença por município.



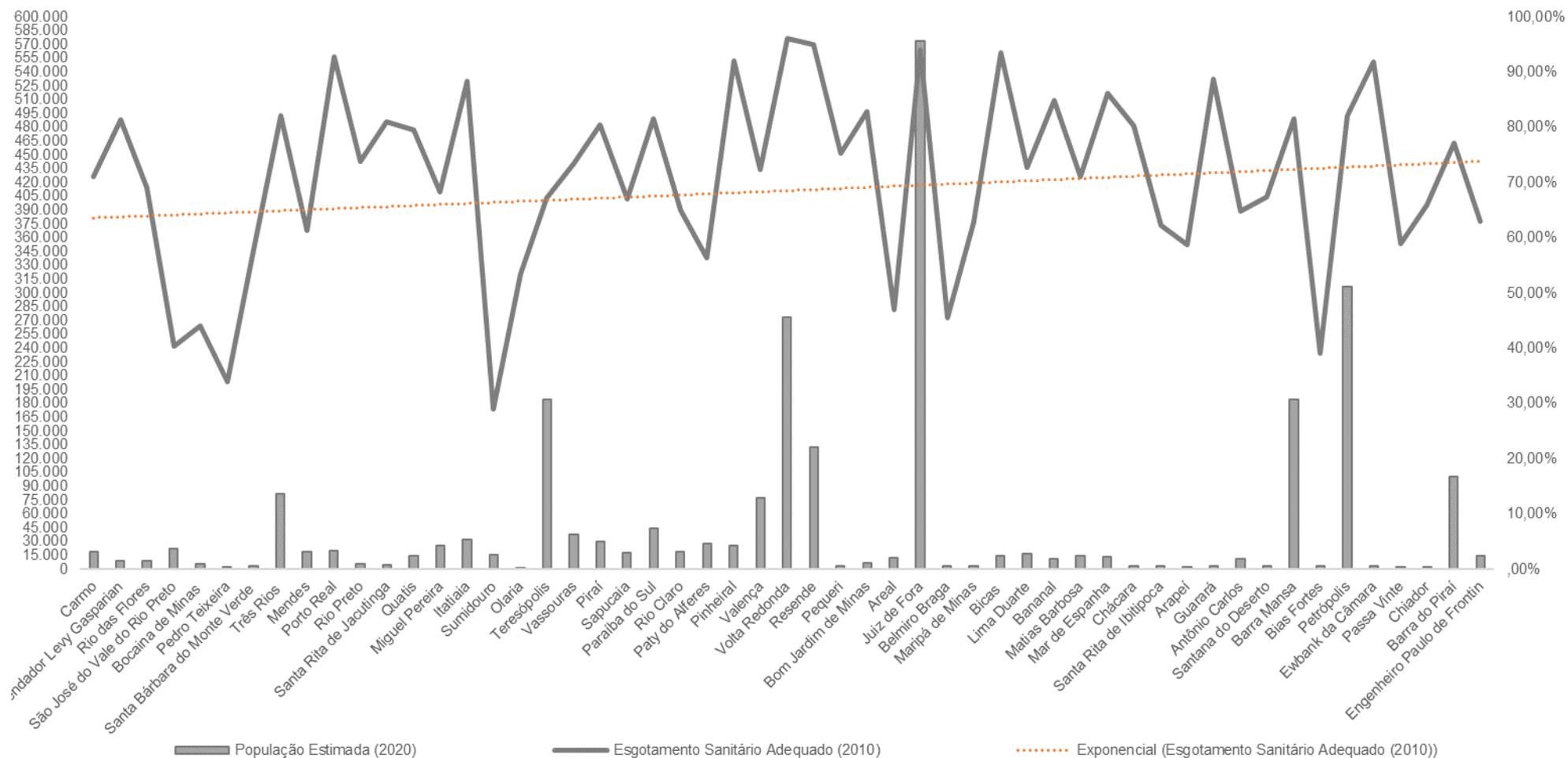
**Figura 5-0-1:** Relação dos Índices de Desenvolvimento Educacional Brasileiro para os anos iniciais e finais do ensino fundamental, para o ano de 2017. Em tracejado azul representa a média para os anos iniciais, enquanto a linha tracejada verde a média para os anos finais. Fonte: IBGE, adaptado por Borges, 2021.

Dos municípios com maior número de população para o médio curso destacam-se Juiz de Fora (MG), Petrópolis (RJ), Volta Redonda (RJ), Barra Mansa (RJ) e Teresópolis (RJ). Bem como, os que possuem menor população, abaixo de 3 mil habitantes, são Maripá de Minas (MG), Chiador (MG), Simão Pereira (MG), Arapeí (SP), Passa Vinte (MG), Pedro Teixeira (MG) e Olaria (MG).

De acordo com os dados, parte dos municípios do Rio de Janeiro e Minas Gerais possuem esgotamento ineficiente para o quantitativo da população. Apenas Petrópolis (RJ) possui a segunda maior população da bacia englobando o esgotamento sanitário adequado. O médio curso possui uma média de 70,91% de abastecimento de esgoto considerado benéfico para os municípios, calculado a partir dos dados obtidos pelo IBGE cidades por município.

Dentre os municípios da região, Volta Redonda (RJ), Resende (RJ), Juiz de Fora (MG), Bicas (MG), Porto Real (RJ) e Pinheiral (RJ) possuem os melhores percentuais que atendem esse serviço. Em contrapartida, Pedro Teixeira (MG) e Sumidouro (RJ) possuem respectivamente 34 % e 29 % de todo seu esgoto tratado, podendo ser justificado, em Pedro Teixeira, pelo baixo número populacional, diferentemente de Sumidouro. Bem como, não se justifica porque Areias possui a segunda menor população e seu esgotamento atende 64,7% da população.

É importante observar que há vários municípios com número reduzido de população comparado a outros, porém, com informações de que possuem esgotamento sanitário adequado. Dessa maneira, todos os municípios que incorporam o médio curso possuem acesso ao tratamento de esgoto desigual, sendo que 30 municípios com categoria superior aos 70 %, 17 municípios acima 50% e 7 abaixo de 50 % de esgotamento sanitário, conforme a Figura 2.

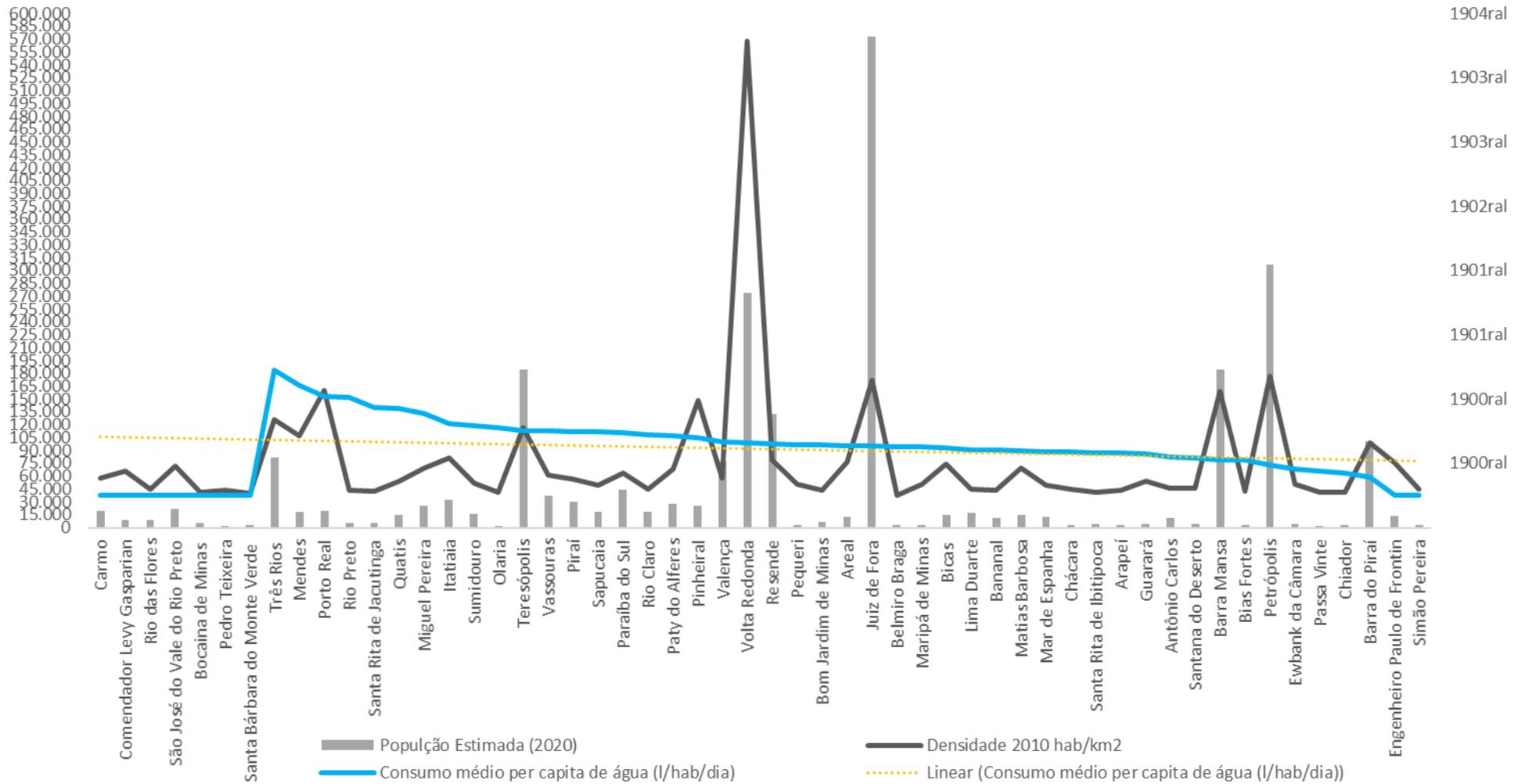


**Figura 5-0-2:** Vinculação entre o total de população por município e o esgotamento sanitário informado como adequado, em que linha tracejada indica a média de esgotamento por população. Fonte: IBGE, adaptado por Borges, 2021.

A água é um dos elementos fundamentais que abastece diferentes setores da economia, como a agropecuária e o setor industrial, mas também o abastecimento urbano/social. A média de consumo de água por habitante fica em torno de 174,23 (l/hab/dia) e o município com menor consumo de água é Barra do Piraí (RJ), seguido de Chiador (MG) e Passa Vinte (MG).

Um caso peculiar ocorre no município de Juiz de Fora (MG), que se destaca com a maior população do médio curso, mas com um consumo baixo de água por habitantes. Em contrapartida, Rio Preto (MG) com uma população bem inferior que Juiz de Fora, consome o dobro por hab/l. Além dos já citados, outros grandes consumidores de água da região são: Três Rios (RJ), Mendes (RJ), Porto Real e Rio Preto (MG).

Cabe ressaltar que não foram obtidos os dados do consumo de água de 9 municípios, sendo eles: Carmo (RJ), Comendador Levy Gasparian (RJ), Rio das Flores (RJ), São José do Vale do Rio Preto (RJ), Bocaina de Minas (MG), Pedro Teixeira (MG), Santa Bárbara do Monte Verde (MG), Engenheiro Paulo de Frontin (RJ) e Simão Pereira (MG). Na relação total de população e consumo dos recursos hídricos destacam-se com um consumo desigual frente aos municípios menos populosos, conforme pode ser compreendido na Figura 3.

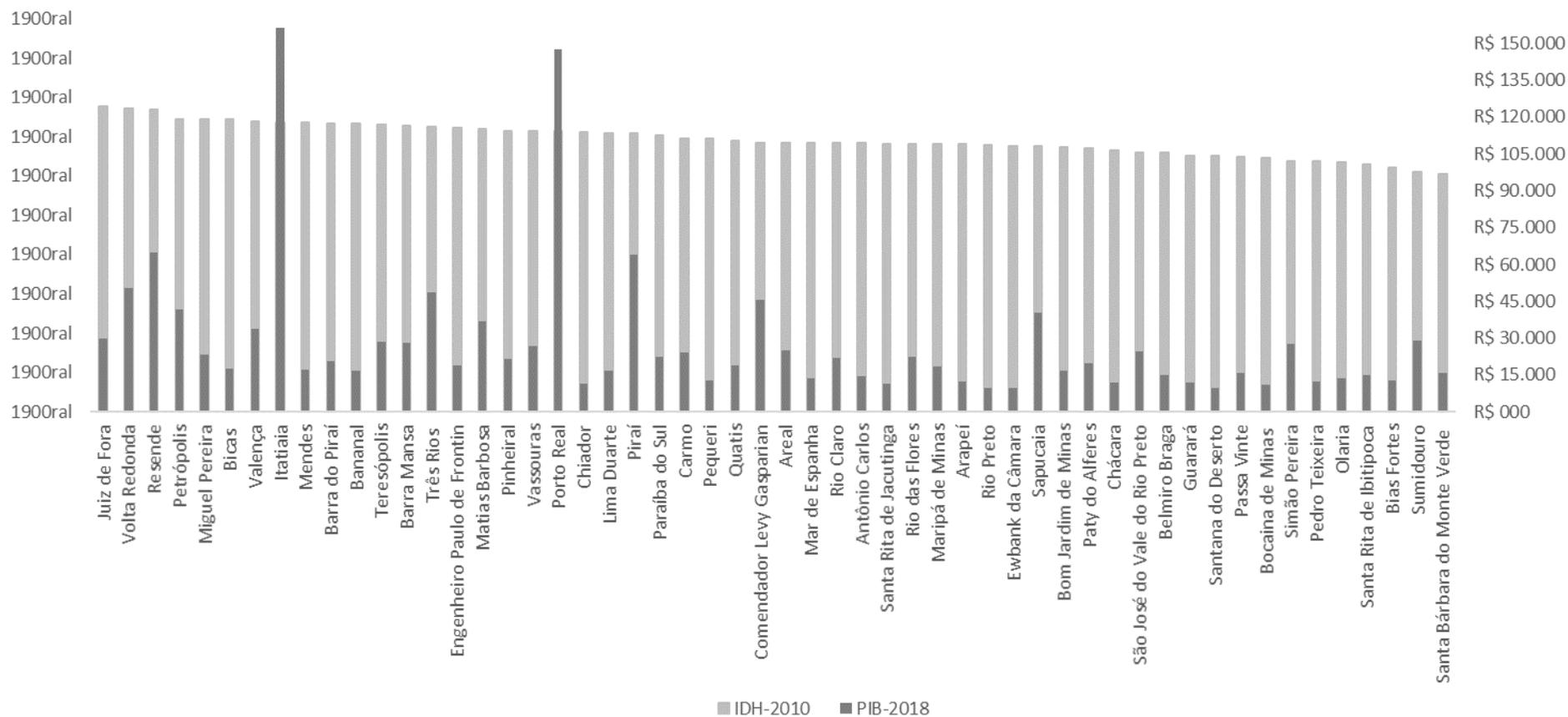


**Figura 5-0-3:** Estabelece a relação do total de população por sua distribuição espacial e o consumo médio de água em litros por habitantes dia. Fonte: IBGE e CEIVAP, adaptado por Borges, 2021.

Dentro da análise sobre o poder econômico dos municípios do médio curso, Itatiaia (RJ) e Porto Real (RJ) são os que possuem os maiores PIB quando comparados às outras localidades. É importante destacar que o restante dos municípios se encontra com PIB bem abaixo de Itatiaia e Porto Real, ambos pertencentes ao estado do Rio de Janeiro. Entretanto, os que possuem menor prospecção econômica são; Santana do Deserto, Ewbank da Câmara e Rio Preto, ambos no estado de Minas Gerais.

Quando observamos o Índice de Desenvolvimento Humano, que varia de 0 a 1, evidenciam-se Juiz de Fora (MG), Volta Redonda (RJ) e Resende (RJ) com respectivamente 0,778, 0,771 e 0,768, ou seja, com valores próximos de 0,8, que podemos considerar como bons valores propostos pelo índice. Em contrapartida, 3 municípios ainda se situam abaixo do índice mais alto, mas com índices bons se comparado a outras localidades: Petrópolis (RJ), Miguel Pereira (RJ), Bicas (MG) com 0,745 a 0,744. A média do IDH para os municípios do médio curso é em torno de 0,692, considerado um valor relevante para média do Sudeste.

Cabe compreender que os municípios no médio curso se mostram diferentes: os que possuem maior PIB não necessariamente possuem o maior IDH; porém, é um fator de relevância, pois tem suporte financeiro para realizar melhoras significativas em renda, educação e saúde, que são os pilares da qualidade social da população. Convém destacar que os municípios possuem em média um PIB de R\$ 27.902,67, podendo ser considerada uma região com uma distribuição de rendimento parecida, ou seja, em equilíbrio dentro da BPS, conforme apresentado na Figura 4. Dessa maneira, IDH e PIB estão inter-relacionados, contribuindo com características que refletem diretamente na bacia nesse recorte espacial.



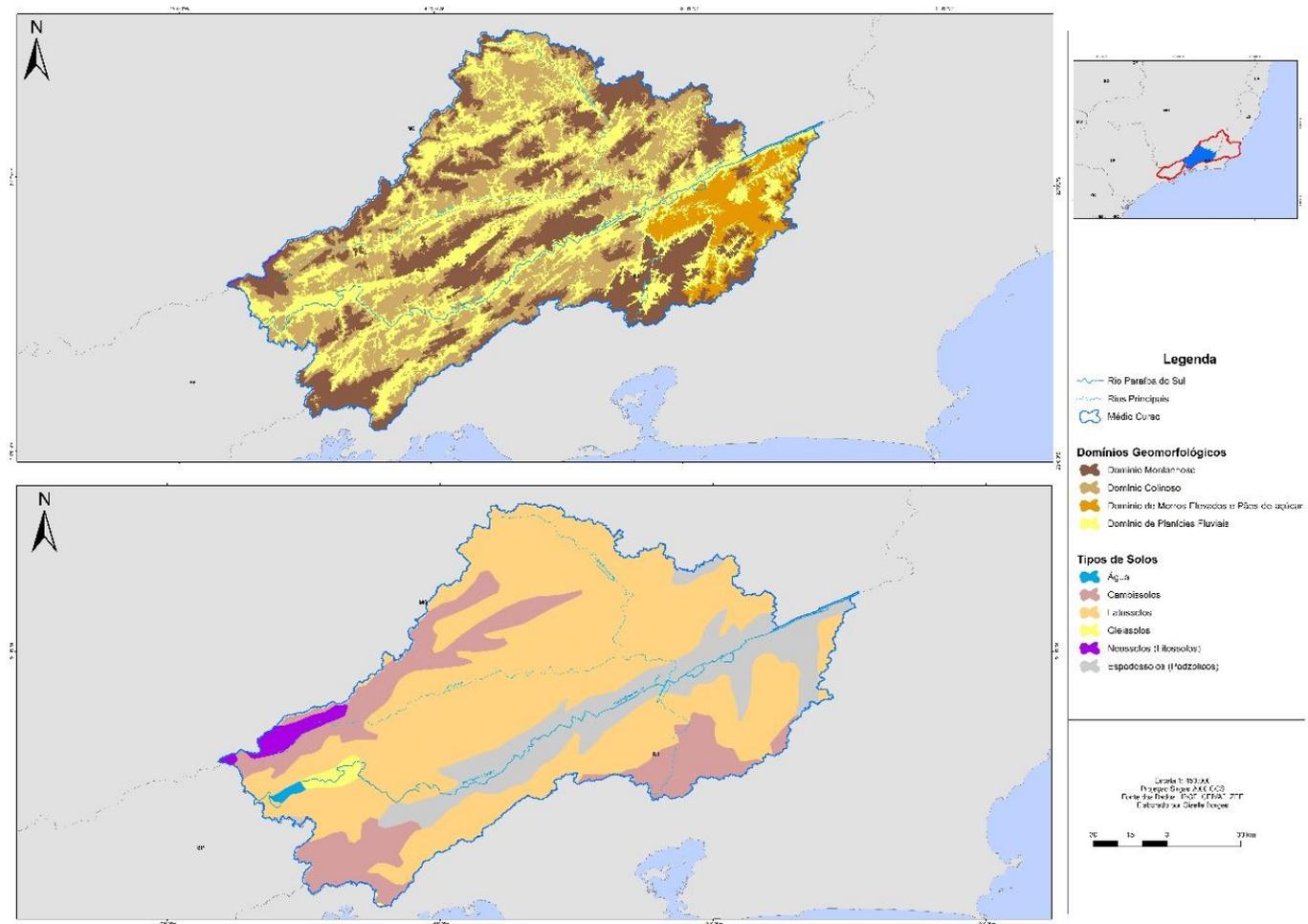
**Figura 5-0-4:** Relação da situação financeira do município medida pelo PIB associado ao desenvolvimento em renda, saúde e educação (IDH). Fonte: IBGE, adaptado por Borges, 2021.

### 3.2. Mapeamentos Ambientais

Segundo o mapeamento realizado no médio curso da bacia do Paraíba do Sul, para compreensão das suas características geomorfológicas, foram encontradas quatro classes em destaque: os domínios montanhosos, domínio de morros elevados e pães de açúcar, domínios colinosos e domínios de planícies fluviais, conforme observado na Figura 5. Observa-se que há o predomínio na distribuição do relevo colinoso (37%), seguido dos depósitos fluviais (35%), com menor expressão temos o relevo montanhoso (23%) e o domínio dos morros elevados e pães de açúcar (5%).

Ao especializar a informações sobre os tipos de solos existentes neste setor da bacia, 5 tipos foram classificados: latossolos, cambissolos, gleissolos, neossolos e espodossolos (Figura 5). Os neossolos são conhecidos como litossolos, enquanto os espodossolos também são identificados por podzólicos. É importante mencionar que essas classificações são antigas, fundamentadas pela FAO/Unesco. As nomenclaturas utilizadas se basearam no Sistema de Classificação Brasileira de Solos (SIBCS).

Dentre as classes encontradas, destacam-se os latossolos (61%), cambissolos (18%) e espodossolos (15%), com grande atuação nos solos do médio curso. Com menor expressividade temos a classe de neossolos (4 %) e gleissolos (2%). Os dados obtidos do Zoneamento Ecológico Econômico de 2008, tanto para a classificação geomorfológica como de tipos de solos.



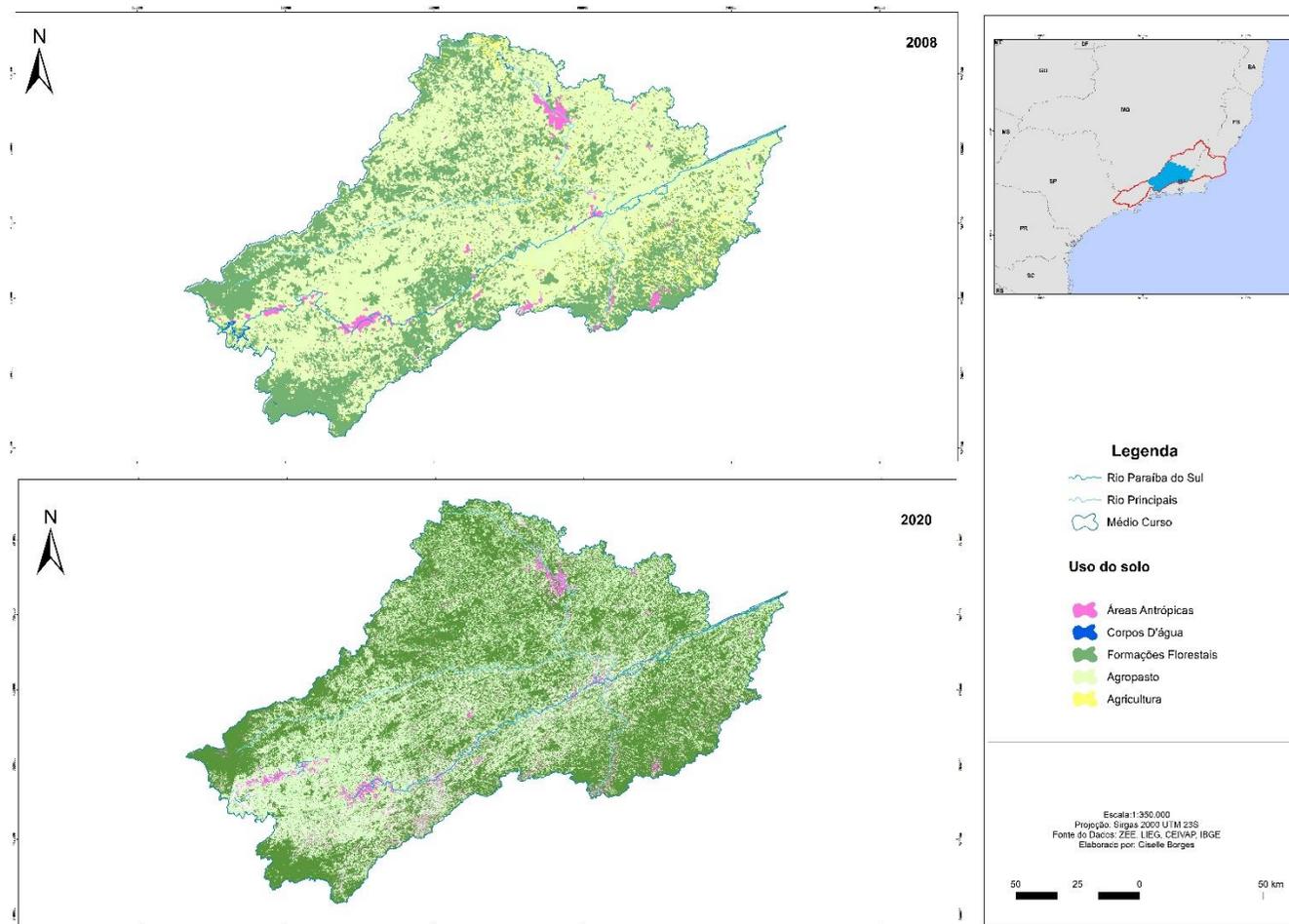
**Figura 5-0-5:** Espacialização das feições geomorfológicas e pedológicas para o médio curso da bacia do Paraíba do Sul, para sua compreensão física-ambiental. Fonte: ZEE adaptado por Borges, 2021.

Para análises das mudanças do uso do solo foi utilizado o mapeamento realizado pelo ZEE de 2008 que agrupou o uso do solo em 5 classes, sendo elas: Agricultura, Agropasto, Formações Florestais, Áreas Antrópicas e Corpos D'água. Bem como, para compreender como se encontra a situação do médio curso, realizou-se o mapeamento com as mesmas classes para o ano de 2020 (Figura 6).

Para o ano de 2008, no mapeamento realizado pelo ZEE (Zoneamento Econômico-Ecológico), observa-se o predomínio do agropasto e reduzida extensão das formações florestais, de modo a proporcionar menor qualidade ambiental neste trecho da bacia (Figura 6). A concentração da agricultura é muito pouco evidente neste trecho, em compensação o agropasto ganha uma expressividade, distribuindo-se por diversos trechos da bacia.

Com um intervalo de 12 anos do mapeamento proposto pelo ZEE de 2008 e para o ano de 2020, observam-se algumas diferenças significativas na mudança do uso do solo (Figura 6). Nas áreas de agricultura que já eram poucas, tornam-se inexistentes para esse espaço de tempo. Bem como, observa-se o aumento da formação florestal, destacando a redução das pastagens como um ponto de grande relevância para fornecimento dos serviços ambientais da bacia. Além disso, não identificou-se grande expansão das áreas urbanas mantendo-se próximas das identificadas para o ano de 2008.

De maneira geral, neste trecho do médio curso foi possível identificar um retorno das zonas verdes dentro da bacia, mesmo sendo fragmentos florestais. Esse processo pode estar relacionado com o declínio das atividades pastoris, que proporcionam a recuperação da vegetação nesses ambientes antes explorados.



**Figura 5-0-6:** Espacialização do uso do solo para os anos de 2008 mapeado pelo ZEE e 2020 classificado pela autora, para o médio curso da bacia do Paraíba do Sul. Fonte: Borges, 2021.

### *3.3. Identificação das Situações Ambientais*

Diante da proposta de análise da situação ambiental do médio curso da bacia do Paraíba do Sul, as vistorias em campo permitiram o entendimento da configuração em que se encontra. O relevo é marcado por suas atividades econômicas que configuraram e reconfiguraram a paisagem natural para antropogênica. Dessa maneira, ficam evidentes as encostas desmatadas, com a presença de pastos, processos erosivos devido à ausência de vegetação, reduzida mata ciliar nos rios que abastecem o Paraíba e seus contribuintes.

Nos trajetos que eram asfaltados e seus arredores, apresentavam-se relevos mais desgastados, que destacam a alteração da paisagem original. Em cortes de estradas que eram de terra havia a degradação, mas em menor intensidade, se relacionado à dificuldade de acesso e menor fluxo de pessoas nestes trechos. Nas estradas de terra que foram percorridas, encontraram-se feições bem parecidas com o percurso asfaltado.

Além disso, observam-se diversos trechos em que os rios foram represados, como em Itatiaia, Carmo, Paraíba do Sul, sejam para abastecimento hidrelétrico ou para tratamento e distribuição de água. Importante salientar que neste trecho da bacia foram encontradas melhores condições hídricas, diferentemente do que foi visto no alto curso.

Verifica-se a presença de mata ciliar reduzida, com poucos trechos retificados e presença de zonas florestais relacionadas aos parques estaduais. Cabe mencionar a importância dos parques estaduais e nacionais na qualidade ambiental do médio curso. Os Parques Estaduais destacam-se no estado do Rio de Janeiro, sendo eles: Pedra Selada, Três Picos e Serra da Concórdia. No estado de Minas Gerais, o Parque do Ibitipoca. Já em Parques de escala nacional temos: Itatiaia e Serra dos Órgãos.

Quanto mais próximo das zonas urbanas vemos uma degradação ambiental e hídrica de maneira acentuada, mas no contexto geral da bacia o panorama é favorável. Dentre as situações identificadas, o médio curso mantém trechos conservados principalmente nas zonas de parque (Figura 7). Nas zonas intermediárias as feições de degradação se desenvolvem por

processos erosivos nas encostas e também pela presença de atividades agroeconômicas, com destaque ao pasto.

A ausência de vegetação na encosta aparece em praticamente todos os trajetos percorridos em que havia um corpo hídrico. A ocupação urbana ocorre próxima dos canais fluviais, ou seja, nas planícies de inundação e em fundos de vale, acarretando alta vulnerabilidade socioambiental pela proximidade de grandes barragens.



### *3.4. Conectividade das informações secundárias e primárias para diagnóstico do médio curso da BPS*

Dentro da proposta analisada, entender a bacia a partir dos dados municipais e do mapeamento ambiental possibilitam que se verifique a real condição ambiental, pois não há como pensar a bacia sem a interação socioambiental.

A partir dos dados obtidos pelo IBGE e CEIVAP sobre os municípios que abarcam o médio curso, encontrou-se um baixo índice relacionado ao IDEB para o ensino fundamental e observam-se valores superiores para os anos iniciais do ensino fundamental se comparados aos anos finais.

Os valores relacionados ao esgotamento sanitário estão acima da média, em 70,91%, mas que são abaixo se levarmos em conta o total de população. O consumo de água por habitante é baixo quando se compara com o total populacional. O IDH dos municípios está em torno de 0,692; é alto quando relacionado com o PIB, pois os valores por municípios não são discrepantes, com destaque para Itatiaia (RJ) que possui o maior rendimento municipal frente às outras localidades da bacia.

Grande parte da bacia possui predominância de latossolos, cambissolos e espodossolos, muito relacionados à geomorfologia, que se destacam no relevo colinoso, nos depósitos fluviais e no relevo montanhoso. A maior parte dos solos estão associados com as configurações da morfologia da bacia. Para o ano de 2008, destacam-se pequenos trechos de agricultura e extensão do agropasto; em contrapartida, para o ano de 2020, a agricultura é inexistente e observa-se o aumento da formação florestal na bacia em detrimento do pasto.

Compreende-se que a condição socioambiental no médio curso da bacia do Paraíba do Sul se encontra em um processo transformação favorável ao equilíbrio ambiental. De modo que, todos os municípios que englobam o médio curso possuem variações regionais, pois englobam os estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais.

Apesar dos municípios abrangerem regiões diferentes, todas possuem esgotamento sanitário aceitável se baixo consumo de água, mesmo os que possuem maior população. Acredita-se que parte desse controle hídrico possa

ter influência das barragens de Itatiaia, Três Rios, Barra do Piraí e Carmo, que passam a exercer essa intervenção no fluxo de distribuição e consumo de água na região (OLIVEIRA, 2003; VAZ, 2012).

Parte do índice educacional associado ao PIB e ao IDH mostram que os municípios possuem situações homogêneas e que possuem um nível mediano no médio curso, logo, estão intrinsecamente relacionados como a situação ambiental e populacional. De modo que, ao possuírem infraestrutura básica, os impactos tornam-se mais amenos se relacionados ao saneamento eficiente por parte das zonas urbanas (POLETO, 2014). Com isso, os núcleos urbanos são pontuais e dispersos na bacia, localizando-se próximos aos domínios fluviais e entre os domínios montanhoso e colinoso.

Essa concentração populacional está presente em espodossolos, em zona fluviais, e em latossolos e cambissolos em partes mais declivosas da bacia. Os espodossolos, por se localizarem em áreas planas, possuem solos arenoso e mal drenados, bem como que, os latossolos, por serem muitos intemperizados e com pequena coerência de agregados, facilitam os processos de urbanização. Por fim, os cambissolos são solos rasos, em torno de 1m de espessura e pouco profundos, utilizados principalmente para pastagens (LEPSCH, 2011). De modo que, por possuírem maior predominância na área da bacia, tornam-se mais favoráveis aos riscos socioambientais pelas alterações antropogênicas e pelas estruturas físico-químicas dos solos.

Cabe ressaltar que parte deste trecho mais elevado da bacia teve a substituição e o desmatamento da mata atlântica relacionado a atividades econômicas como a cafeeira (DEVIDE *et al.*, 2014) e por pastagem (LEPSCH, 2011). Parte dessa ocupação está intimamente ligada e atraída pelo ciclo do café (DANTAS e COELHO NETTO, 1996). Parcela da degradação vista neste trecho da bacia foi derivada do cultivo do café, principalmente em Valença (RJ), Bananal (SP), Resende (RJ) e Vassouras (RJ) (DANTAS e COELHO NETTO, 1996). Com seu enfraquecimento econômico, o pasto passa a ocupar esses terrenos como retorno à atividade econômica. Esse processo ocasionou degradação das encostas, aumento de sedimentos nos canais fluviais, redução da capacidade de infiltração, intensificação dos processos erosivos que podem ser vistos na Figura 2, como heranças deixas na paisagem presentes até 2008.

Nas visitas em campo entre 2017 e 2020, os diferentes cenários na bacia já se mostram contraditórios com o mapeamento realizado pelo ZEE de 2008. Havia cicatrizes de feições erosivas, trechos com presença florestal e presença de mata ciliar em diversos trechos do rio Paraíba do sul e seus afluentes. Com o mapeamento de 2020, verificou-se o aumento da presença de fragmentos florestais em detrimento do pasto (Figura 3), de modo que o aporte florestal melhora as propriedades físicas do solo a partir das interações solo-relevo-flora-solo (BRANCALION *et al.*, 2012; BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015)

Essa recuperação ambiental, apesar do consumo de água, intervenções pelas barragens, ocupação urbana, esgotamento sanitário e em detrimento do pasto, conseqüentemente, há aumento da cobertura florestal. Dessa maneira, retroalimentam-se as funções ecossistêmicas e ambientais, pois estão intimamente ligadas com a preservação dos solos e na melhora da qualidade de água (BARROS e MAGALHÃES JR, 2020). O papel da vegetação em bacias agrícolas, de acordo com Fransozi (2020), mostram como os solos e a vegetação contribuem para o aumento da vazão das águas dos rios, mas salienta que é necessário considerar a qualidade da floresta para os resultados de referência.

Um das limitações da pesquisa se refere à utilização dos dados secundários, pois essas informações são derivadas de órgãos públicos e se eles não sofrerem uma atualização das bases podem não ser tão fidedignos à realidade dos municípios. Havendo a necessidade de se buscar esses parâmetros, os custos para obtenção dessas informações tornariam a pesquisa inviável pelo custo financeiro, uma vez que já há o custo elevado na realização do campo para reconhecimento e identificação das áreas presentes na bacia do médio curso. Além disso, há a ausência dos dados de alguns índices que criam lacunas na análise dos municípios incorporados na bacia.

Os resultados apontam que a partir da coleta de dados partindo do olhar geossistêmico, englobando várias frentes, desde dados sociais (educação, população), econômicos (PIB, IDH), ambientais (esgotamento sanitário, consumo de água), físicos (solos, geomorfologia, uso do solo, trabalhos de campo), há um entendimento do papel dos municípios dentro do contexto de

bacia hidrográfica. De modo que, ao identificar quais são as principais lacunas que existem para a tomada de decisão para melhor uso dos recursos naturais (solo, água, relevo), podem mitigar a contaminação, uso predatório e fomentar os serviços ambientais para qualidade hídrica da bacia. Assim, podem fornecer subsídios para a gestão e planejamento ambiental a partir do diagnóstico integrado desenvolvido.

#### **4. CONCLUSÃO**

Dentre os elementos analisados para o médio curso da bacia identificou-se uma condição ambiental bem favorável, principalmente devido aos índices dos municípios e sua situação ambiental.

Os municípios do médio curso, em sua grande maioria, têm baixo consumo de água por habitante e possuem um esgotamento sanitário razoável, em torno dos 70%. Bem como, possuem o IDH acima da média, o que demonstra que há investimento na área de educação, renda e saúde. O PIB não é o mais alto da bacia do Paraíba do Sul, porém conversa com os outros índices analisados.

Dessa maneira, verificou-se que houve retomada dos fragmentos florestais, antes ocupados pela atividade pastoril, principalmente em trechos de latossolos e cambissolos. Importante destacar que nesse processo de recuperação florestal que atingia trechos mais colinoso e montanhosos, os processos erosivos foram reduzidos e, conseqüentemente, houve aumento da recarga hídrica na bacia.

Portanto, o mapeamento e a análise das informações da bacia possibilitam compreender a evolução que a área sofreu, de modo a perceber como as relações econômicas, sociais e ambientais estão intrinsecamente relacionadas. Assim, da mesma forma que uma bacia passa a ser degradada com o tempo devido aos processos antropogênicos, pode retornar à sua condição ambiental com o abandono de algumas atividades e reconfigurar as condições hídricas, ambientais e sociais e, assim, alimentar os serviços ambientais.

## **AGRADECIMENTOS**

O material produzido se deve a pesquisa de doutorado do autor que foi financiado através de bolsa da CAPES, CNPQ, FAPERJ. Bem como, teve o suporte financeiro para que houvesse a realização dos campos o Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGG-UFRJ) e Comitê do Baixo Paraíba e Itabapoana. Como também agradeço a aluna Julia Vieira por ter contribuído para a organização dos dados do IBGE e CEVAIP e a Taiany Marfetan por ajudar na revisão do texto. Nas visitas a campo tive o apoio dos alunos de iniciação científica e colegas de laboratório LIEG-UFRJ como: Stephany Vianna, Julia Vieira, Paloma Lisboa, Mateus Ferreira, Aline Batista, Laís Rosa, Lucas Dias, André Avelar.

## **REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO**

AB'SÁBER, A. N. The Natural Organization of Brazilian Inter- and Subtropical Landscapes. *Revista do Instituto Geológico*, 21(1/2): 57-70. 2000.

ANA - Agência Nacional de Águas. Boletim de Monitoramento dos Reservatórios do Sistema Hidráulico do rio Paraíba do Sul. Brasília: ANA, 2015.

BARROS, L. F. P.; MAGALHÃES JR, A. P. M. Capítulo 1- Bases teóricas e fatores controladores da dinâmica fluvial. Orgs. MAGALHÃES JR, A. P. M.; BARROS, L. F. P. *Hidrogeomorfologia: Formas, processos e Registros Sedimentares Fluviais*. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro. 2020.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. Capítulo 6- Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. (Org.). *Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil*. 5ª. ed. Rio de Janeiro. Editora Bertrand Brasil. 2011.

BRANCALION, P. H. S.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. *Restauração florestal*. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

BRANCALION, P. H. S.; VIANI, R. A. G.; RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Avaliação e monitoramento de áreas em processo de restauração. In: MARTINS, Sebastião Venâncio (Org.). *Restauração ecológica de ecossistemas degradados*. 1. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2012.

BRIERLEY, G. J.; FRYIRS, K. A. *Geomorphology and River Management: Applications of the River Styles Framework*. Blackwell Publications, Oxford. UK. 398pp. 2005.

BRIERLEY, G. J.; FRYIRS, K. A. Geomorphic Analysis of River Systems: An approach to Reading the Landscape. John Wiley and Sons, Chichester. 345 pp. 2013.

BRUIJNZEEL, L. A. Hydrological functions of tropical forests: No seeing the soil for the trees? Agriculture, Ecosystems and Environment. v.1. p.185-228. 2004.

DANTAS, M. E.; COELHO NETTO, A. L. Resultantes Geo-Hidroecológicas do Ciclo Cafeeiro (1780-1880) no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul: Uma Análise Quali-Quantitativa. Anuário do Instituto de Geociências - V.19. 1996.

DEVIDE, A. C. P.; CASTRO, C. M.; RIBEIRO, R. L. D.; ABOUD, A. C. S.; PEREIRA, M. G.; RUMAJANEK, N. G. História Ambiental do Vale do Paraíba Paulista, Brasil. Revista Biociências, Taubaté, v. 20, n. 1, p. 12-29, 2014. ISSN 1415-7411.

FRANSOZI, A. A. O papel da vegetação florestal secundária nas funções e processos hidrológicos em bacias agrícolas. Universidade de São Paulo. Tese de doutorado em Ciências. Recursos Florestais. 2020.

LEPSCH, I. F. 19 Lições de Pedologia. Oficina Textos. São Paulo. 2011.

MACEDO, G. R.; PIMENTEL, R. F. Conflito e Integração na Transposição de Águas do Rio Paraíba do Sul para o Guandu. Rpep. v.4. Rel Pesq. 2004.

OLIVEIRA, F. J. G. Eletrificação e formação do patrimônio territorial da Light na cidade do Rio de Janeiro e no Médio Vale do Paraíba. Revista Espaço e Economia, Rio de Janeiro, n.3, 2003.

ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico. Diretrizes para as Regras de Operação de Controle de Cheias – Bacia do rio Paraíba do Sul (Ciclo 2014-2015). Rio de Janeiro: ONS, 2015.

POLETO, C. Bacias Hidrográficas e Recursos Hídricos. Editora Interciência. Rio de Janeiro. 2014.

VAZ, V. B. J. A Represa de Ribeirão das Lajes e os Efeitos Socio Espaciais no Planalto da Serra do Mar no Sul do Estado do Rio de Janeiro. In: Simposio Internacional Globalización, Innovación y Construcción de Redes Técnicas Urbanas en América y Europa, 1890-1930 Brazilian Traction, Barcelona Traction y otros Conglomerados Financieros y Técnicos. Universidad de Barcelona 2012.

## **Capítulo 6 - Diagnóstico da Conjuntura Físico-Social do Baixo Curso do Paraíba do Sul**

### **RESUMO**

O baixo curso da bacia do Paraíba do Sul é o espaço geográfico onde tornam-se visíveis os impactos ambientais à montante. Com isso, é exaurido ambientalmente e possui suas próprias funções e dinâmicas derivadas dos processos históricos de uso e ocupação do local. Dessa maneira ocorre a reconfiguração da paisagem por ações antrópicas ocasionando a reorganização de suas estruturas físicas. A finalidade dessa análise é compreender a relação dos dados sociais, econômicos e ambientais e como eles refletem na qualidade socioambiental do baixo curso do rio Paraíba do Sul. A pesquisa pautou-se no uso de dados secundários obtidos pelo IBGE e CEIVAP para caracterizar as situações dos municípios do baixo curso, com informações de PIB, IDH, IDEB, População, Esgotamento Sanitário e Consumo de água, além de mapeamentos de solos, geomorfologia e uso do solo pelos dados do ZEE de 2008, para compreender a estrutura físico ambiental. Trabalhos de campo também foram realizados para a análise da paisagem e mapeamento para o ano de 2020 a fim de mapear a situação realística da bacia. Os dados possibilitam compreender que os níveis educacionais são baixos para o ensino fundamental nos municípios, como também o esgotamento sanitário é insuficiente e se distribui desigual entre os municípios. Verifica-se a existência de pouca população, porém, 8 municípios possuem população acima da média. O consumo da água é baixo, mas os municípios que detêm a menor população são os maiores consumidores de água, já o IDH fica na média, com 0,683. Nas suas estruturas físicas, há o predomínio de relevo colinoso e de planícies fluviais com destaque para a presença dos latossolos que predominam nesse setor da bacia. No diagnóstico ambiental verifica-se a predominância de extensas áreas de pasto com muitos processos erosivos e degradação acentuada registrada na paisagem. Portanto, é um setor que possui muito problemas em níveis ambientais e de infraestrutura dos municípios, que podem não fornecer os serviços ambientais adequados.

**Palavras Chaves: Situação Ambiental; Dados Secundários; Vulnerabilidade Socioambiental;**

## 1. INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos são elementos naturais de grande relevância para a manutenção do sistema ambiental e de suas funções ecológicas. Nesse interim a bacia hidrográfica incorpora o papel sociogeomorfológico (ASHMORE, 2015) reconfigurando a paisagem. Sabe-se que as funções desempenhadas na bacia hidrográfica englobam diversos constituintes que as compõem, como as características físicas (solo, vegetação, geologia, geomorfologia) e sociais (urbano, econômico, cultural, simbólica).

A partir da complexidade que envolve outros segmentos, sua estrutura incorpora bônus e ônus das transformações ocorridas à montante, principalmente no alto e médio curso. Os usos hídricos são destinados para abastecimento urbano, industrial, geração de energia hidrelétrica, irrigação e pesca (AGEVAP, 2011, 2012, 2013, 2014). Com isso, o baixo curso passa a ter alta mutabilidade em suas estruturas físicas quando acompanhadas de ciclos econômicos, urbanos e de utilização das águas.

O baixo curso do Paraíba do Sul é o trecho mais extenso no sentido de área e sua geomorfologia engloba diversas características. Diferentemente de outras bacias, o baixo Paraíba possui peculiaridades e heranças do alto e médio curso, pois engloba desde os relevos montanhosos até as áreas de planície e cordões arenosos. Nos trechos que possuem maior declividade observam-se vales confinados, com elevações arredondadas em que há a presença de canal individual e estável (BRIERLEY e FRYIRS, 2005), com presença de afloramentos rochosos com planície descontínua, em trechos de Nova Friburgo, Santa Maria Madalena, Mirai e Descoberto.

Bem como, encontra-se a presença de vales parcialmente confinados com uma planície descontínua controlada pelo substrato rochoso, sendo influenciado pela base das encostas, onde o canal passa ter sinuosidade, com trechos meandantes (BRIERLEY e FRYIRS, 2005), como exemplo em Muriaé, Cataguases, Itaperuna, Italva. E, para o desenvolvimento da planície fluvial com a característica típica de área de baixada temos os vales não confinados lateralmente, em que verificam-se leitos fluviais de baixa sinuosidade, múltiplos canais com baixo fluxo e

separados por ilhas (BRIERLEY e FRYIRS, 2013). Neste setor há a redução da energia ao longo da margem e das áreas montantes, dando desenvolvimento a vales mais amplos, como em Campos do Goytacazes e Conceição de Macabu.

Por fim, o trecho que se aproxima da foz e faz a ligação com o mar, encontramos um leito fluvial de baixa sinuosidade em que se observa um material de calha composto por areia com presença de barras arenosas com elevada instabilidade e potencial de fragmentação (avulsão) (BRIERLEY e FRYIRS, 2005). Esse processo se observa em Quissamã, São João da Barra e São Francisco do Itabapoana. Nesse trecho, os solos estão intrinsecamente ligados com a base litológica e se localizam em uma zona de transição (Sudeste- Minas Gerais e Rio de Janeiro) entre regiões de clima semiárido e úmido (LEPSCH, 2011), além disso, destacam-se a diversidade das formas geomorfológicas e do material de origem.

Por englobar variações em sua estrutura física, possuem maior variedade e distribuição de solos. Cabe ressaltar que os nitossolos vermelhos ocorrem em trechos específicos do Brasil e em áreas de maiores altitudes, como também os chernossolos, que estão relacionados a rochas básicas e calcárias, ambos com diversos benefícios para a atividade agrícola; a faixa litorânea compreende-se por depósitos arenosos e sedimentos terciários e quaternários, estes derivados dos canais fluviais (por exemplo, São João da Barra e São Francisco do Itabapoana).

Em áreas de baixada, predominam solos mais dependentes das condições naturais, como os espodossolos, que são arenosos, pobres em nutrientes e mal drenados, diferentemente dos gleissolos, que se localizam em sua maioria em zonas de várzeas e estão constantemente inundados (LEPSCH, 2011).

Vale destacar que a condição dos solos está diretamente relacionada à cobertura vegetal, que vai ter o papel de protetora da superfície terrestre, minimizando os efeitos dos processos erosivos, estabilizando a encosta, reduzindo os fluxos subsuperficiais e atuando na manutenção de nutrientes e na contenção dos sedimentos (BARROS e MAGALHÃES, 2020). É importante mencionar que dependendo das atividades desenvolvidas, essas funções geoecológicas podem se modificar, e as florestas são condições ideais para a manutenção dos solos e do sistema ambiental.

O baixo curso do Paraíba do Sul possui um papel relevante na manutenção do geossistema, pois incorpora os problemas vindos do alto e do médio curso associados à sua própria problemática oriunda de processos históricos e econômicos, além do fato de se localizar em área de transição altimétrica, que é muito favorável ao processo de ocupação e desenvolvimento da atividade agropecuária.

O trecho do baixo curso teve uma acentuada prospecção de atividade agrícola que engloba o trecho de Minas Gerais (zona da mata mineira) como do Rio de Janeiro (noroeste fluminense). A zona da mata mineira teve expressividade da atividade cafeeira (PIRES, 2007; PORTELA, 2019) devido à maior variação topográfica, sendo favorável para esse tipo de atividade e, também, ao desenvolvimento da cana de açúcar.

Já o norte e noroeste fluminense tiveram o predomínio do plantio da cana de açúcar (SOFFIATI, 2012) sendo favorecido pelo processo de abertura de estradas de ferro, conectando as cidades. Entretanto, com o declínio da atividade cafeeira e açucareira, o pasto entra como atividade predominante em terras já desgastadas pela atividade agrícola.

O intenso uso dos solos devido aos processos histórico-econômicos foi acompanhado do desmatamento de floresta nativa, o bioma Mata Atlântica. Destaca-se que o trecho norte-noroeste fluminense com floresta estacional semidecidual foi o segundo mais devastado da bacia (SOFFIATI, 2005), onde se encontra a Formação Barreiras entre os rios Itabapoana e Pomba. O esgotamento dos solos ocorreu pela ausência de cobertura vegetal, uso intensivo, abandono de zonas improdutivas e a introdução do pasto como atividade econômica, ocasionando diversos processos erosivos.

Os trechos correspondentes aos dois estados possuem diversos pontos de erosão em sua paisagem, atualmente sendo intensificados pelos processos de urbanização, uma vez que a população passa a ocupar trechos mais vulneráveis e de baixo valor especulativo. Com isso, a infraestrutura urbano-ambiental, como o saneamento básico, se mostram ineficientes, gerando questões relativas a impactos ambientais na região (SIQUEIRA, 2015). Além disso, impulsiona problemas

ambientais com o processo de drenagem de lagoas e brejos, dando lugar aos segmentos de ocupação (LEITE, 2017), principalmente em trechos de baixadas e planícies (FARIAS e QUITO JUNIOR, 2017).

Com as intervenções nas dinâmicas da paisagem natural para adequar-se às condições urbanas, diversas intervenções foram realizadas no rio Paraíba do Sul e seus tributários. Com a supressão da vegetação, os sedimentos se acumulam no fundo de cursos d'água e lagoas causando assoreamento, sendo necessárias obras para controle de inundação (SOFFIATI, 2009). É importante destacar a retificação de canais, desenvolvimento de lagoas e canais artificiais (MENDONÇA, 2014) e transposição das águas do Paraíba, que proporcionaram eventos adversos na região como secas e inundações (LEITE, 2017, 2019), afetando a distribuição e qualidade das águas.

Vale destacar que nesses processos o relevo passa a não influenciar diretamente, pois a atuação antrópica afeta o canal fluvial, uma vez que possuem menor velocidade do fluxo, erosão e deposição das margens, com a atuação direta dos sedimentos da encosta e sem a presença da mata ciliar. Com as diversas obras realizadas nas baixadas, o canal da Flexa, que controla e regula o nível altimétrico da Lagoa Feia, desenvolvem-se conflitos entre os usuários e proprietário rurais (LEITE, 2021).

Esses conflitos estão associados ao desenvolvimento do petróleo na região do Complexo Industrial e Logístico de Barra do Furado (em Quissamã e Campos dos Goytacazes), e também com a construção do Porto do Açú (São João da Barra) (SIQUEIRA, 2012, 2013), que acabam por alimentar a degradação ambiental, pois, com a sua implementação, expulsou-se a população local e iniciou-se o processo de salinização dos solos (LEITE, 2019).

De modo que, o baixo curso, em sua estrutura, é composto por elementos físicos que estruturam seu sistema de drenagem, dando origem às suas tipologias de solos e estruturas morfológicas, bem como, é regido de municípios de dois estados do Sudeste, Minas Gerais e Rio de Janeiro, que possuem políticas, estruturas administrativas, níveis educacionais, renda, consumo de água e esgotamento sanitário diversificados por localidade.

Dessa maneira, como já é sabido pela literatura dos problemas enfrentados; os desgastes antropogênicos e devastação desse segmento da bacia, é importante analisar como que os 92 municípios influenciam na qualidade socioambiental. Busca-se assim compreender como o uso do solo e suas atividades impactam positivamente e/ou negativamente nos possíveis serviços ambientais que a bacia possa vir a fornecer. A re-configuração da paisagem do baixo curso é diretamente influenciada pela dinâmica socio-econômica-ambiental, podendo ao longo do tempo sofrer novas transformações que possam subsidiar a recarga hídrica para a bacia.

A bacia envolve diversos elementos em seu contexto e ao entender como os municípios se encontram socioeconomicamente e ambientalmente nos permite diagnosticar os principais problemas do baixo curso. Como é sabido, o baixo curso sofre influência das partes à montante da bacia de drenagem, e quando as águas chegam no baixo curso, vem carregadas de problemas oriundos dos outros trechos da bacia.

Como também, sofre com os processos de transformação do uso do solo e com a realidade dos municípios que a abarca. Sua proximidade com o mar traz o desfecho final das águas, que pode estar sendo alimentada por diversos problemas originados anteriormente nos segmentos hídricos. O propósito da análise desse trecho da bacia visa compreender como se estruturam as relações sociais e ambientais nos municípios do baixo curso da bacia do Paraíba do Sul, de modo a relacionarem-se na configuração de sua paisagem geográfica, envolvendo reflexões sobre a dinâmica hídrica do rio Paraíba do Sul.

## **2. METODOLOGIA**

A metodologia para compreender a conjuntura do baixo curso da BPS inicia-se com o levantamento dos dados secundários como social, econômico e ambiental dos municípios que englobam esse trecho. Bem como, para a caracterização ambiental, utilizou-se o mapeamento da geomorfologia, tipo de solo e usos do solo. Por fim, foi analisado como a configuração socioeconômica reflete na paisagem, a partir dos trabalhos de campo realizados.

A aquisição dos dados estruturais dos municípios foi obtida pelo censo demográfico do IBGE. Entre eles podemos destacar: dados populacionais, como o total e densidade de população; educacionais, em que se optou por utilizar os índices do IDEB (Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais) tanto para o ensino fundamental como para o ensino médio, que realiza os cálculos através do cruzamento de informações da taxa de aprovação e desempenho escolar, que varia de 0 a 10. Como também, foi analisado o esgotamento sanitário; dado econômico englobando o PIB e IDH (Índice de Desenvolvimento Humano) que reúne um cálculo que relaciona renda, educação e saúde, variando de 0 a 1. Os dados sobre consumo de água foram obtidos do Siga-CEIVAP, que estabelece o consumo médio per capita de água (l/hab/dia).

Para o desenvolvimento das análises físico-ambientais, utilizou-se a base de dados do IBGE, CEIVAP, ZEE, bem como dados produzidos e coletados em campo através do LIEG-UFRJ (Laboratório Interdisciplinar de Estudos Geoambientais), em base SIG. Os mapeamentos nos auxiliam a conhecer a condição em que se encontram os municípios da bacia e suas principais fragilidades e potencialidades.

Os dados geomorfológicos, pedológicos e de uso do solo foram oriundos dos dados obtidos do Zoneamento Econômico-Ecológico de 2008. O mapeamento do uso do solo para o ano de 2020 foi obtido através das imagens Sentinel com resolução de 10 m, em que foi realizada uma classificação automática e posteriormente feita uma revisão das classes obtidas pelo Google Earth para comparar as mudanças de usos de 2008 e 2020.

Os trabalhos de campo realizados nos municípios do baixo curso foram acompanhados pelo uso de material fotográfico e caderneta de campo, possibilitando a listagem das principais feições presente na paisagem. Além disso, buscou-se compreender como a situação socioeconômica e ambiental influencia nas configurações de degradação e preservação da bacia.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### *3.1. Informações dos Dados Secundários*

A partir da seleção das informações consideradas importantes para análise das características dos municípios do médio curso da bacia, destacamos informações relacionadas aos Índices Educacionais para os anos do ensino fundamental e médio, variando de 0 a 10, em que quanto mais próximo de zero pior o nível e próximo a dez melhor a relação educacional.

Há uma diferença significativa para os anos iniciais e finais do ensino fundamental, de modo que se observa melhores índices nos anos iniciais ensino fundamental. Dos 92 municípios que englobam o baixo curso, essa avaliação para os anos iniciais do ensino fundamental varia de 4.6 até 7.6, com média de 6.0 para avaliação escolar. Enquanto para os anos finais do ensino fundamental, indica entre 3.1 a 6.0 a média por municípios de 4.5, ou seja, nem alcançando o nível médio proposto pelo índice.

Importante destacar que, para os 30 municípios que englobam o Rio de Janeiro para os anos iniciais, a média fica em 5.28 e para os anos finais, 4.42. Para os 62 municípios que fazem parte de Minas Gerais, os anos iniciais possuem média de 6.16 enquanto os anos finais 4.53, como isso, observamos pouca divergência das informações entre os estados.

Destacam-se 49 municípios que possuem os melhores índices para os anos iniciais do ensino fundamental, sendo eles apresentados por ordem decrescente. Como exemplo, temos: Itamarati de Minas (MG), Guidoal (MG), Desterro de Melo (MG), Descoberto (MG), Santo Antônio do Aventureiro (MG), Piraúba (MG) e São Geraldo (MG) com índice até 6.9, no qual considera-se um valor significativamente alto se comparado aos outros valores para os municípios. Com o pior índice encontram-se 3 municípios: Cardoso Moreira (RJ), Campos dos Goytacazes (RJ) e São Francisco de Itabapoana (RJ) com 4.6 do IDEB, e se localizam no Estado do Rio de Janeiro. Todavia, para os anos finais do ensino fundamental destaca-se apenas o município de Oliveira Fortes (MG) com o índice alcançando 5. O município de Piau (MG) com 3.1, encontra-se com o índice mais baixo para os anos finais.

Dentre os dados do IDEB para os anos iniciais, dois municípios não apresentam essa informação, sendo eles: Aracitaba (MG) e Conceição de Macabu (RJ). Para os anos finais, não temos a informação do município de Fervedouro (MG) apenas. A variação dos valores do IDEB pode ser vista para os anos iniciais e finais na Figura 1, que nos mostra como ocorre essa diferença por município.

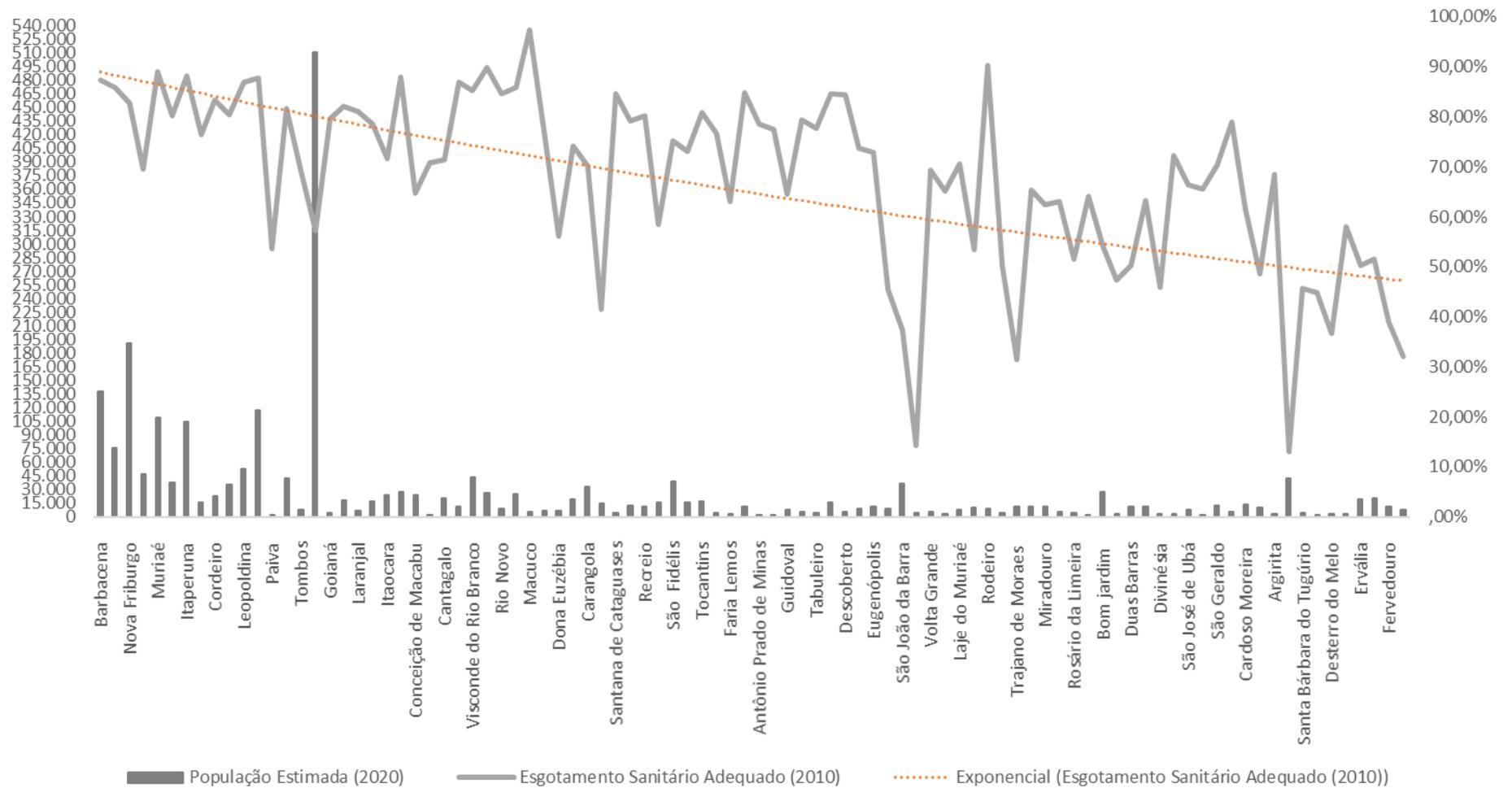


Dentre os municípios com maior número de população para o baixo curso destacam-se Campos dos Goytacazes (RJ), Nova Friburgo (RJ), Barbacena (MG), Ubá (MG), Muriaé (MG), Itaperuna (RJ), Cataguases (MG) e Leopoldina (MG). Bem como, os que possuem menor população abaixo de 3 mil habitantes são: Desterro de Melo, Piau, Argirita, Pedra Dourada, Estrela Dalva, Rochedo de Minas, Silverânia, Oliveira Fortes, Aracitaba, Antônio Prado de Minas e Paiva, estes no estado de Minas Gerais.

De acordo com os dados, parte dos municípios do Rio de Janeiro e Minas Gerais possuem esgotamento ineficiente para o quantitativo de população, independente dos estados que abrangem. O baixo curso possui uma média de 67,8% com abastecimento de esgoto considerado não-benéficos para os municípios.

Dentre os municípios listados, Macuco (RJ), Rodeiro (MG), São João Nepomuceno (MG), Muriaé (MG), Itaperuna e Miracema (RJ) possuem os melhores percentuais que apresentam esse serviço. Em contrapartida, Santo Antônio do Aventureiro (MG) e São Francisco de Itabapoana (RJ) possuem respectivamente 14,3 % e 13 % de todo seu esgoto tratado, podendo ser justificado Santo Antônio do Aventureiro pelo baixo número populacional, diferente de São Francisco de Itabapoana. Bem como, não se justifica Campos do Goytacazes possuir a maior população e seu esgotamento atender apenas 57,1% da população.

É importante observar que há vários municípios com número reduzido de população se comparados aos outros, porém, foi informado que possuem esgotamento sanitário adequado. Dessa maneira, todos os municípios que incorporam o baixo curso possuem acesso ao tratamento de esgoto desigual, sendo que 50 municípios apresentam categoria superior aos 70 %, 28 municípios acima de 50% e 14 abaixo de 50 % de esgotamento sanitário, conforme a Figura 2.

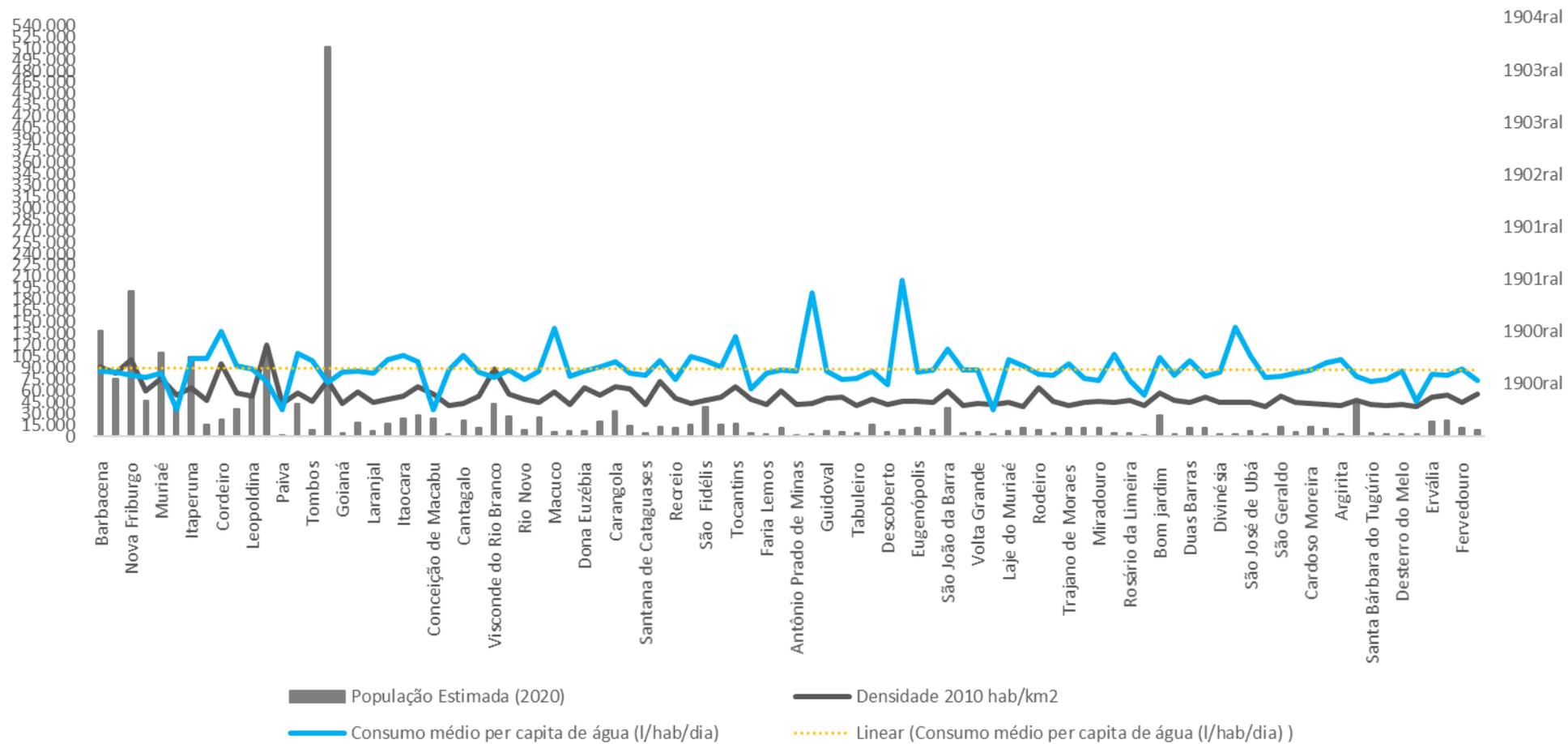


**Figura 6-0-2:** Vinculação entre o total de população por município e o esgotamento sanitário informado como adequado, em que linha tracejada indica a média de esgotamento por população. Fonte: IBGE, adaptado por Borges, 2021.

A água é um dos elementos fundamentais que abastece diferentes setores da economia como agropecuária e industrial, mais também o abastecimento urbano/social. A média de consumo de água por habitante fica em torno de 164,76 (l/hab/dia), e o município com menor consumo de água é Piau (MG), seguido de Aracitaba (MG).

Um caso peculiar ocorre no município de Campos dos Goytacazes (RJ), que se destaca com a maior população do baixo curso, mas com um consumo baixo de água por habitantes. Em contrapartida, Guarani (MG), com uma população bem inferior a Campos dos Goytacazes consome cinco vezes mais por hab/l. Seguido como maiores consumidores de água temos: Rochedo de Minas (MG), Pedra Dourada (MG), Macuco (RJ) e Cordeiro (RJ).

Cabe ressaltar que não foram obtidos os dados de consumo de água de 4 municípios, sendo eles: Bom Jesus de Itabapoana (RJ), Conceição de Macabu (RJ), Coronel Pacheco (MG) e Paiva (MG). Na relação total de população e consumo dos recursos hídricos destaca-se um consumo desigual frente aos municípios menos populosos, conforme pode ser compreendido na Figura 3.

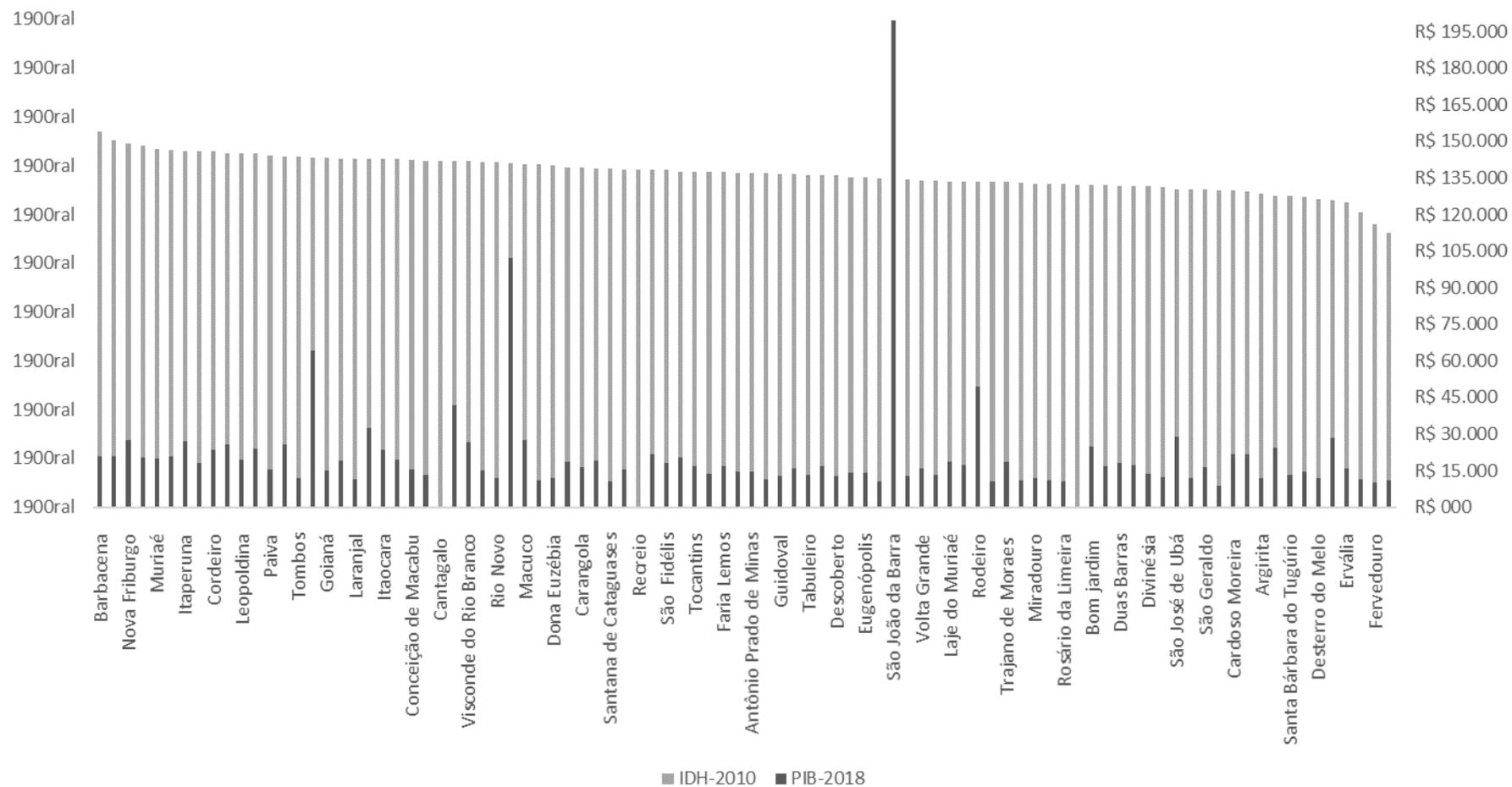


**Figura 6-0-3:** Estabelece a relação do total de população por sua distribuição espacial e o consumo médio de água em litros por habitantes dia. Fonte: IBGE e CEIVAP, adaptado por Borges, 2021.

Dentro da análise sobre o poder econômico dos municípios do baixo curso, São João da Barra (RJ) e Quissamã (RJ) são os que possuem maiores PIB quando comparados às outras localidades. Importante destacar que o restante dos municípios se encontra com o PIB bem abaixo de São João da Barra e Quissamã, ambos pertencentes ao Estado do Rio de Janeiro. Entretanto, os que possuem menor prospecção econômica são Barão de Monte Alto e Recreio, ambos no Estado de Minas Gerais.

Quando observamos o Índice de Desenvolvimento Humano, que varia de 0 a 1, evidenciam-se Barbacena (MG) e Cataguases (MG) com respectivamente 0,769 e 0,751, ou seja, com valores próximos de 0,8, o que podemos considerar como bons valores propostos pelo índice. Em contrapartida, 4 municípios ainda abaixo do índice mais alto, mas com bons índices se comparados às outras localidades: Nova Friburgo (RJ) Santos Dumont (MG), Muriaé (MG), Bom Jesus do Itabapoana (RJ) com 0,745, 0,741, 0,734 e 0,732. A média do IDH para os municípios do baixo curso é em torno de 0,683, considerado um valor razoável para a média do Sudeste. Os municípios que possuem os mais baixos IDH do baixo curso são Fervedouro e Orizânia, localizados em Minas Gerais.

Cabe compreender que os municípios no baixo curso se mostram muito similares com o rendimento municipal, em que apenas dois municípios se destoam dos demais. Importante mencionar que os que possuem maior PIB não necessariamente possuem o maior IDH, porém, é um fator de relevância, pois têm suporte financeiro para realizar melhoras significativas em renda, educação e saúde, que são os pilares de qualidade social da população. Convém destacar que os municípios possuem em média um PIB de R\$ 17.594,56, podendo ser considerada uma região com distribuição de rendimento parecida, ou seja, em equilíbrio dentro da BPS, vide a Figura 4. Dessa maneira, a relação IDH e PIB estão inter-relacionadas, contribuindo para características que refletem diretamente na bacia.



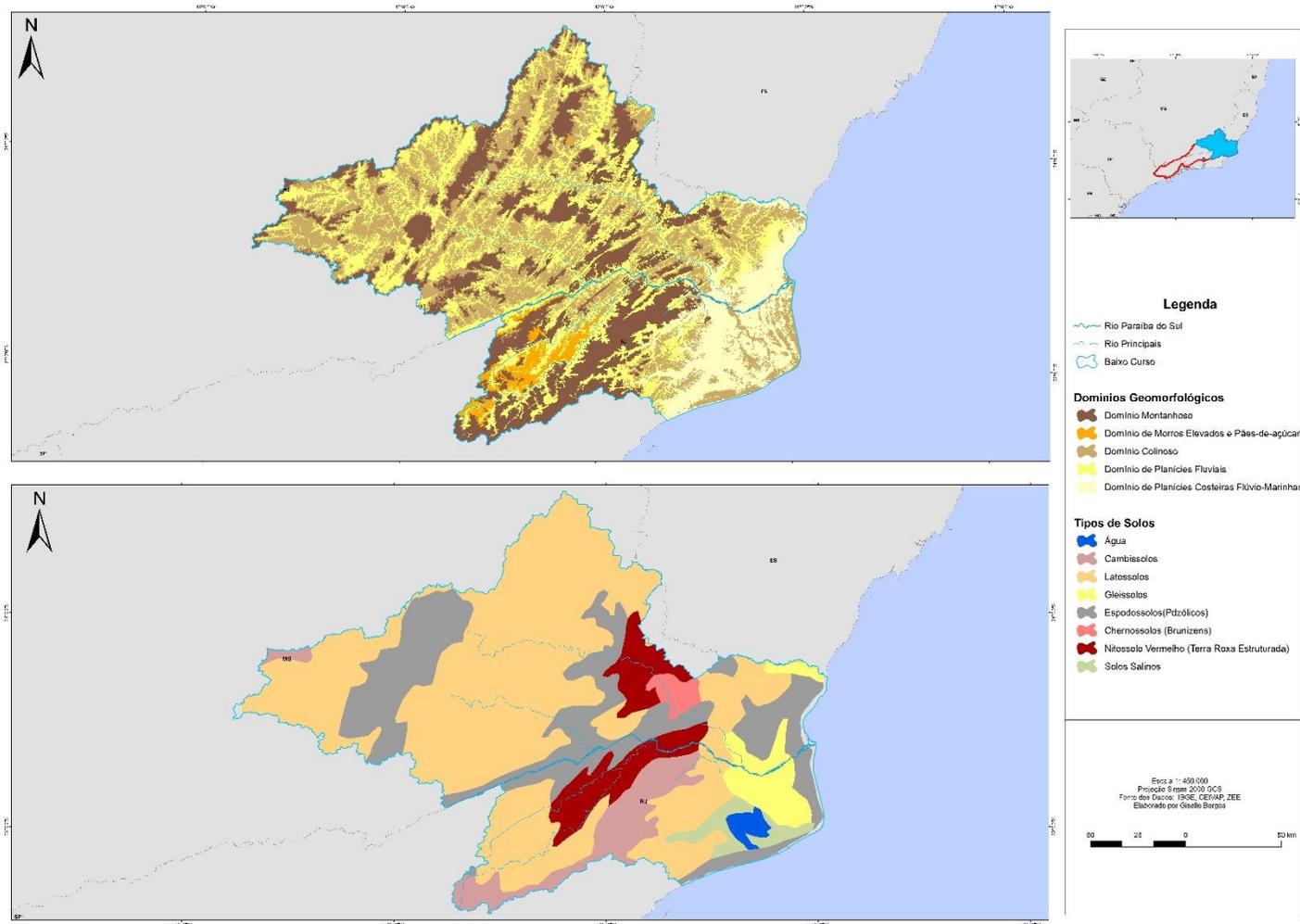
**Figura 6-0-4:** Relação da situação financeira do município medida pelo PIB associado ao desenvolvimento em renda, saúde e educação (IDH). Fonte: IBGE, adaptado por Borges, 2021.

### 3.2. Mapeamentos Ambientais

Segundo o mapeamento realizado no baixo curso da bacia do Paraíba do Sul, para compreensão das suas características geomorfológicas, encontramos cinco classes em destaque: os domínios montanhosos, domínio morros elevados e pães de açúcar, domínios colinosos, domínios de planícies fluviais e domínios de planícies costeiras flúvio-marinhas (Figura 5). Observa-se que há o predomínio na distribuição do relevo colinoso (53%), seguido dos depósitos fluviais (30%). Com menor expressão temos o relevo montanhoso (12%), planícies costeiras flúvio-marinhas (4%) e domínio morros elevados e pães de açúcar (1%).

Ao espacializar as informações sobre os tipos de solos existentes neste setor da bacia, classificaram-se 7 tipos: latossolos, cambissolos, gleissolos, espodossolos, chernossolos, nitossolo vermelho e solos salinos (Figura 5). Os neossolos são conhecidos como litossolos, enquanto os espodossolos também identificados por podzólicos, nitossolos vermelhos podem ser encontrados como terra roxa estruturada e por fim os chernossolos, que são comumente chamados de brunizens.

Importante mencionar que essas classificações são antigas, fundamentadas pela FAO/Unesco. As nomenclaturas utilizadas se basearam no Sistema de Classificação Brasileira de Solos (SIBCS). Dentre as classes encontradas, observamos com destaque os latossolos (62%) e espodossolos (18%), com grande atuação nos solos no baixo curso. Bem como, em trechos intermediários, especialmente temos cambissolos (9,5%), nitossolos vermelhos (7%) e gleissolos (2,5%). Com menor expressividade temos a classe de solos salinos (1%) e chernossolos (0,5%). Os dados obtidos são do Zoneamento Ecológico-Econômico de 2008, tanto para a classificação geomorfológica como para os tipos de solos.



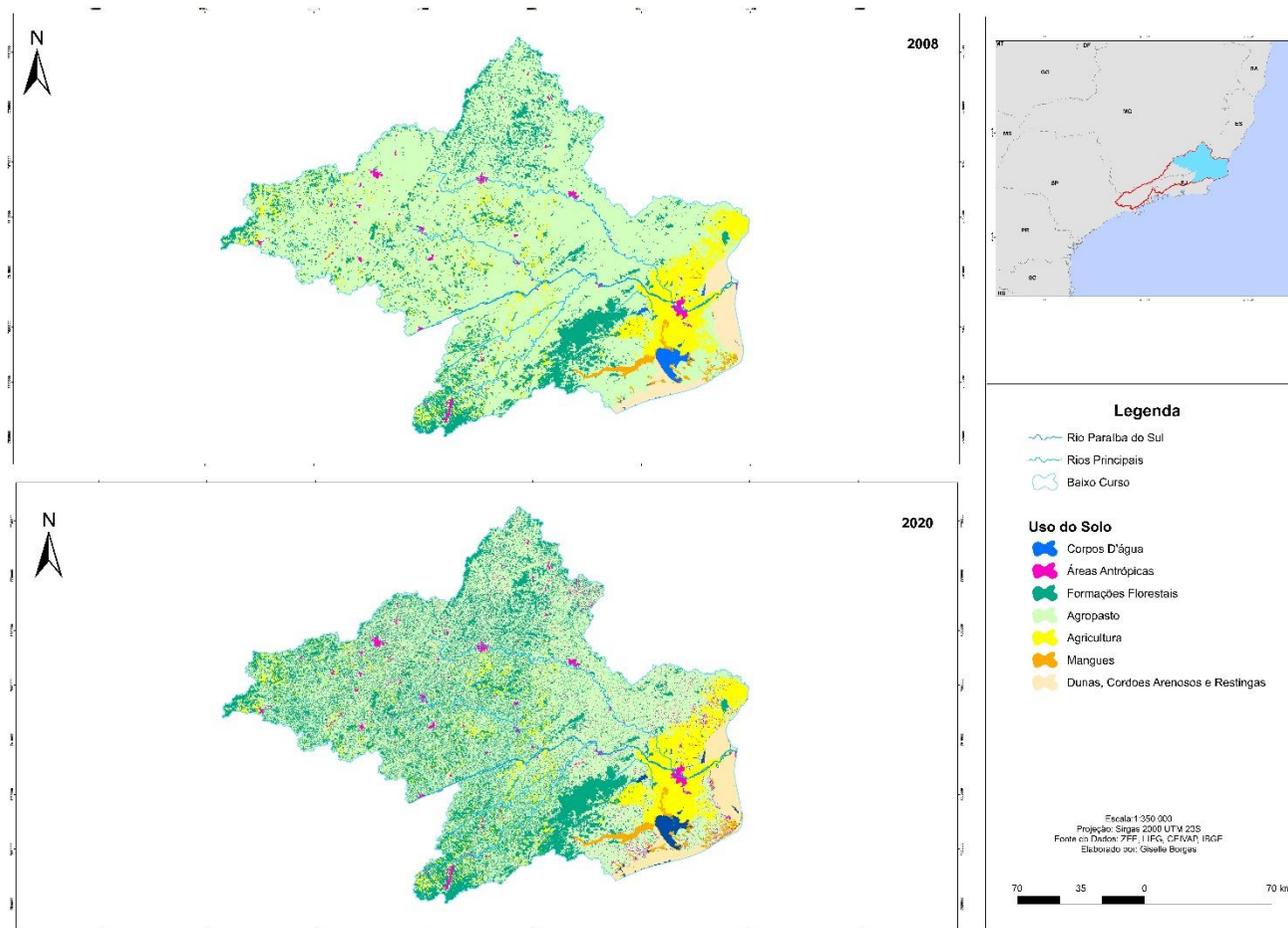
**Figura 6-0-5:** Espacialização das feições geomorfológicas e pedológicas para o baixo curso da bacia do Paraíba do Sul, para sua compreensão física-ambiental. Fonte: ZEE adaptado por Borges, 2021.

Para análises das mudanças do uso do solo, nos baseamos no mapeamento realizado pelo ZEE de 2008, em que foram agrupados os usos do solo em 7 classes, sendo elas: Áreas Antrópicas, Corpos D'água, Formações Florestais, Agropasto, Agricultura Mangues, Dunas-Cordões Arenosos- Restinga. Bem como, para compreender como se encontra a situação do baixo curso, realizou-se o mapeamento com as mesmas classes para o ano de 2020 (Figura 6).

Para o ano de 2008, a partir do mapeamento realizado pelo ZEE (Zoneamento Econômico-Ecológico) observa-se a totalidade do agropasto e irrelevantes fragmentos de formações florestais, de modo a proporcionar baixíssima qualidade ambiental neste setor da bacia (Figura 6). A zona verde presente na bacia é derivada do Parque Estadual do Desengano, considerado o último remanescente florestal do norte fluminense e trechos em Nova Friburgo pelo Parque Estadual dos Três Picos. Há uma expressiva atuação da agricultura nas áreas planas próximas à zona da foz do rio Paraíba do Sul. Esta atuação evidencia-se pela presença massiva de pasto dentre todos os outros usos distribuindo-se por toda a bacia do baixo curso.

Com um intervalo de 12 anos do mapeamento proposto pelo ZEE de 2008 e para o ano de 2020, observam-se poucas mudanças no uso do solo (Figura 6). As áreas de agricultura concentram-se nas regiões de planícies fluviais, nas baixadas com proximidades das áreas de mangue e no canal fluvial. Bem como, observam-se fragmentos florestais bem espaçados e em muitos casos sem conectividade, destacando a predominância das pastagens e muitos processos erosivos pela ausência de vegetação. De modo que, houve o aumento das áreas urbanas no levantamento de 2020, mantendo-se próximas das identificadas para o ano de 2008.

De maneira geral, no trecho do baixo curso foi possível identificar diversos trechos sem vegetação com processos erosivos acentuados, dispersão de zonas urbanas e sua expansão em cidades mais consolidadas. Esse processo pode estar relacionado com o desmatamento e o uso excessivo dos solos, devido às atividades cafeeira e canavieira. Bem como, se verifica também pelo baixo rendimento dos municípios atualmente e com a manutenção das atividades pastoris e o crescimento urbano, que proporcionam a intensificação dos processos erosivos e a redução dos serviços ambientais na bacia.



**Figura 6-0-6:** Espacialização do uso do solo para os anos de 2008 mapeado pelo ZEE e 2020 classificado pela autora, para o baixo curso da bacia do Paraíba do Sul. Fonte: Borges, 2021.

### *3.3. Identificação das Situações Ambientais*

Diante da proposta de análise da situação ambiental do baixo curso da bacia do Paraíba do Sul, as vistorias em campo permitiram o entendimento da configuração da paisagem neste setor. O relevo foi marcado por intensa atividade agropecuária e seu posterior abandono, que configuraram e reconfiguraram a paisagem natural para antropogênica. Dessa maneira, fica evidente encostas desmatadas, com presença de pastos, muitos processos erosivos devido à ausência de vegetação e interferência humana, inexistência mata ciliar nos rios e retinização de muitos trechos que abastecem o Paraíba.

Nos trajetos percorridos em estradas de terra e asfaltadas verificaram-se imensas áreas com desgastes nos relevos e processos erosivos em níveis calamitosos. Os cortes de estradas acentuam e intensificam os processos de degradação dos solos, devido a facilidade de acesso a esses trechos. Sabe-se que o baixo curso é marcado por processos históricos que configuram o que é visto hoje.

Bem como, observam-se diversos trechos em que os rios são retinizados com grande aporte de efluentes domésticos, ausência de mata ciliar e população habitando a planície de inundação. Como também, as encostas possuem processos erosivos dos mais diversos, como ravinas, voçorocas e movimentos de massa, devido ao uso intensivo dos solos e inexistência de vegetação em grande parte do baixo curso.

Observou-se que devido a essas condições da precariedade ambiental das encostas do baixo curso, há um grande aporte de sedimentos nos canais associado a contaminação das águas e identificou-se diversas áreas com esgotamento inadequado. Em diversos segmentos, quando se aproximam dos núcleos urbanos, o esgoto é jogado diretamente no rio. Os exemplos mais emblemáticos são os municípios de Muriaé (MG), Carangola (RJ), Natividade (RJ), Campos dos Goytacazes (RJ) e Cambuci (RJ). Diversos canais encontram-se em altos níveis de eutrofização, em que em muitos casos são tributários e rios importantes que abastecem o Rio Paraíba do Sul, vide figura 7.

Ao nos aproximarmos da foz, tanto no trecho em Atafona (São João da Barra-RJ) e em Gargaú (São Francisco do Itabapoana-RJ) observamos a degradação dos municípios que se encontram à jusante da bacia. Observa-se diversos trechos abandonados, com população localizada setorialmente com baixo nível de renda e desvalida, configurando a degradação socioambiental do baixo curso. As áreas mais planas apresentam diversas áreas improdutivas com presença de grandes latifúndios, que poderiam exercer atividade econômica ativa, como a agricultura.

Cabe ressaltar que no baixo curso há diversos conflitos por água a partir desvios nos canais, salinização pela proximidade do mar e alta carga de nutrientes vindo das áreas urbanas. Soma-se a isso o fato da ocupação urbana habitar dentro das áreas de planície fluvial e fluviomarinha, ou seja, nas planícies de inundação e sedimentação, sendo influenciadas diretamente pelas dinâmicas dos rios e marinha acarretando alta vulnerabilidade socioambiental pela proximidade e falta de estrutura urbana.



**Figura 6-0-7:**Caracterização das principais feições sociogeomorfológicambiental identificadas no baixo curso da Bacia do Paraíba do Sul Fonte: Borges, 2021.

### *3.4. Conectividade das informações secundárias e primárias para diagnóstico do baixo curso da BPS*

Dentro da concepção de bacia compreender os dados municipais, estruturas físicas e ambientais, auxiliam na identificação que verifica a realidade da condição ambiental, pois não há como pensar a bacia sem a interação socioambiental e reorganização na paisagem.

A partir dos dados obtidos pelo IBGE e CEIVAP sobre os municípios que abarcam o baixo curso, encontrou-se um baixo índice relacionado ao IDEB para o ensino fundamental. Observa-se valores superiores para os anos iniciais do ensino fundamental comparados com os anos finais, e que há poucas variações entres os estados. Os valores relacionados com o esgotamento sanitário são baixos, com média de 67,8%, mas analisando os municípios, os valores são divergentes. O consumo de água por habitante é baixo se comparado com o total populacional. O IDH dos municípios gira em torno de 0,683; é alto quando relacionado com o PIB, pois os valores são baixos, mas semelhantes entre os municípios, em que apenas 2 localidades se evidenciam do restante.

Grande parte da bacia possui predominância de latossolos e espodossolos, muito relacionados com a geomorfologia, em que se destacam no relevo colinoso, depósitos fluviais e relevo montanhoso. A maior parte dos solos está associada com as configurações da morfologia da bacia. Para o ano de 2008, destaca-se o domínio do pasto com presença de agricultura em trechos de planície, também observado para o ano de 2020 as mesmas características, mas com o aumento de áreas antropizadas.

Compreende-se que a condição socioambiental no baixo curso da bacia do Paraíba do Sul se encontra em crescimento e com intensificação dos processos de desgaste dos relevos e solos, e consideramos como segmento de preocupação ambiental. De modo que, os municípios que englobam o baixo curso possuem poucas variações regionais. Apesar dos municípios abrangerem regiões diferentes, possuem esgotamento sanitário desigual e em alguns casos com baixo percentual de atendimento municipal.

Acredita-se que parte da ineficácia do saneamento básico está associada com zonas não valorizadas especulativamente, aumento da urbanização não acompanhada de estação de tratamento de esgoto em trechos de expansão populacional (SIQUEIRA e MALAGODI, 2013; LEITE, 2019). Além do fato da ausência ou ineficiência desse serviço, esses dejetos são dispostos diretamente nos canais fluviais, causando contaminação das águas, assoreamento e eutrofização dos canais (SOFFIATI, 2009; TIRADENTES e LEITE, 2017; LEITE, 2021). Dessa maneira, há a redução da qualidade ambiental e dos recursos hídricos que são utilizados para irrigação e abastecimento humano (LEITE, 2019), causando problemas socioambientais, em populações com baixa renda, como observados nos municípios do baixo curso (Figura 3). Como exemplo temos: Muriaé, Natividade, Carangola, Campos do Goytacazes, Além Paraíba e muitos outros.

Essa situação se intensifica quando comparamos os índices educacionais, o PIB e o IDH dos municípios, pois esse segmento possui baixos valores do IDBE e de rendimento municipal. Importante destacar que parte desses legados estão associados aos ciclos econômicos da região, com isso os relevos possuem heranças do desgaste dos solos oriundos da atividade cafeeira (principalmente em Minas Gerais) e da monocultura de cana de açúcar no baixo curso, que reconfiguram as condições naturais para atender ao propósito da indústria canavieira (LEITE, 2021).

As reconfigurações das condições ambientais passam a ser intensificadas com a expansão urbana, colaborando com o baixo nível educacional dos municípios. Há o aumento da retirada da mata ciliar, ocupação das áreas colinosas desgastadas por processos erosivos, como também as planícies fluviais e costeiras e o aterramento de mangues (SOFIATTI, 2005). Como isso, a população passa a ocupar áreas da faixa marginal de 10 a 15 m, que seriam locais da vegetação ciliar (POLETO, 2014) presentes em diversos municípios no baixo curso, como por exemplo em São Fidélis, Muriaé e Aperibé.

Esses processos são associados à estrutura pedológicas dos solos na bacia; predominando os latossolos nos segmentos colinosos que sofrem com o processo de intemperização e com pouca existência de agregados, favorecido

pela ausência da cobertura vegetal e pelo longo período de lavoura, intensificando os processos erosivos (BOTELLHO e SILVA, 2011; BARROS e MAGALHÃES, 2020). Enquanto que, os espodossolos, por predominarem em áreas de planície com características arenosas e mal drenados, apresentam grande capacidade de absorção de água (LEPSCH, 2011). Esses são associados com a impermeabilização e/ ou pavimentação do solo, entre 60 e 80%, dando lugar para a ocupação humana, acentuando a ocorrência de erosão urbana (BOTELLHO e SILVA, 2011), acarretando na redução da capacidade de infiltração da água no solo.

Com isso, os problemas ambientais passam despercebidos perante a sociedade, que poderia se utilizar de instrumentos para cobrar dos municípios as melhorias ambientais. Com conscientização, educação ambiental e com a aplicação da Estratégia Internacional para Educação de Desastres (EIRD/ONU) (SIQUEIRA e MALAGODI, 2013), torna-se possível promover a mobilização social com informação e fomentos de modo a minimizar os danos dos municípios como “desastres naturais”, já que estes possuem baixos rendimentos anuais.

O planejamento urbano/rural com o acesso à infraestrutura básica amenizaria os impactos das ocupações em áreas irregulares e de risco (SIQUEIRA e MALAGODI, 2013; POLETO, 2014), como em áreas declivosas e suscetíveis à inundação, que são intensificadas por obras de canalização (LEITE, 2019, 2021), extração de areia dos canais, assoreamento e erosão das margens e eutrofização dos canais por efluentes domésticos e salinização dos solos (LEITE, 2017, 2019).

Cabe ressaltar que o desgaste do baixo curso está associado aos ciclos econômicos, como do café e da cana-de-açúcar. Com a extenuação das atividades, o agropasto passa a predominar até hoje nas paisagens. Diante disso, e acoplado com o crescimento e expansão urbana que ocupam antigas áreas de plantio, há destaque para atividades petrolíferas e obras portuárias, como o Porto de Açú, que favorecem ainda mais a ocorrência dos diversos problemas ambientais nesse segmento da bacia (LEITE, 2019). De modo que, as visitas de campo entre 2017 e 2021 possibilitaram compreender os usos do solo referentes ao mapeamento de 2008 e a comprovação desses dados em

2020, caracterizando esse segmento da bacia como uma área com fortes problemas socioambientais que apresenta ineficiências dos serviços ambientais.

Logo, com índices desfavoráveis de PIB, IDEB, esgotamento sanitário ineficiente, intervenções de caráter urbano e industrial, intervenções pelas barragens, ocupação urbana, abandono de áreas com fortes processos erosivos, impermeabilização do solo, pasto e conseqüentemente, ausência da cobertura florestal, tornam esse trecho bem problemático do ponto de vista ambiental. Dessa maneira, para a retroalimentar as funções ecossistêmicas e ambientais (BARROS e MAGALHÃES JR, 2020), serão necessárias diversas intervenções voltadas à recuperação de segmentos prioritários para a qualidade ambiental da bacia e, com isso, a manutenção e recarga hídrica do sistema à jusante.

Um das limitações para o desenvolvimento da pesquisa relaciona-se ao fato de a sociedade mundial estar em pandemia COVID-19, alcançando o segundo ano em 2021, impossibilitando a exploração de mais dados em campo. Além disso, os dados secundários são oriundos de instituições públicas que precisam de verba para a atualização dos dados obtidos. Com a situação política e econômica brasileira durante a pandemia o censo foi adiado, e com isso os dados utilizados foram anteriores a esse período, o que pode tornar a realidade dos municípios um pouco defasada, devido ao ano da informação disponível. Para a obtenção desses dados de maneira primária haveria um alto custo, além do risco de contaminação pelo vírus, invalidando o campo e colocando em risco a equipe.

A partir dos resultados obtidos, verificou-se a importância de interligar elementos de caráter social, econômico, infra estrutural, físico e ambiental, de modo a possibilitar a análise de como os municípios influenciam na qualidade da bacia. Diante dos cenários identificados pela ação histórica dos ciclos produtivos e econômicos e com a ausência de um rendimento municipal significativo, há o favorecimento da degradação da bacia ao longo dos anos. Ao diagnosticar esses espaços de fragilidade ambiental, é possível identificar áreas prioritárias para a gestão, planejamento ambiental e para medidas de

infraestrutura urbana que auxiliem a retomada dos serviços ambientais presentes na bacia.

#### **4.CONCLUSÃO**

Dentre os elementos analisados para o baixo curso da bacia identificou-se uma condição ambiental destrutiva, principalmente quando observam-se os índices dos municípios e a situação ambiental. Os municípios do baixo curso possuem baixo consumo de água por habitante assim como um esgotamento sanitário desigual entre os municípios. Bem como, possuem o IDH razoável, podendo influenciar nos baixos índices educacionais com baixo investimento nesse setor. O PIB da bacia do Paraíba do Sul é baixo, porém conversa com os outros índices analisado que também não possuem bons valores.

Dessa maneira, verificou-se que a manutenção das áreas de pasto e a pouca ou a ausência de fragmentos florestais nos mais diversos segmentos da bacia a tornam vulnerável aos eventos climáticos. Assim, na estrutura física, há o predomínio dos latossolos e de relevos colinosos e planície fluviais que são vulneráveis às ações antrópicas, que podem intensificar os processos erosivos, o aumento de sedimentos e o assoreamento de canais e lagoas.

Portanto, o mapeamento e a análise das informações da bacia possibilitam compreender a evolução que a área sofreu, de modo a perceber como as relações econômicas, sociais e ambientais estão intrinsecamente relacionadas, uma vez que a bacia degradada deixa fortes heranças em sua paisagem quando essas não sofrem recuperação natural ao longo do tempo. O baixo rendimento econômico dos municípios, associado com extensas áreas de pasto e com a intensificação dos processos antropogênicos tornam sua condição ambiental muitas vezes insustentável, de modo a reconfigurar negativamente as condições hídricas, ambientais e sociais, podendo fornecer de maneira deficitária e com alto potencial de degradação os serviços ambientais.

## **AGRADECIMENTOS**

O material produzido se deve a pesquisa de doutorado do autor que foi financiado através de bolsa da CAPES, CNPQ, FAPERJ. Bem como, teve o suporte financeiro para que houvesse a realização dos campos o Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGG-UFRJ) e Comitê do Baixo Paraíba e Itabapoana. Como também agradeço as alunas Stephany Vianna e a Julia Vieira por ter contribuído para a organização dos dados do IBGE e CEVAIP e a Taiany Marfetan por ajudar na revisão do texto. Nas visitas a campo tive o apoio dos alunos de iniciação científica e colegas de laboratório LIEG-UFRJ como: Stephany Vianna, Julia Vieira, Paloma Lisboa, Monara Santos, Laís Rosa, Lucas Dias, Rodrigo Vinagre, André Avelar. Bem como, a Dr<sup>a</sup> Adriana Leite pela indicação de bibliografia referente a temática.

## **REFERENCIAL TEÓRICO**

AGEVAP - Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul Relatório técnico – Bacia do rio Paraíba do Sul – Subsídios às ações de melhoria da gestão. Rio de Janeiro. 255p. 2011.

AGEVAP - Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul Relatório de situação da região hidrográfica do baixo Paraíba do Sul 2011. Campos dos Goytacazes. 49p. 2012.

AGEVAP - Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul Plano integrado de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul e planos de ação de recursos hídricos das bacias afluentes. Rio de Janeiro. 149p. 2013.

AGEVAP - Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul Plano integrado de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul e planos de ação de recursos hídricos das bacias afluentes. Rio de Janeiro. 367p. 2014.

ASHMORE, P. Towards a sociogeomorphology of rivers. *Geomorphology*, v. 25, n.1, p.149–156, 2015, DOI: 10.1016/j.geomorph.2015.02.020

BARROS, L. F. P.; MAGALHÃES JR, A. P. M. Capítulo 1- Bases teóricas e fatores controladores da dinâmica fluvial. Orgs. MAGALHÃES JR, A. P. M.; BARROS, L. F. P. *Hidrogeomorfologia: Formas, processos e Registros Sedimentares Fluviais*. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro. 2020.

BOTELHO, R. G. M. SILVA, A. S. Capítulo 6-Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. Orgs. VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil. 5ªed. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro. 2011.

BRIERLEY, G. J.; FRYIRS, K. A. Geomorphology and River Management: Applications of the River Styles Framework. Blackwell Publications, Oxford. UK. 398pp. 2005.

BRIERLEY, G. J.; FRYIRS, K. A. Geomorphic Analysis of River Systems: An approach to Reading the Landscape. John Wiley and Sons, Chichester. 345 pp. 2013.

FARIAS, T. J. P.; QUITO JUNIOR, L. P. Rio e História Urbana: o papel do rio Paraíba do Sul na criação e desenvolvimento do município de Campos dos Goytacazes [RJ]. © Labor & Engenho, Campinas [SP] Brasil, v.11, n.2, p.103-115, abr./jun.2017.

LEPSCH, I. F. 19 Lições de Pedologia. Oficina Textos. São Paulo. 2011.

LEITE, A.F. Gestão dos Recursos Hídricos e Desastres relacionados à Água na Baixada Campista. ENAPEGE. Geografia, Ciência e Política: do pensamento à ação ao pensamento. Porto Alegre. 12 a 15 de outubro de 2017.

LEITE, A.F. Estruturas hidráulicas, gestão dos recursos hídricos e desastres relacionados à água na região do baixo rio Paraíba do Sul (estado do Rio de Janeiro): Uma análise fundamentada no desastre deflagrado pela inundação de 2007. AMBIENTES. Volume 1, Número 1, 2019, pp. 146-190. ISSN: 2674-6816.

LEITE, A.F. Resultantes ambientais da drenagem de superfícies brejais e lacustres na baixada Campista, Norte do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. VÉRTICES, Campos dos Goytacazes/RJ, v.23, n.1, p. 98-128, 2021.

MENDONÇA, J. C. Inundações na baixada Campista. In: TOTTI, M. E. F.; SOFFIATI, A. (org.). Gestão de águas no baixo rio Paraíba do Sul: região hidrográfica IX do estado do Rio de Janeiro. 1. ed. Campos dos Goytacazes: Essentia, 2014. p. 91-127.

PIRES, A. Minas Gerais e a Cadeia Global da "Commodity" Cafeeira (1850-1930). Revista Eletrônica de História do Brasil, v. 09, p. 05-47, 2007.

POLETO, C. Bacias Hidrográficas e Recursos Hídricos. Editora Interciência. Rio de Janeiro. 2014.

PORTELA, F. O. S. A rede do café: Diálogos espaço-tempo para identificação das fazendas cafeeiras na Zona da Mata mineira. Dissertação Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2019.

SIQUEIRA, A. M. M. Gestão das águas no contexto de desenvolvimento do Norte-Fluminense/RJ. In: Seminário Nacional de Gestão Sustentável de

Ecosistemas Aquáticos: Complexidade, Interatividade e ecodesenvolvimento, 1., 2012, Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: COOPE/UFRJ, 2012.

SIQUEIRA, A. M. M.; MALAGODI, M. A. S. Capítulo 2-Desastres e remoções em Campos dos Goytacazes/RJ: o caso Ururaí. Dinâmica ambiental e produção do espaço urbano e regional no Norte Fluminense. ORGS: LEITE, A. F.; GOMES, M. A. S. Campos dos Goytacazes (RJ): Essentia Editora, 2013. 165 p.: Il. ISBN 978 - 85 - 99968 - 37

SIQUEIRA, A. M. M. Conflitos em contextos de desastres relacionados com as águas. Riscos de Desastres Relacionados à Água: Aplicabilidade de bases conceituais das Ciências Humanas e Sociais para a análise de casos concretos. ORGS: Siqueira, A.; Valencio N.; Siena M.; Malagoli M. A. São Carlos: RiMa Editora, 528 p. 2015. ISBN – 978-85-7656-037-1.

SOFFIATTI, A. História das ações antrópicas sobre os ecossistemas vegetais nativos das regiões norte e noroeste do Estado do Rio de Janeiro. Perspectivas. Campos dos Goytacazes, v.4, n.7, p. 67-79, janeiro/julho 2005.

SOFFIATTI, A. Redução do impacto das cheias pelo manejo das águas na planície fluviomarinha do Norte Fluminense. Agenda Social. Revista do PPGPS / UENF. Campos dos Goytacazes, v.3, n.2, mai-ago / 2009, p. 01-33, ISSN 1981-9862

SOFFIATTI, A. O movimento político de Campos em 1855. Vértices, Campos dos Goytacazes, v. 14, n. 1 especial, 2012.

TIRADENTES, M. D. E.; LEITE, A. F. Vulnerabilidade e Risco: O caso de Bom Jardim do Itabapoana (RJ) e Bom Jesus do Norte (ES). ENAPEGE. Geografia, Ciência e Política: do pensamento à ação ao pensamento. Porto Alegre. 12 a 15 de outubro de 2017.

## **Capítulo 7 – Proposta Metodológica de Caráter Geográfico para Estudos de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA)**

### **Resumo**

O conceito de pagamentos por serviços ambientais engloba uma interdisciplinaridade, e a abordagem geográfica tem muito a contribuir com essa análise em caráter geossistêmico. Deste modo, ao compreender os elementos geoambientais da bacia com a incorporação dos elementos sociais e econômicos há melhor entendimento dos Serviços Ambientais, assim, identificando quais são os compartimentos da bacia que podem potencializar os serviços ambientais prestados para a sociedade. O objetivo dessa estratégia é desenvolver uma metodologia geossistêmica com viés geográfico como subsídio para análises em Pagamento de Serviços Ambientais. Metodologicamente pautou-se na obtenção de dados do ZEE, IBGE, SIGA-CEIVAP, Geoinfo, para compilação das informações presentes na área de estudo. Dessa forma, os dados secundários foram analisados, calculados por equações e espacializados. Bem como os dados de característica física foram produzidos, estruturados e elaborados em ferramenta SIG. Dessa maneira, no caso da Bacia do Paraíba do Sul identificou-se que há o predomínio de relevo colinoso e planícies fluviais, com associação frequente de latossolos e nas litologias se destacam o biotita-gnaïsse e o ortognaïsse félsico. Geotecnicamente, as classes se distribuem homogeneamente. A bacia encontra-se entre alta e média suscetibilidade para erosão, em que se observa o aumento de fragmentos florestais no médio curso da bacia. Foram também classificados parâmetros socioambientais para a bacia do Rio Paraíba do Sul, nos quais pode-se compreender que a mesma se encontra em sua maioria sob condição intermediária de qualidade socioeconômica e socioambiental, praticamente no que se refere ao consumo de água. Portanto, a bacia encontra-se em sua maioria em qualidade intermediária. Assim, compreender a bacia e suas interfaces é ter um melhor entendimento dos seus sistemas ambientais, de modo a fomentar os serviços geossistêmicos.

**Palavras- Chaves: Estrutura Física; Dados Secundários; Análise Ambiental; Geossistêmico.**

## 1. INTRODUÇÃO

De uma maneira geral, diversas propostas metodológicas são trabalhadas na literatura para o desenvolvimento e implementação de pagamento por serviços ambientais, envolvendo diversos campos científicos, tais como estudos propostos por: Jardim e Bursztn, 2015; Grizzetia *et.al*, 2016; Carvalho e Ferreira, 2017; Böner, *et.al*, 2017; Bösch *et al.* 2019. Cabe destacar que a maioria dos artigos englobam diferentes parâmetros dos serviços ambientais para que sejam calculáveis, ou seja, obtenham valor monetário para a implementação de projetos, a fim de que a valoração ambiental contribua para a gestão em recorte de bacia hidrográfica. Dentre as funcionalidades existentes, evidenciam-se os ambientes rurais para a integração ambiental, social, econômica e governamental.

Os eixos abordados nos projetos de PSA com viés nos recursos hídricos se pautam em indicadores de biodiversidade, água, financeiros e institucionais. Utilizam-se no critério da biodiversidade a restauração florestal e a conservação florestal, com áreas de APPs (CÓDIGO FLORESTAL 4.771), unidades de conservação, floresta inicial, corredores ecológicos por nível de proteção e por área em hectare (RUIZ, 2015). Enquanto que, para avaliação hídrica, a identificação das interceptadoras de água são calculadas com valores hipotéticos, chamados valoração contingente para identificar a disposição de pagar (DAP) por áreas de nascentes e rios e a disposição de receber (DARC) por área florestal restaurada (CARVALHO e FERREIRA, 2017).

Os sistemas considerados como financeiros envolvem processos de questões fundiárias e agrícolas das propriedades, como o mapeamento geomorfológico das propriedades e tipologia dos proprietários sob o confrontamento das informações com as plantas em cartório e/ou prefeitura. Consideram dados como método custo oportunidade (MCO) baseados em renda, custos operacionais por ano e valor monetário do produto ou serviço, ou seja, levantamento da produção, valor de custo, subsistência das propriedades agrícolas com cálculo de custo máx/min por hec/ano, valor de produto no mercado, e cálculo de ganho por 1 hec (RUIZ, 2015; CARVALHO e FERREIRA, 2017). Os métodos institucionais estão relacionados com as

parcerias entre os órgãos públicos ambientais, municipais, estaduais, comitês de bacia e empresas privadas que podem auxiliar no desenvolvimento e implementação junto aos proprietários incorporados em bacias hidrográficas, por exemplo.

Na elaboração desses métodos que envolvem a compreensão do ambiente é importante entender sua composição geoambiental, com informações e o estado em que o meio se encontra, diante das mudanças por atividades antrópicas que se associam às transformações do uso e cobertura do solo com alterações ambientais. Desta maneira, podemos incluir nessa categoria o entendimento geológico, geomorfológico, além dos custos ambientais internos como sugerido por Eagan e Joeres (2002). Estes autores incluem também as emissões de energia e riscos químicos, assim como informações de áreas desmatadas, esgotamento sanitário, barragens e usos das águas.

Neste tipo de abordagem as trocas são necessárias para levar, produzir e intercambiar conhecimento, não há como trabalhar com paisagem e excluir seu principal agente modificador. De acordo com Robbins (2010, p.253) *“o ambiente (não humanos) e seu status dinâmico influência sobre a constituição por seres humanos, com implicações difíceis para medir e coletar informações sobre esses relacionamentos.”*

Diante dessa abordagem o entendimento e a espacialização dos elementos geomorfológicos representam a gênese das formas do relevo, suas relações com a estrutura e, também, com a dinâmica dos processos. Considera-se a base de ordenação por taxonomia subcategorizando as partes do espaço por unidades geomorfológicas, pelos domínios morfoestruturais, estes se relacionando com aspectos geotectônicos, arranjos estruturais e litologia (ARGENTO, 1985; GOMEZ, 2010).

São utilizados os conhecimentos geotécnicos na compreensão dos solos, em uma proposta de mapeamento mais simplificado do que o mapa pedológico. Sendo assim, torna-se possível a compreensão da dinâmica dos solos que podem ser vulneráveis à erosão e influenciar as diferentes taxas de infiltração. Inicialmente as metodologias para estudos geomorfológicos,

pedológicos e geotécnicos utilizam um conjunto de elementos para a realização do mapeamento. Em muitos casos, os trabalhos se referem a escalas locais e de grande detalhe, porém, quando há necessidade de estudos em escala regional, essas metodologias se tornam complexas.

A percepção dos agentes físicos do relevo com as encostas, que são superfícies curvas e inclinadas que formam os contornos do relevo (CHRISTOPHERSON, 2012), assumem um papel importante na atuação dinâmica e conjunta dos agentes endógenos e exógenos na superfície do planeta na diferenciação das paisagens. As vertentes possuem mecanismos e processos que variam de acordo com sua curvatura, ora influenciando movimentos de massa ora transporte da água.

As formas convexas são distribuidoras de água que se espalham lateralmente, tendendo aos setores mais secos. Já as vertentes côncavas são consideradas coletoras de água, à jusante das quais se localizam as nascentes (BLOOM, 1970.) Com isso, é possível relacionar as relações hídricas com o papel geomorfológico que a encosta desempenha, que por sua vez se associam às informações socioeconômicas da bacia. Este procedimento permite o conhecimento prévio sobre a situação em que se encontra o ambiente estudado.

Dessa forma, é importante o uso de informações secundárias de instituições confiáveis, considerando a relevância da questão ambiental nos dados, esses podem ter uma gama de informações que podem ser trabalhadas em conjunto. De acordo com Synnestvedt (2001) as informações ambientais possuem duas amplas categorias: atividades que afetam o ambiente e condições ambientais. Logo, os dados hidrológicos se tornam fundamentais para elucidar as características qualitativa e quantitativa das águas.

Conforme as ideias de Tucci (2001), o estudo da água tem evoluído devido aos problemas crescentes observados nas bacias hidrográficas, como a ocupação inadequada, o aumento significativo da utilização da água para diversos fins e principalmente em face aos resultados dos impactos sobre o geossistema. Cabe destacar que as mudanças do uso do solo interferem em ações ao longo do curso do rio, ou seja, essas mudanças influenciam na

redução do acúmulo de água na bacia, onde a umidade do solo é superior à sua reposição. Essas transformações no uso do solo por atividades urbanas e agropastoris são dois fatores que promovem a degradação dos solos, deixando-os mais vulneráveis. De acordo com Bertoni e Neto (1999), as práticas inadequadas da agricultura proporcionam o desgaste mais intenso nos solos, fortalecendo a improdutividade e a intensificação da erosão hídrica.

Diante destas transformações, os corpos hídricos vêm sofrendo alterações em sua morfologia, qualidade e disponibilidade, principalmente devido às utilizações voltadas para abastecimento, práticas agropecuárias e geração de energia elétrica (BRUIJNZEEL, 2004; GUO *et al.* 2008; SEIBERT e MCDONNELL, 2010). As bacias hidrográficas são muito afetadas por estas ações e têm um papel relevante na dinâmica das águas, pois são formadas por um conjunto de canais de ordens diversas que compõem um sistema aberto que responde às mudanças ambientais sofridas (STRAHLER, 1964). Os canais passam por diferentes domínios morfológicos dentro da bacia hidrográfica, sofrendo alterações hidroerosivas e processos de poluição ao longo do curso (EISENBIES *et al.*, 2007; WEI *et al.*, 2008; SEIBERT e MCDONNELL, 2010). Como a Bacia do Paraíba do Sul abrange três estados urbanizados com diversas influências e diferentes usos da água e do solo esse entendimento torna-se primordial para conhecer o funcionamento hidrológico da área e as principais fragilidades presentes.

Sabe-se que a Bacia do Paraíba do Sul (BPS) abastece municípios do Rio de Janeiro, Minas Gerais e São Paulo e possui o Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (CEIVAP) que é um órgão de controle dos processos que envolvem a Bacia citada, em todos os Estados abrangentes. Segundo informações da CEIVAP, nos anos de 2002 a 2006 foi elaborado o Plano de Recursos Hídricos para da Cobrança na Bacia do Rio Paraíba do Sul. De 2007 a 2010 houve o Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul, em que a finalidade foi apresentar o diagnóstico da bacia e indicações das ações necessárias para sua recuperação a serem implementadas com recursos da cobrança pelo uso da água (AGEVAP, 2011, 2012, 2013, 2014).

Outro instrumento associado ao uso da água deu-se através do Zoneamento Ecológico Econômico, o qual gerou o mapeamento da Bacia do Paraíba do Sul referente à geomorfologia e a geologia abrangente para a região. Apesar disso, a compreensão da dinâmica dos processos hidroerosivos nesta bacia não é retratado nos planos que foram implementados pelo comitê, sendo assim, há a necessidade do entendimento das mudanças geomorfológicas na dinâmica hidrológica. Estudos mostram que as mudanças geomorfológicas e de cobertura e uso da terra no ciclo hidrológico regional contribuem diretamente e com muita ênfase para a resposta hidrológica de bacias hidrográficas (DUNN e MACKAY,1995; LAHMER *et al.* 2001; TWINE *et al.* 2004).

Desde 2014, há o grupo de trabalho sobre Controle da Inflação dos Alimentos e demais Produtos Agropecuários, organizado pelo Ministério da Agricultura em parceria com instituições públicas e universidades. Esse grupo prioriza debates, discussões e metodologias sobre boas práticas agrícolas, principalmente na BPS. A BPS, por possuir grande extensão territorial e abranger limites interestaduais, enfrenta conflitos envolvendo diferentes funcionalidades da água.

Os diversos usos das águas da bacia são utilizados de forma constante por parte de populações locais, abastecimento, geração de energia, irrigação e atividades agropecuárias/industriais (AGEVAP, 2011, 2012, 2013, 2014; LEITE, 2019). Devido aos problemas enfrentados desde 2002 sobre as relações das condições dos solos, uso e cobertura, além dos atuais problemas enfrentados pela escassez hídrica, destaca-se como uma área prioritária para manutenção dos serviços ambientais (LEITE, 2017; 2021).

Os rios que compõem a Bacia do Paraíba do Sul sofreram muitas alterações em sua morfologia, devido ao assoreamento decorrente de processos erosivos e às necessidades de abastecimento urbano e de irrigação. Soma-se a isso extensos trechos da bacia com diversas retificações e represamentos, associadas aos grandes índices de erosão e deposição na bacia. Nos últimos meses do ano de 2015, a bacia ganhou destaque devido à controvérsia sobre a transposição para regularização dos níveis d'água no

sistema Cantareira por conta de uma estiagem que tem afetado drasticamente o Estado de São Paulo.

Esse episódio alertou a comunidade científica para a problemática da água em escala regional, em que torna-se importante a determinação e entendimento de quais seriam os processos que efetivam a recarga dessa bacia em períodos de diminuição da precipitação. Além disso, discute-se hoje quais seriam os serviços ambientais que poderiam ser melhorados na bacia, a fim de remediar a situação das águas que são usadas de forma intensa e com pouco controle.

As diversas categorizações existentes para introdução do Pagamento de Serviços Ambientais, auxiliaram para que houvesse o entendimento das metodologias comumente utilizadas. Dessa maneira, verificou-se lacunas que serviram de base para o remodelamento dessas propostas, para introduzi-las em locais pré-definidos dentro da Bacia do Paraíba do Sul. Distingue-se que o entendimento das principais características da bacia em sua estrutura geológica, geomorfológica, pedológica, de suscetibilidade, uso do solo e dados da realidade dos municípios que englobam a bacia, proporcionam uma análise geossistêmica das principais zonas de fragilidade.

Dentre a diversidade de metodologia de PSA, não encontra-se na literatura a abordagem geográfica, pois os estudos existentes, em sua grande maioria, estão pautados em obter dados calculáveis e/ou na proposta de recuperação ecossistêmica, deixando de lado os objetivos de compreender a integração entres os elementos que a compõem em sua temporalidade e espacialidade. Portanto, entender a bacia hidrográfica como uma unidade possibilita que se identifiquem os principais problemas presentes, como em áreas rurais e os diversos problemas com recarga hídrica e erosão dos solos.

Outro fator importante está relacionado à dimensão espacial da bacia e também com a dificuldade encontrada em chegar ao custo de produção em metodologias já desenvolvidas, para que se possa valorar a renda bruta obtida pelas áreas rurais, como afirmam Carvalho e Ferreira (2017). Além disso, há o fato de que a identificação das características do relevo e elementos socioeconômicos proporcionam maior entendimento geossistêmico da bacia a

partir das informações levantadas, possibilitando identificar sub-bacias a fim de obter um programa de PSA economicamente viável.

Portanto, destacamos a importância do papel da geomorfologia e dos processos hidroerosivos na bacia hidrográfica para o reabastecimento e manutenção do sistema d'água na bacia, levando em consideração a compreensão das questões e as abordagens presentes. Torná-los sustentáveis será uma necessidade de agora em diante, assim como organizar as novas demandas e possíveis variabilidades hidrológicas com abordagens espaço-temporais. O objetivo é realizar uma proposta metodológica considerando os elementos geográficos com o viés geossistêmico para o desenvolvimento de análise das potencialidades e fragilidades na Bacia do Rio Paraíba do Sul, para determinação dos serviços ambientais existentes.

## **2. METODOLOGIA**

A proposta metodológica utilizada na presente pesquisa se baseia em incorporar elementos geográficos para análise geossistêmica, no sentido da compreensão dos fatores econômicos, sociais e ambientais atuando em conjunto para a análise e gestão dos recursos hídricos. Dessa forma, todos os parâmetros contribuem para a modificação, seja benéfica ou não, e para a manutenção das águas. Tal como, que sejam assimilados os elementos condicionantes para essas transformações e suas interações no ambiente natural. Dessa forma, ao conhecer as problemáticas e potencialidades do ambiente torna mais assertiva a atuação no foco do transtorno.

Logo, a metodologia é pautada na identificação dos componentes da paisagem em sua origem estrutural de formação geomorfológica, pedológica, geológica e geotécnica, de maneira a entender a estrutura em que se encontra a bacia do Paraíba do Sul por fatores naturais. Buscou-se também identificar como a morfologia da bacia influencia na direção, no fluxo e na acumulação da água relacionada à vazão e ao retrabalhamento do canal.

Após essa etapa, foi feita, através dos dados sócio-econômico-ambientais, uma análise de como eles se comportam nos municípios da região estudada. Por fim, buscou-se entender como as mudanças no uso solo

influenciam na capacidade de funcionamento da bacia, a fim de modificar a eficiência de resiliência e manutenção da recarga hídrica.

A união dos fatores e elementos pontuados atuam como suporte para a metodologia de PSA com viés geográfico (Figura 1), ao incorporar na sua análise elementos sociais, econômicos e ambientais. Dessa maneira, a análise do plano de PSA é o resultado da incorporação dessa metodologia, em que são considerados ambientes de média degradação, a fim de incentivar a melhora da recarga hídrica, levando em consideração seus padrões e os custos econômicos, ambientais e temporais, para que essa análise seja significativa.

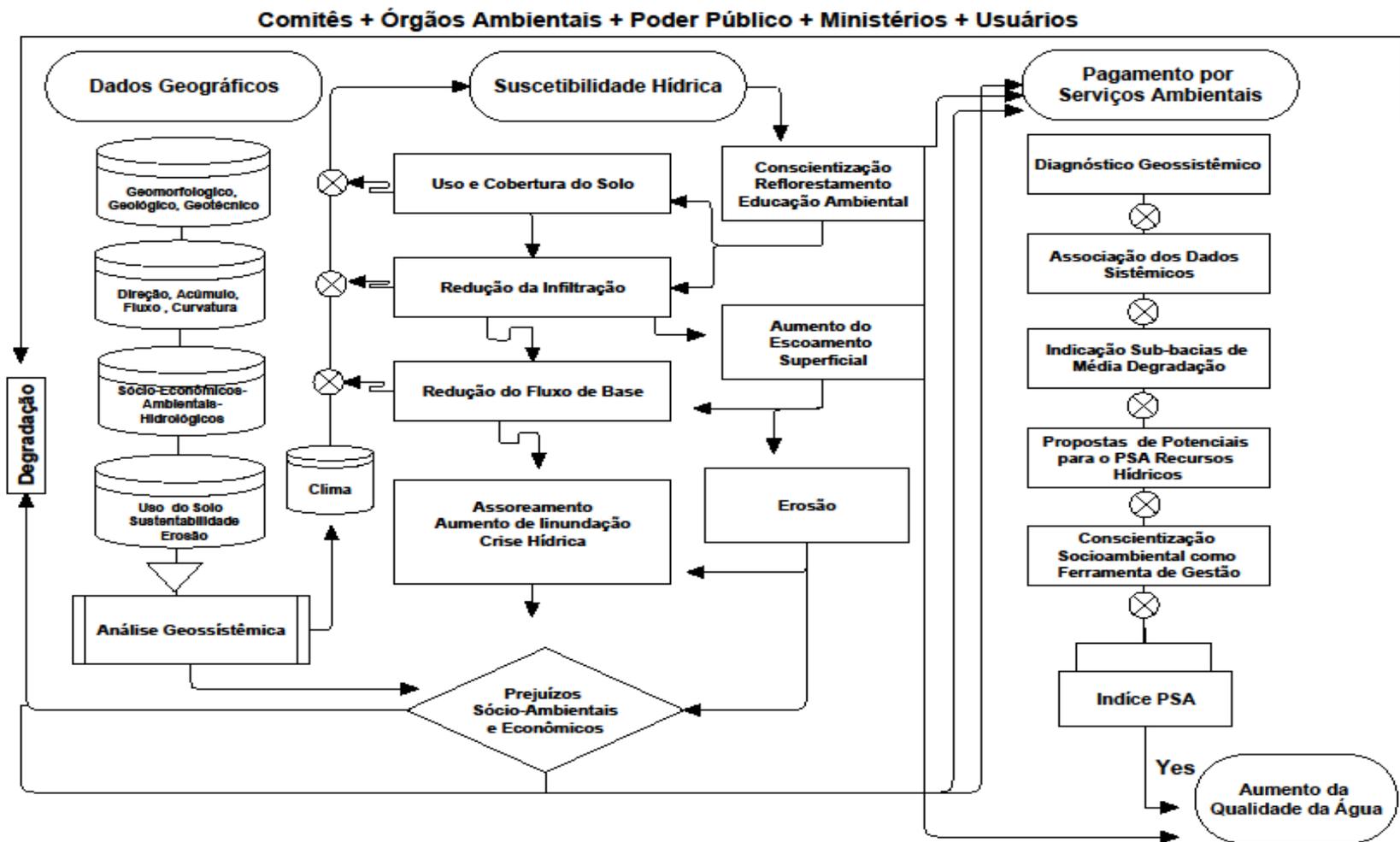


Figura 7-0-1: Fluxograma da estrutura metodológica para estudos em PSA em Bacias Hidrográficas. Fonte: Borges, 2021.

## 2.1. Classificação dos Parâmetros Físicos da Bacia do Paraíba do Sul

### 2.1.1. Mapeamento Geomorfológico

A elaboração da carta geomorfológica necessita cartografar os componentes de descrição do relevo, a fim de identificar e expor a natureza geomorfológica dos elementos do terreno e datar relativamente suas formas (BISHOP, 2012; ROSS, 1996). Há diversas metodologias para se empregar no mapeamento geomorfológico, principalmente após os avanços do sensoriamento remoto e dos softwares de SIG. Como exemplo, há o método de análise orientado a objeto (OBIA), que possibilita mapear as feições do relevo com a utilização de dados de entrada quantitativos para o mapeamento, fundamentalmente com o MDE e suas variáveis, assim como dados qualitativos como a geologia (CAMARGO *et al*, 2009; FERNANDES, 2013).

A identificação das classes para o mapeamento geomorfológico pautou-se no estudo realizado no ano de 2008, que se baseou na análise da Bacia do Paraíba do Sul, em escala de 1:250.000 para o projeto Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE). Os dados obtidos em formato shape foram trabalhados em software em SIG possibilitando sua espacialização e análise das informações obtidas. Dessa forma, com o mapeamento, foram identificados cinco principais domínios geomorfológicos, a saber: o Montanhoso, Morros elevados e Pães-de-açúcar, Colinoso, Planícies Fluviais e Planícies Costeiras Flúvio-Marinhas. A partir da identificação das feições geomorfológicas para toda a bacia, é possibilitada a exemplificação e o mapeamento geomorfológico para a abrangência dos processos atuantes na superfície terrestre, assim como sua evolução na paisagem e a identificação de riscos sócio naturais.

### 2.1.2. Mapeamento Pedológico

O mapeamento pedológico da bacia também utilizou a base de dados do estudo realizado anteriormente na Bacia do Paraíba do Sul, o projeto do Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) em escala de 1:250.00, realizado no ano de 2008. Os dados obtidos foram desenvolvidos em formato shape, que auxiliou na espacialização e classificação das classes na bacia por programa de SIG. A partir das informações adquiridas, pôde-se compreender a

distribuição dos principais solos da bacia. De modo que, na classificação, há oito classes pedológicas: Latossolos, Cambissolos, Gleissolos, Neossolos, Espodossolos, Chernossolos, Nitosolo Vermelho e Solos Salinos. Assim, o entendimento na distribuição dos solos possibilita analisar as fragilidades presentes na bacia quando associadas a outros parâmetros como a geomorfologia, pedologia e uso do solo.

### 2.1.3. Mapeamento Geológico

A execução do projeto dividiu-se em quatro principais partes. A etapa preliminar envolveu o levantamento da bibliografia de mapeamentos regionais da área de estudo em escala próxima a escolhida, 1:250.000. A iniciativa do Sistema de Geociências do Serviço Geológico do Brasil (GEOSGB) permitiu a aquisição das cartas geológicas do Rio de Janeiro em escala 1:100.000 e 1:400.000; para os municípios de Minas Gerais em 1:1.000.000 e para São Paulo 1:750.000, usada como base no projeto. Logo, a partir do compilado de cartas geológicas disponibilizadas pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro (DRM-RJ), Companhia Mineradora de Minas Gerais (COMIG) e Instituto Geológico de São Paulo (IG) fez-se necessária a avaliação das litologias presentes nas unidades geológicas presentes, a fim de compreender sua relevância no contexto de uma escala menor. Dessa forma, as unidades geológicas foram separadas, categorizadas e simplificadas a partir das semelhanças litológicas em diferentes classes com o intuito de padronizar o mapeamento, ajustando-o ao trabalho.

Após a obtenção das cartas geológicas, deu-se prosseguimento à compilação e ao tratamento dos dados geológicos e estruturais, com a simplificação das cartas geológicas, de escala 1:100.000, 1:400.000, 1:750.000 e 1:1.000.000 para a escala de 1:250.000 com o uso do software SIG. A simplificação envolveu a associação e a criação de novas categorias de classificação geológicas, sem que comprometesse as unidades litológicas presentes, além da reinterpretação das cartas com ausência de informações. Dessa forma, identificou-se 19 litologias na bacia, sendo: Biotita-gnaïsse, Silimanita-gnaïsse, Muscovita-gnaïsse, Ortognaïsse félsico, Ortognaïsse

calcissilicático, Granulito, Sienito, Diabásico, Granito, Anfibólito, Mármore, Quartizito, Sedimentos semi-consolidados, Colúvios, Sedimentos inconsolidados, Hornblenda ortognaisse, Charnoquito, Flitos e Biotita-xisto.

Ainda dentro desta etapa, foi realizado o georreferenciamento e a vetorização das cartas disponibilizadas somente em formato *pdf*, para dar prosseguimento a elaboração do mapa e para compreender as estruturas geológicas que integram a bacia do Paraíba do Sul. A interpretação do controle estrutural na bacia tratou-se da identificação de unidades geológicas mais suscetíveis ao entalhamento fluvial e, conjuntamente, padrões estruturais como falhas e fraturas, indicando pontos de fraqueza no relevo.

#### 2.1.4. Mapeamento Geotécnico

De acordo com Ribeiro (2016), a cartografia de solos sem viés pedológico, foi desenvolvida a partir da elaboração de mapas de predição da classificação de solos da AASHTO para a RMF e a partir de dados geotécnicos pré-existentes. Para possibilitar a confecção de mapas com essa informação, se faz necessária a adoção de ferramentas e funções de geoprocessamento. Logo, é possível adaptar as metodologias existentes, a fim de entender a dinâmica do espaço geográfico analisado. O método da presente pesquisa se baseou na utilização das feições da topografia do relevo, em que é possível apontar a espessura do solo a partir da forma da encosta, declividade, altimetria e geomorfologia. Logo, se baseia na topografia da área estudada, em que há a identificação das encostas côncavas e convexas para a identificação dos tipos de saprolitos presentes com o viés geotécnico, não pedológico, em recorte de Bacia Hidrográfica.

Desenvolveu-se uma metodologia de mapeamento geomorfológico-geotécnico em escala regional 1:250.000 para a bacia hidrográfica do Paraíba do Sul considerando os aspectos fisiológicos da paisagem, assim como a geomorfologia, os geossistemas atuantes e a topografia. Se fez necessário identificar os tipos de saprolitos associados com as formas do relevo, para que se pudesse reconhecer áreas de maior vulnerabilidade dentro da bacia do rio Paraíba do Sul.

Foi utilizado o software *SIG* para o mapeamento, que consistiu em uma classificação automática para a identificação das formas nas encostas. Após esse processo inicial, foi feita uma triagem utilizando o Google Earth para confirmação das feições identificadas. As definições das classes ocorreram em encostas convexas por ter maior grau de inclinação e em encostas côncavas por possuírem saprolitos de maior espessura. Enquanto em áreas próximas aos canais de drenagem e menor amplitude do relevo, podemos observar os depósitos fluviais, bem adaptados às inundações dos rios. Logo, identificou-se três classes de espessuras de solos, sendo eles: espessos, rasos e fluviais.

## *2.2. Identificação dos Dados Secundários dos Municípios da Bacia do Paraíba do Sul*

### 2.2.1. Parâmetros Socioeconômicos

A fim de abranger o recorte espacial em questão, foram levantadas informações a partir dos dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), baseadas na plataforma SIG Cidades e dados do censo demográfico de 2010. Cabe ressaltar que as informações utilizadas se basearam na atualização e disponibilidade do órgão responsável. A bacia do Paraíba do Sul incorpora 180 municípios que fazem parte do recorte espacial, englobando informações dos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro.

Dentre as informações levantadas para a presente pesquisa destacam-se: Densidade Demográfica, PIB per capita, Taxa de Matrícula no Ensino Médio (escolarização), Total Populacional e IDH. Os dados obtidos deram suporte para a compreensão da situação em que cada município se encontra no quesito socioeconômico. Esses dados foram organizados inicialmente por extensão territorial (área) em uma ordem decrescente (maior para menor), a fim de observar as áreas que possuem maiores problemas de infraestrutura.

Dessa forma, optou-se por relacionar PIB com a matrícula de ensino médio e a população, para correlacionar o nível de escolarização com a pressão que o ambiente sofre perante os investimentos que são ofertados e o nível de escolaridade do município. Assim foi desenvolvido o parâmetro socioeconômico, conforme pode ser apresentado na Equação 1.

$$\text{Índice socioeconômico: } \frac{\text{PIB} \times \text{Matrícula Ensino Médio}}{\text{N}^{\circ} \text{ Total População}} \quad (\text{Equação 1})$$

### 2.2.2. Usos da Água

Os dados ambientais foram obtidos em escala municipal pertencentes à Bacia do Paraíba do Sul com informações oriundas do IBGE e do Sistema de Informações Geográficas e Geoambientais da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (CEIVAP). A união dessas informações segue a mesma proposta metodológica dos dados socioeconômicos. As informações utilizadas nesta etapa compreendem as de Esgotamento Sanitário e Consumo de Água. As informações para a análise das águas buscam compreender informações sobre a condição da bacia, além dos dados darem suporte para análises pontuais sobre a dinâmica hídrica no alto, médio e baixo curso.

Dessa forma, a partir da informação obtida por esses dados secundários para a presente pesquisa foi possível desenvolver equações para categorizar os municípios dentro da Bacia, as quais, relacionando o IDH, o esgotamento sanitário sobre a densidade populacional em escalas que variam de 0-1, foram necessárias para compreender que quanto maior o esgotamento sanitário menor a pressão da população sobre o geossistema, conforme a equação 2:

$$\text{Índice socioambiental: } \frac{\text{IDH} \times \text{Esgotamento sanitário}}{\text{Densidade Populacional}} \quad (\text{Equação 2})$$

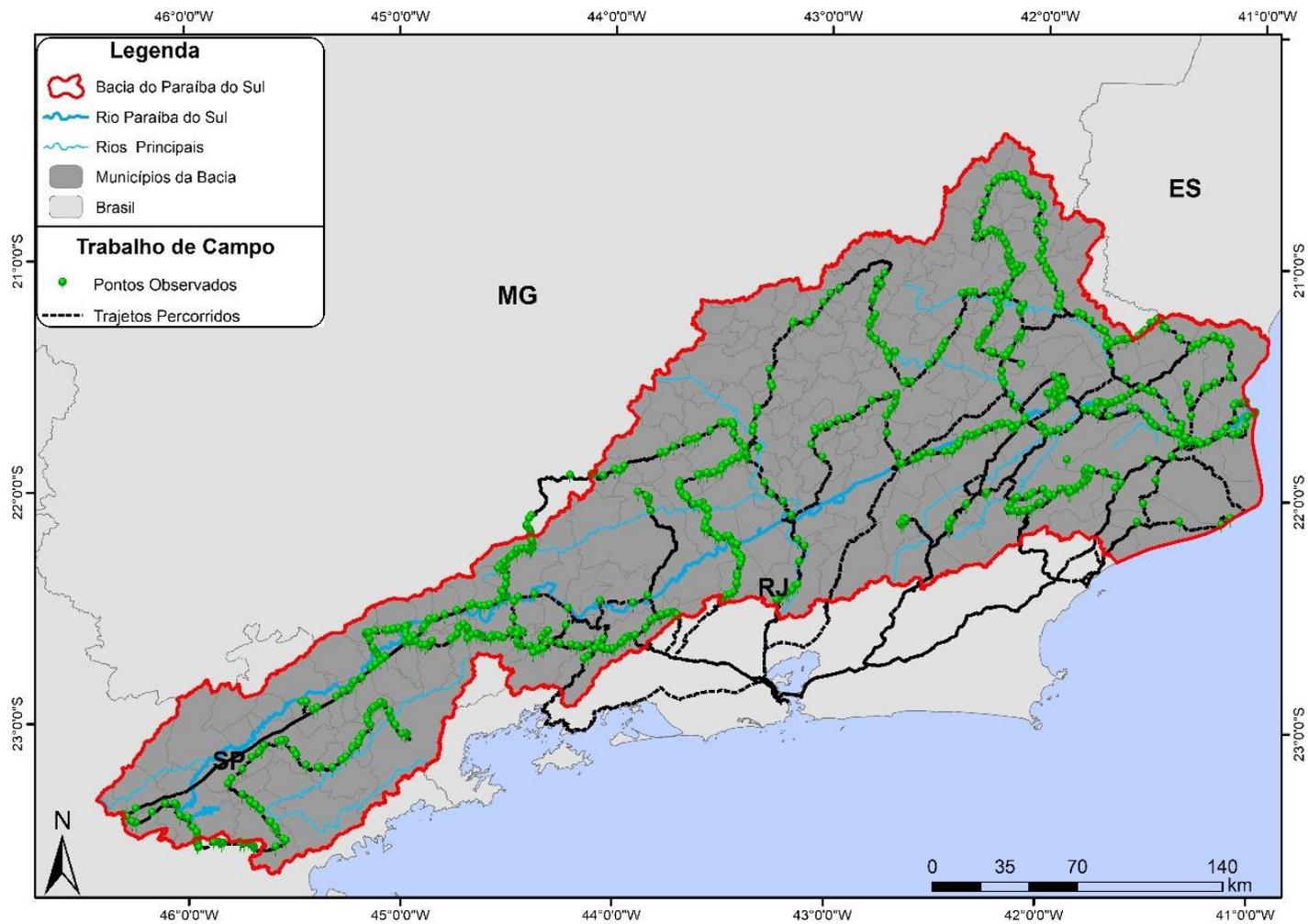
Enquanto que, para o consumo qualitativo de água, delimitou-se por classe de baixo, médio e alto, representando a produtividade de água dos municípios frente ao consumo da mesma. Essa estratificação possibilita o entendimento do valor de maior consumo e a necessidade de produção de água. Assim, discriminou-se as áreas que possuem condições intermediárias e foi aplicado como mais um elemento base para dar suporte na tomada de decisão e para as possíveis indicações das áreas de recuperação.

### *2.3. Identificação da Situação Ambiental da Bacia do Paraíba do Sul*

#### 2.3.1. Análises de Campo

Os reconhecimentos na Bacia do Paraíba do Sul foram realizados através de doze trabalhos de campo compreendidos entre os anos de 2017 a 2020. Os trechos percorridos na bacia englobaram zonas rurais, urbanas e de transição, possibilitando incorporar na análise uma maior amplitude das paisagens presentes na bacia. O estudo de campo foi essencial para dar sentido a esses fluxos e produzir relatos confiáveis, tal como é destacado por Robbins (2010). Os trajetos percorridos foram acompanhados de GPS portátil, caderneta de campo e máquina fotográfica, auxiliando como mais um parâmetro metodológico de classificação da bacia. Cabe ressaltar que foi possível traçar uma linha espacial desde o alto até o baixo curso, proporcionado o entendimento geral da bacia com suas principais potencialidades e fragilidades socioambientais.

Dos 180 municípios que compõem a bacia foram percorridos 134 municípios, com obtenção de 822 pontos georreferenciados e com descrição detalhada de toda a bacia. Subcategorizando as informações, no alto curso, composto por 37 zonas, 30 foram visitadas com coleta de 162 pontos, no médio curso, com 54 municípios, 41 foram contemplados com obtenção de 246 áreas amostrais. Por fim, no baixo curso, com a maior quantidade de municípios, em um total de 92, foram percorridos 63 trechos com 414 zonas identificadas, vide figura 2.



**Figura 7-0-2:** Mapeamento dos trechos em linhas pretas e pontos observados em campo em coloração verde no período de 2017 a 2020. Fonte: Borges, 2021.

### 2.3.2. Uso e Cobertura da Terra

Importante destacar que houve o mapeamento do uso do solo da bacia do Paraíba do Sul, pelo ZEE (Zoneamento Ecológico-Econômico) em escala de 1:250.000 para o ano de 2008. O presente trabalho buscou realizar um novo mapeamento de uso do solo a fim de comparar as mudanças sofridas ao longo do tempo na BPS.

Para identificação do uso e cobertura do solo da bacia utilizou-se imagens do satélite Sentinel para o ano de 2020, que possui resolução espacial de 10 metros, que possibilita a melhor identificação dos alvos e que abrange o recorte da Bacia do Paraíba do Sul (BPS). Dessa maneira, foi realizada uma classificação automática a partir de amostras diferenciando cada categoria de análise.

O mapeamento foi realizado em escala de 1:250.000, devida à grande extensão territorial que a bacia abrange. As informações geradas foram utilizadas em SIRGAS 2000, que é o sistema de referência geodésico para o Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) e para o Sistema Cartográfico Nacional (SCN) devido às exigências do Decreto Nº 5334/2005, assinado em 06 de janeiro de 2005 que deu nova redação ao artigo 21 do Decreto Nº 89.817 de 20 de junho de 1984, que define as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional.

Para o reconhecimento das classes, foram definidas áreas de interesse baseadas nas classes propostas pelo mapeamento do ZEE em: Formação Florestal, Áreas Antrópicas, Agropasto, Agricultura, Mangues, Dunas-Cordões Arenosos e Restinga, sendo assim se definiram seis principais usos na bacia. Dessa maneira, foi possível analisar as principais mudanças nas áreas, em que houve trechos com maior recuperação florestal ou manutenções das áreas e expansão ou redução das áreas urbanas. O mapeamento de 2008 e o atual de 2020, possibilitou a identificação da situação da bacia nesse intervalo temporal de 12 anos.

### 2.3.3. Direção e Acúmulo de Fluxo.

As concentrações de água nas encostas contaram com a identificação da direção e acúmulo da bacia e, para tanto, utilizou-se o Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), fornecido pelo CPRM com cobertura para todo o Brasil. Os dados de SRTM estão estruturados em forma de quadriculas, sendo estas compatíveis com a articulação do mapeamento de 1:250.000, em que corresponde com a escala utilizada na pesquisa.

A partir do SRTM é possível compreender a declividade da área e ao associar com a topografia e a rede hidrográfica, auxiliam no entendimento da intensidade dos fluxos de canais, que por sua vez interferem na dinâmica da Bacia estudada. Assim, essas informações foram associadas ao software em SIG para análise e desenvolvimento das informações propostas.

Inicialmente, foi gerado o fluxo de direção com o SRTM para identificar o fluxo das águas superficiais do terreno relacionando-o ao direcionamento da encosta. Posteriormente foi gerado um raster com variação de 1 -255, no qual são classificados os pontos cardeais e a direção dos pontos colaterais. E, então, foi gerada uma análise de fundo para verificar pixels para a correção das inconsistências ou as dessincronizações pelo método de vizinhança, retomando a imagem dos pixels não sincronizados. Por fim, gerou-se um preenchimento para as imperfeições, gerando novamente o fluxo de direção com correção dos direcionamentos. Esse estágio de mapeamento permitiu uma maior compreensão das dinâmicas hidrológicas da bacia em estudo através dos resultados obtidos a partir dessas análises.

### 2.3.4. Suscetibilidade a Erosão e Erodibilidade

O mapeamento para diagnósticos de suscetibilidade erosiva foi baseado em uma análise de multicritérios, pela combinação de variáveis para gerar um mapa síntese. Para a realização desta etapa, foi introduzido o método de álgebra de mapas, que são operações para associar diversas camadas e classificações para análises. Autores clássicos como Mendes (1982), Carvalho, et.al. (1992) e Ross (1994), utilizam essa metodologia com a inserção de dados de clima (erosividade das chuvas), solos (dados morfológicos, físicos, químicos), litologia, relevo, vegetação, declividade do terreno, uso e cobertura

das terras, incluindo rede de drenagem, precipitação e o modelo digital de elevação (MDE) da área.

Dentro dessa técnica, é necessário definir uma ponderação (“pesos”), que variam de 0 – 100% (0-1) para cada dado, de modo a diferenciar o grau de importância, correlacionando-o com o fenômeno em questão (susceptibilidade erosiva), e notas de 1 a 3, 1 a 5 ou 1 a 10 para cada componente de legenda, de maneira que quanto maior a nota, maior a susceptibilidade erosiva. Após esses procedimentos, torna-se necessário recalcular e reclassificar as camadas para gerar o mapa final. Dessa forma, o presente estudo pautou-se pela utilização das informações da Embrapa para os dados de susceptibilidade à erosão e erodibilidade, pois essa análise foi realizada em 1:250.000, que abrange a área de estudo, para identificar as áreas mais fragilizadas da bacia e que precisam de maior atenção para promover áreas de recuperação dentro do recorte da BPS.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

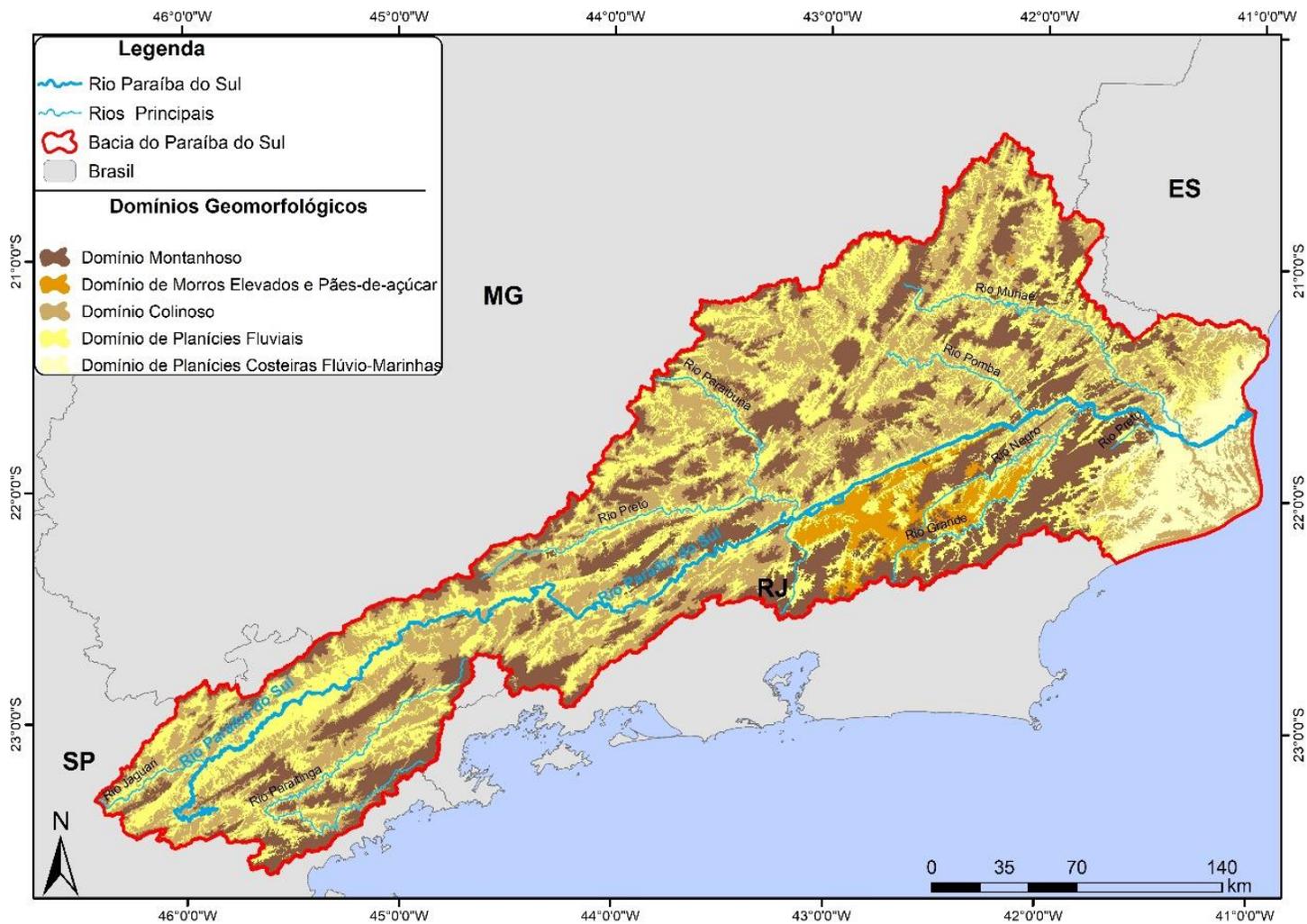
A partir dos métodos propostos, foi possível correlacionar as características físicas da bacia, de modo a permitir a compreensão do seu funcionamento, processos e mecanismos que influenciam sua estrutura. Bem como, com os dados sócio-econômicos-ambientais, foi viável compreender a relevância de cada município e seu papel na manutenção ou desestruturação da bacia.

#### *3.1. Resultados geossistêmicos para entendimento da Bacia do rio Paraíba do Sul*

Com o suporte dos resultados, foi possível perceber a espacialidade dos elementos de estruturação física que compõem a Bacia do Paraíba do Sul, trazendo maior clareza sobre o entendimento geomorfológico, pedológico, geológico, geotécnico, uso do solo e susceptibilidade à erosão, ou seja, as características físicas. O mapa geomorfológico (1:250.000) apresenta cinco domínios geomorfológicos bem definidos, sendo eles: Montanhoso, Morros

elevados e Pães-de-açúcar, Colinoso, Planícies Fluviais, Planícies Costeiras Flúvio-Marinhas.

Entretanto, na bacia, destacam-se classes com maior abrangência, como o relevo colinoso (34,4%), as planícies fluviais (32,6%) e montanhoso (24,4%); sendo as menos expressivas as planícies costeiras (5,4%) e os morros elevados e pães-de-açúcar (3,2%), conforme podem ser vistos na figura 3. É importante ressaltar que o domínio colinoso e as planícies fluviais são os ambientes com classe mais vasta espacialmente dentro da bacia, o que facilita a ocupação urbana e as atividades agropecuárias.



**Figura 7-0-3:** Espacialização das cinco classes Geomorfológicas da Bacia do Paraíba do Sul, em que as áreas mais escuras se remetem a trecho mais declivoso e as cores mais claras áreas planas e próximas do canal fluvial e costeira. Fonte: ZEE, adaptado por Borges, 2021.

No que se refere às classes pedológicas mais expressivas na bacia, observam-se oito classes de solos, segundo o SBCS, sendo elas: Latossolos, Cambissolos, Gleissolos, Neossolos, Espodossolos, Chernossolos, Nitossolo Vermelho e Solos Salinos. Cabe ressaltar que para a distribuição dessas classes o Latossolo é a unidade predominante na bacia, com 56,7% de toda a área, seguido do Espodossolo (22,9%) e Cambissolo (12,1%). Enquanto que, para as unidades com menor expressividade, destacam-se o Gleissolo (4,1%), Nitossolo Vermelho (2,4%), Solo Salino (0,7%), Neossolo (0,6%) e Chernossolo (0,4%), conforme pode ser observados na figura 4. É importante salientar que os tipos de solos estão diretamente relacionados com a geomorfologia da bacia e sua litologia.

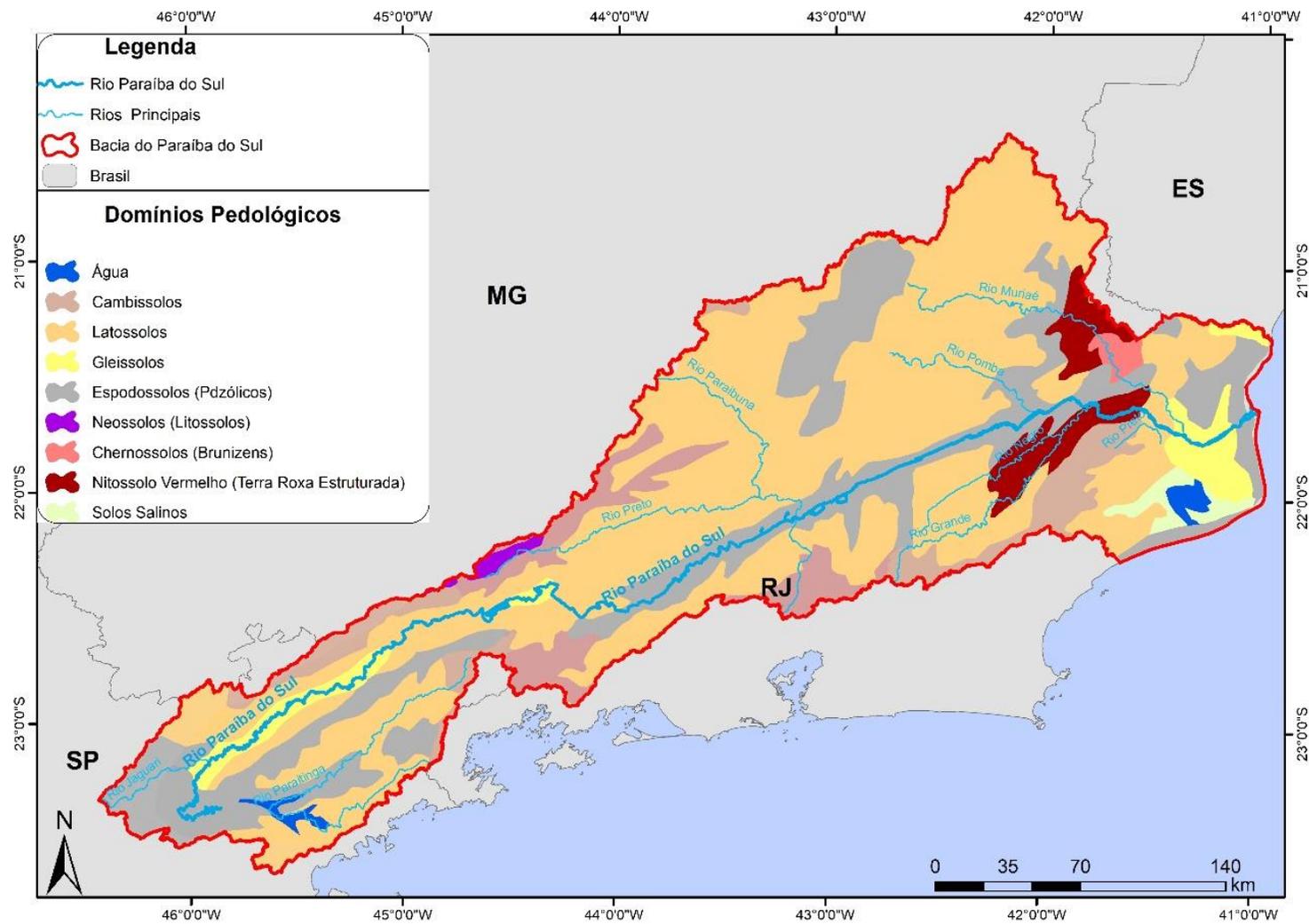


Figura 7-0-4:Espacialização dos oito Domínios Pedológicos presentes da Bacia do Paraíba do Sul. Fonte: ZEE, adaptado por Borges, 2021.

Quanto às informações referentes à estrutura litológica (figura 4), o mapeamento geológico permitiu a identificação de 19 classes na bacia. Essas classes foram obtidas a partir de unidades prévias dos mapas, sendo identificadas como: Biotita-gnaiss, Silimanita-gnaiss, Muscovita-gnaiss, Ortognaiss félsico, Ortognaiss calcissilicático, Granulito, Sienito, Diabásico, Granito, Anfibólito, Mármore, Quartizito, Sedimentos semi-consolidados, Colúvios, Hornblenda ortognaiss, Charnoquito, Flitos e Biotita-xisto. Como destaque, há a relevância de litologias como a Biotita-gnaiss, Ortognaiss félsico, Granulito e Granito, de acordo com o exposto na figura 5.

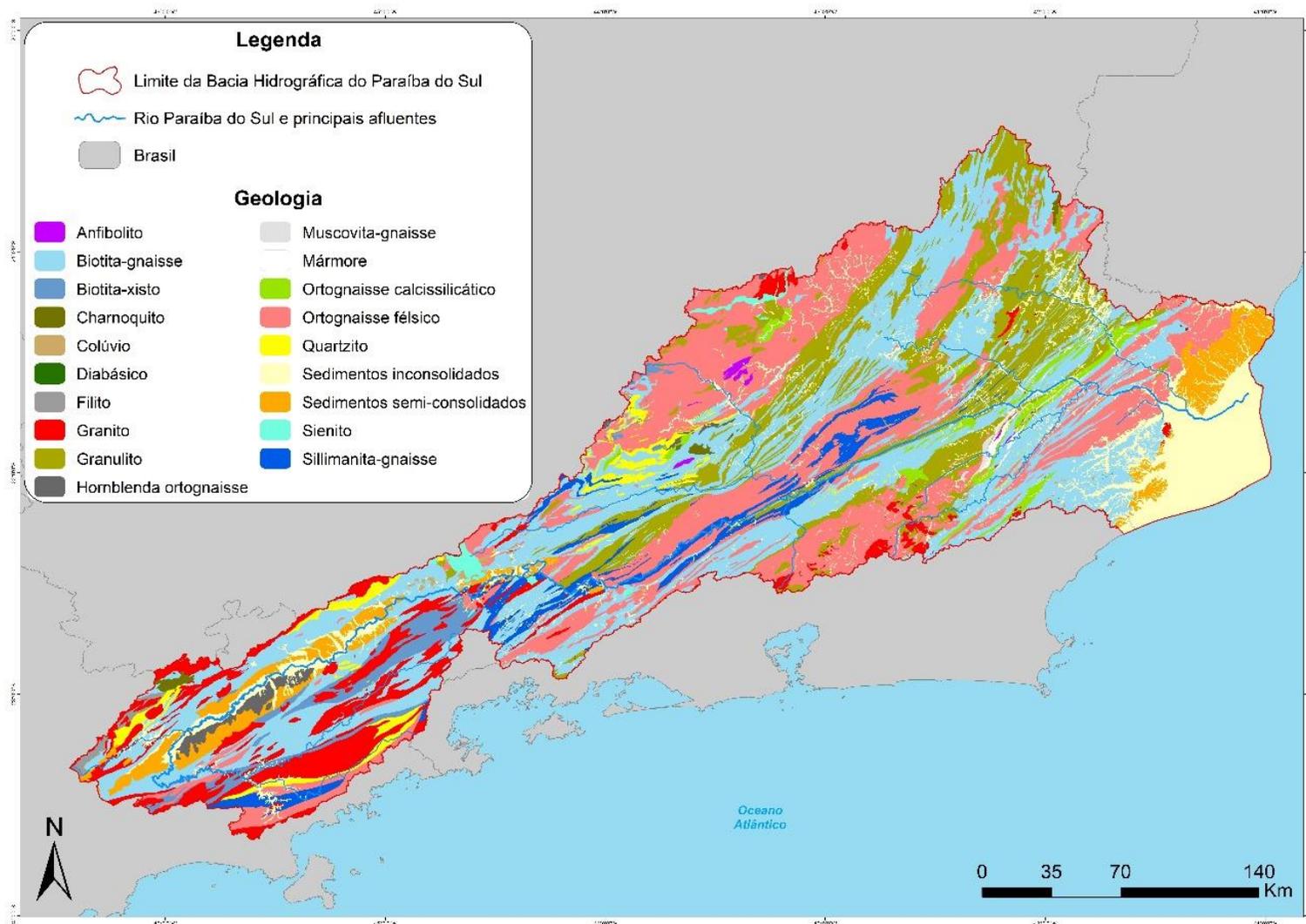
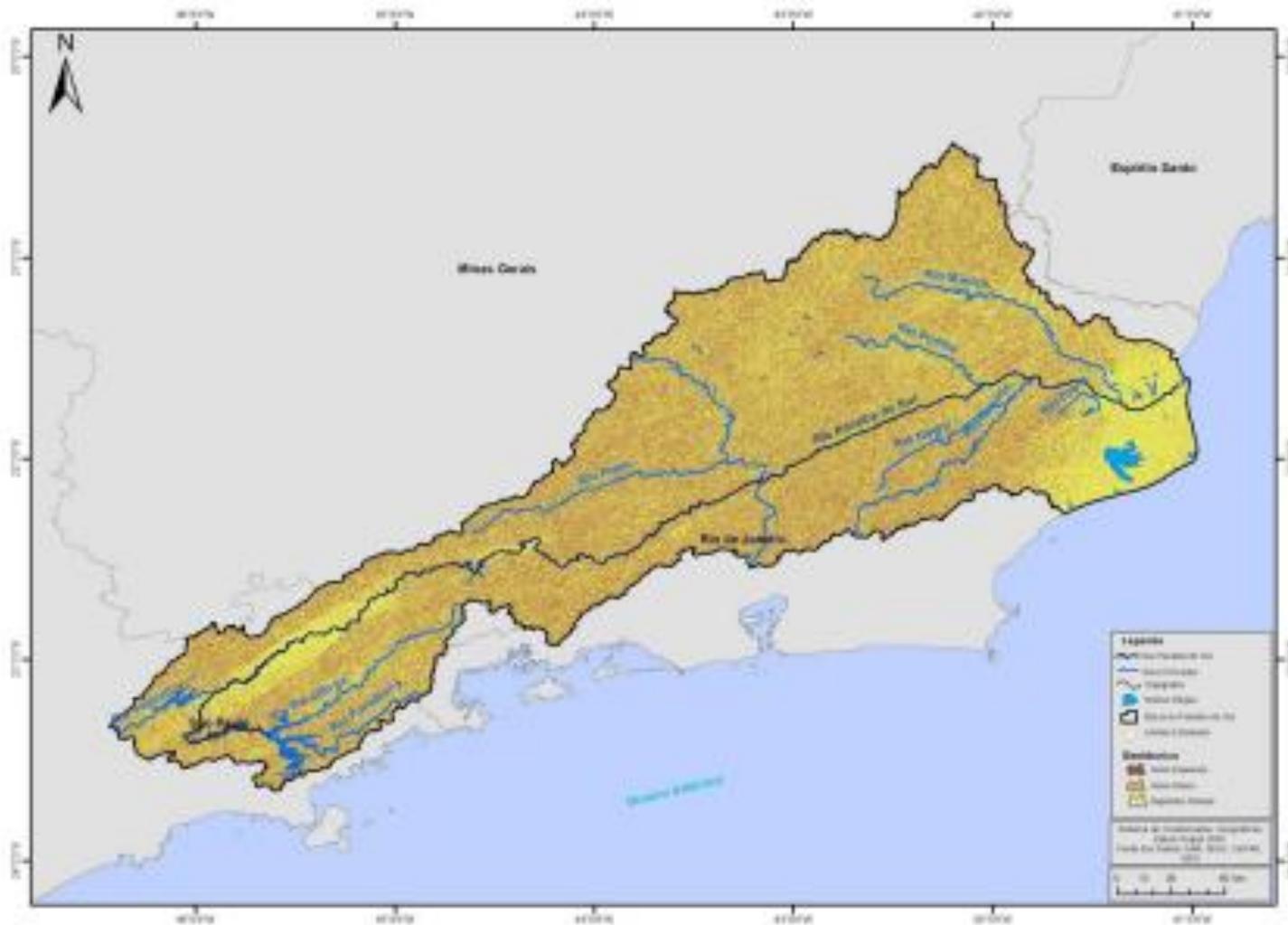


Figura 7-0-5: Distribuição espacial das 19 classes litológicas identificadas na BPS. Fonte: Ferreira, 2021.

Por outro lado, para a distribuição geotécnica foram mapeadas três classes de solos (com viés geotécnico), que são: os solos residuais rasos, os solos residuais espessos e os depósitos fluviais. A distribuição das classes ocorre de forma homogênea, já os solos fluviais se concentram em áreas mais planas e próximos dos canais de drenagem, sendo assim a classe que possui menor abrangência se comparada com os solos espessos associados aos fundos de vale e rasos aos relevos de grandes desníveis e com topografia elevada, vide a figura 6.



**Figura 7-0-6:** Mapeamento geotécnico referente as classes de solos espessos, rasos e fluviais, no qual as tonalidades em marrom refere-se a classe espessa, laranja aos solos rasos e amarelo aos depósitos fluviais. Fonte: Borges, 2020.

Além dos dados do IBGE para o entendimento da situação socioambiental da bacia, foram realizadas visitas em campo compreendendo toda a dimensão da Bacia do Paraíba do Sul, desde seu alto curso, adentrando para o médio e finalizando no baixo curso encontrando com a foz. Diante das possibilidades de financiamento da pesquisa, foi possível percorrer os trajetos apresentados na Figura 2. Bem como, dos 183 municípios presentes, foram identificados, analisados e visitados 75% dos municípios que compõem a Bacia. Cabe destacar que, dentre os estados, foram visitados 93% dos municípios no estado do Rio de Janeiro, 84% em São Paulo e 58% em Minas Gerais. Logo, foi possível compreender a situação e o nível de degradação que a bacia se encontra, muito relacionada aos processos históricos e a situação socioeconômica dos municípios.

A distribuição do uso e cobertura do solo foi categorizada em 6 classes, em que grande parte da bacia é composta por agropasto com 44,23%, seguida da formação florestal (35,36%) e agricultura (17,19%). Com menor expressividade se apresentam as classes área antrópicas (1,40%), mangue (0,32%) e duna, cordão arenoso e restinga (0,13%). Assim, o uso do solo mereceu uma análise mais detalhada, pois se observa que entre o ano de 2008 e 2020 o médio curso da bacia teve um aumento de fragmentos florestais derivado do abandono de diversas atividades agropecuárias.

Além disso, no recorte espacial da BPS houve crescente expansão de fragmentos urbanos em trechos do médio e baixo curso da bacia. As áreas que desenvolvem atividades agropecuárias possuem heranças antigas de ocupação humana devido ao processo histórico de uso e ocupação da bacia, ou seja, parte desses ambientes se mantém com pouca expressividade relacionado as atividades econômicas. Apesar do crescimento urbano no alto curso e em cidades médias, grande parte da bacia possui principalmente características rurais, podendo ser vistas na Figura 7.

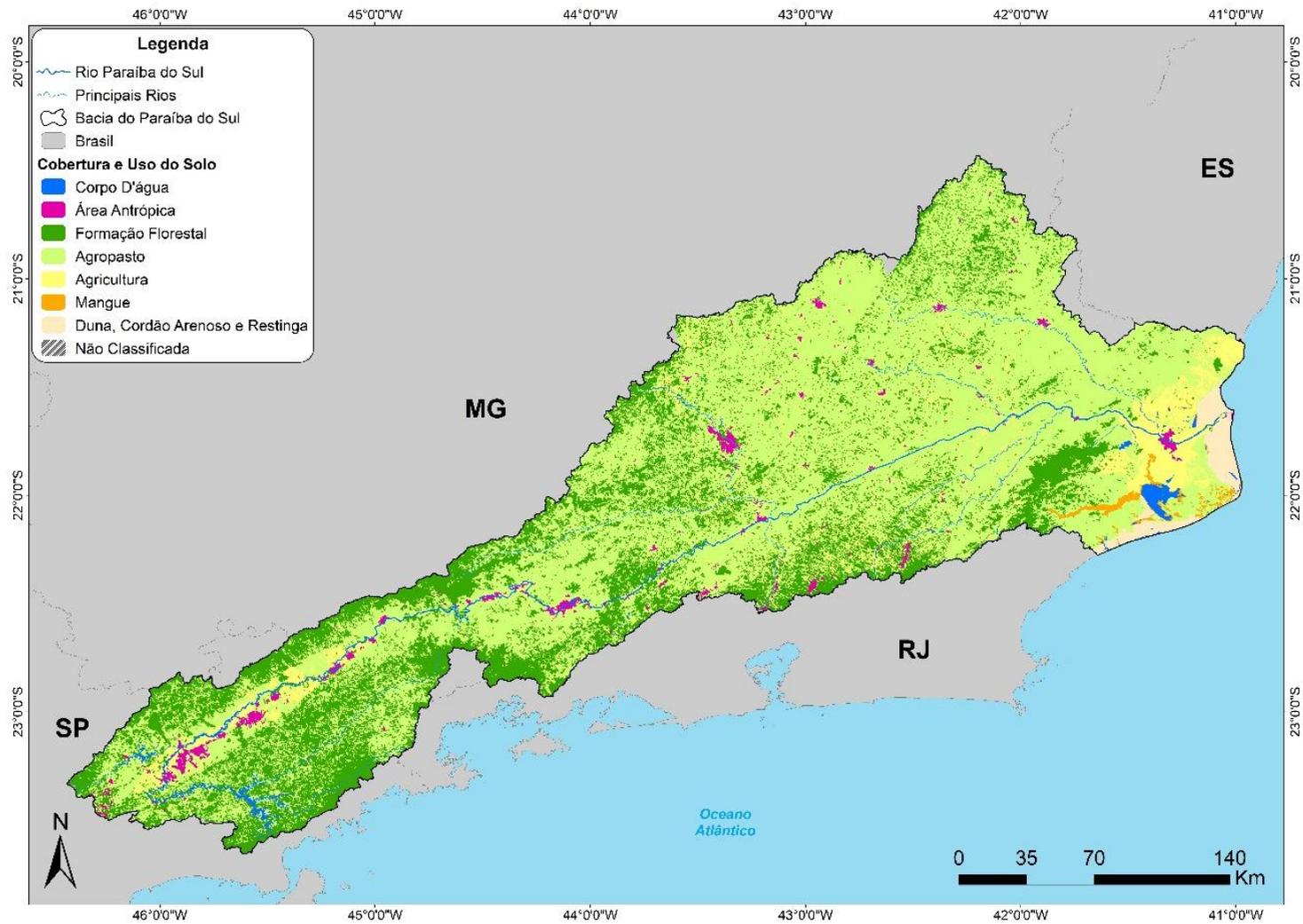
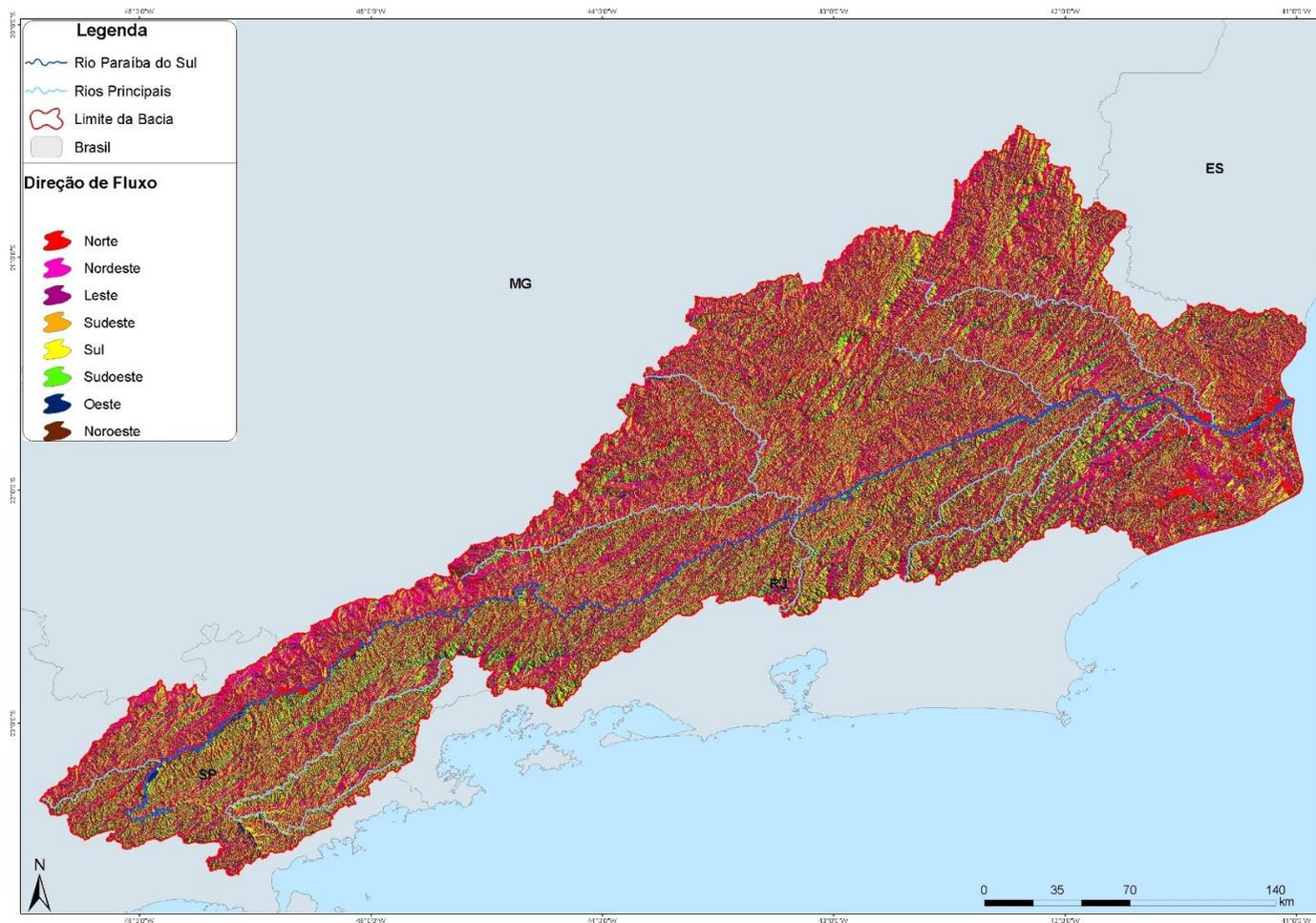


Figura 7-0-7: Mapeamento das classes de uso do solo Fonte: ZEE 2008 e Borges, 2021.

As informações definem as relações hidrológicas entre diferentes pontos dentro da bacia, relacionando a direção de fluxo com a identificação dos trechos que possuem maior contribuição hídrica, assim gerando as conexões hidrológicas pela direção de fluxo em uma superfície. A partir do mapeamento realizado, foi possível classificar oito direções de fluxo: norte, nordeste, leste, sudeste, sul, sudoeste, oeste e noroeste.

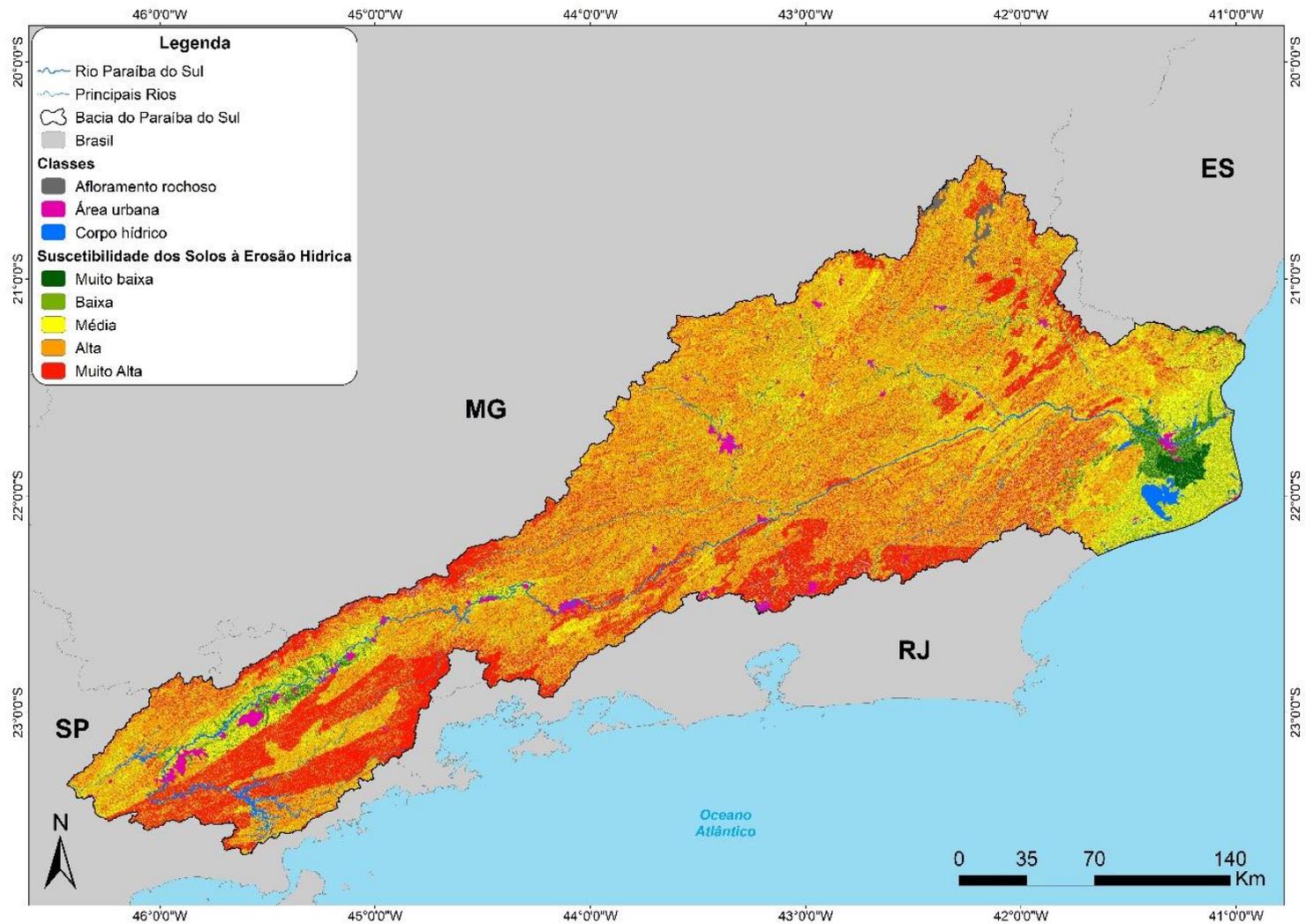
Dos direcionamentos do fluxo de água encontrados por ordem de maior abrangência, destacam-se o fluxo preferencial de oeste (20%), seguindo para leste (19%), sul (15%) e norte (12%), e em menor expressividade nordeste (10%), noroeste (9%), sudoeste (8%) e sudeste (7%). Logo, observamos que 66% do fluxo se acumula no direcionamento oeste em direção ao norte e que 34% de nordeste a sudoeste, muito influenciado por pontos pontuais de relevos acidentados na Bacia do Paraíba que influênciam no caminho preferencial do fluxo hídrico pela configuração geomorfológica.



**Figura 7-0-8:** Mapeamento direção e acúmulo de fluxo no qual foram identificados 8 classes de norte a sul. Fonte: CPRM e IBGE, adaptado por Santos, 2021.

A suscetibilidade dos solos à erosão hídrica traz uma perspectiva do papel geomorfológico e da ação climática frente ao seu uso e cobertura, dessa forma nos mostra a sensibilidade dos solos da BPS frente à erosão provocada pela água. No mapa da Figura 9, foram classificadas 5 classes de intensidade a situações de vulnerabilidade: muito alta, alta, média, baixa e muito baixa. Observa-se o predomínio das classes alta e média em quase toda a bacia, enquanto as classes muito altas estão relacionadas aos trechos da bacia com maior altimetria e as baixas e muitas baixas em relevos pouco acentuados.

As classes de média e alta suscetibilidade dos solos à erosão predominam espacialmente no médio e baixo curso da bacia, e esses fatores podem se relacionar aos ambientes que mais sofreram transformações em suas paisagens no longo do tempo, como podem ser vistas na Figura 9. Logo, as heranças de uso e ocupação promovem resultados impactantes no contexto socioambiental da bacia, porque muitos trechos não conseguem retornar às condições ambientais naturais.



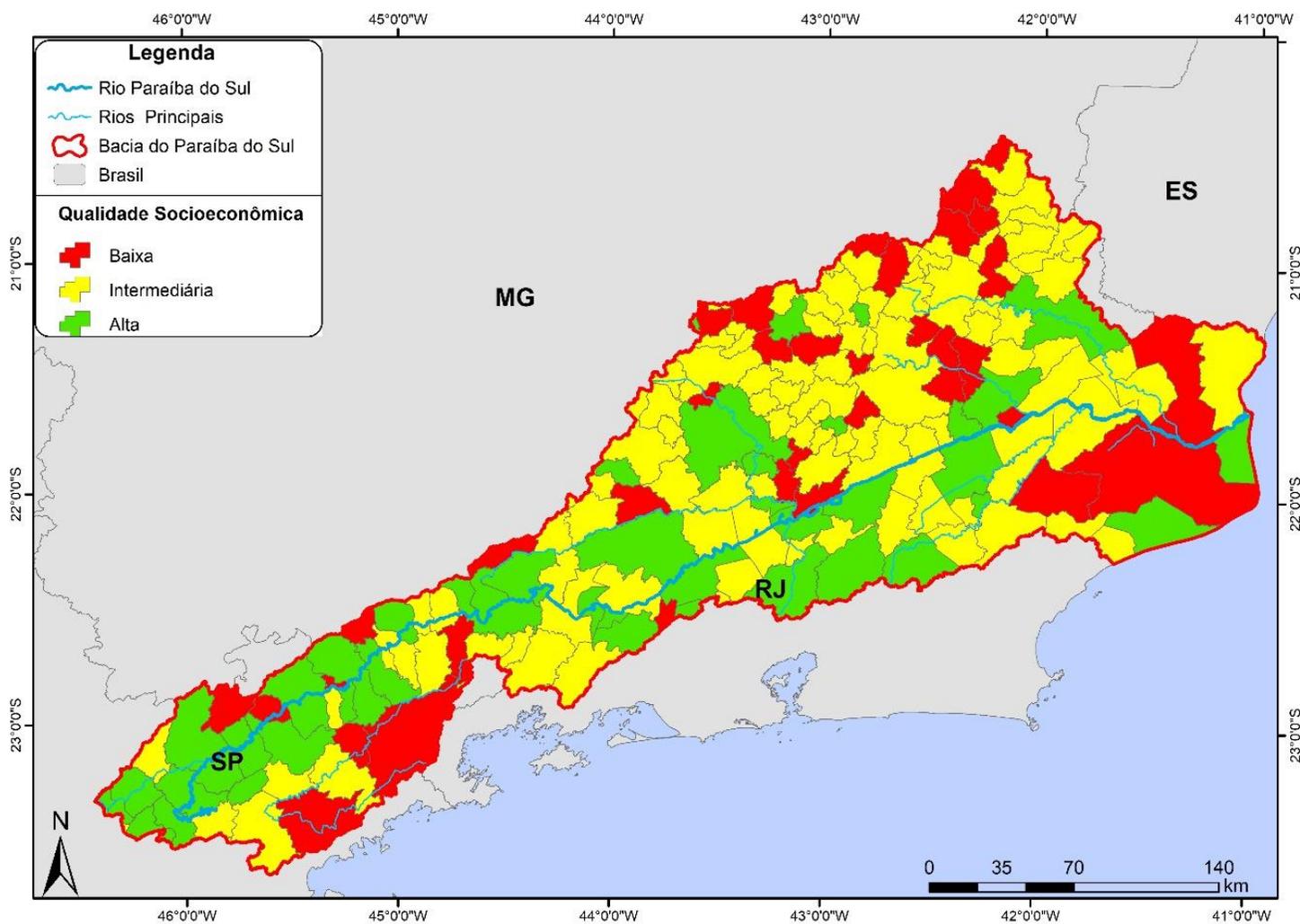
**Figura 7-0-9:** Mapeamento de suscetibilidade a erosão hídrica, em que a suscetibilidade muito alta na cor vermelha, alta em laranja, média em amarelo, e baixa em verde claro e muito baixa em tom verde escuro. Fonte: Embrapa, 2021.

### *3.2. Interações socio-econômica-ambientais para entendimento da Bacia do rio Paraíba do Sul*

A partir das informações obtidas pelo censo demográfico do IBGE de 2010 associados aos dados do CEIVAP sobre os usos da água, foi possível o entendimento da correlação dos parâmetros hídricos presentes na Bacia e a pressão socioambiental sobre ela. Buscou-se compreender como os dados sobre um município podem demonstrar um panorama ambiental que cada localidade possui e como estes afetam a bacia hidrográfica.

Conforme pode-se observar na figura 10, foi possível identificar três grandes grupos de qualidade socioeconômica dos municípios da Bacia do Rio Paraíba do Sul (figura 10). Dessa maneira, a partir da equação desenvolvida (Equação 1), foram categorizados municípios com baixa (102-406), intermediária (415-844) e alta qualidade socioeconômica (852-6928). A partir desses dados, compreendeu-se que 35 municípios se encontram em baixa qualidade socioeconômica (19,13%), 103 em classe média (56,28%) e 45 em nível de conforto socioeconômico (24,59%), conforme a Tabela 1 em anexo. Logo, a classe que possui o maior percentual de municípios é a classe intermediária, vide Figura 10.

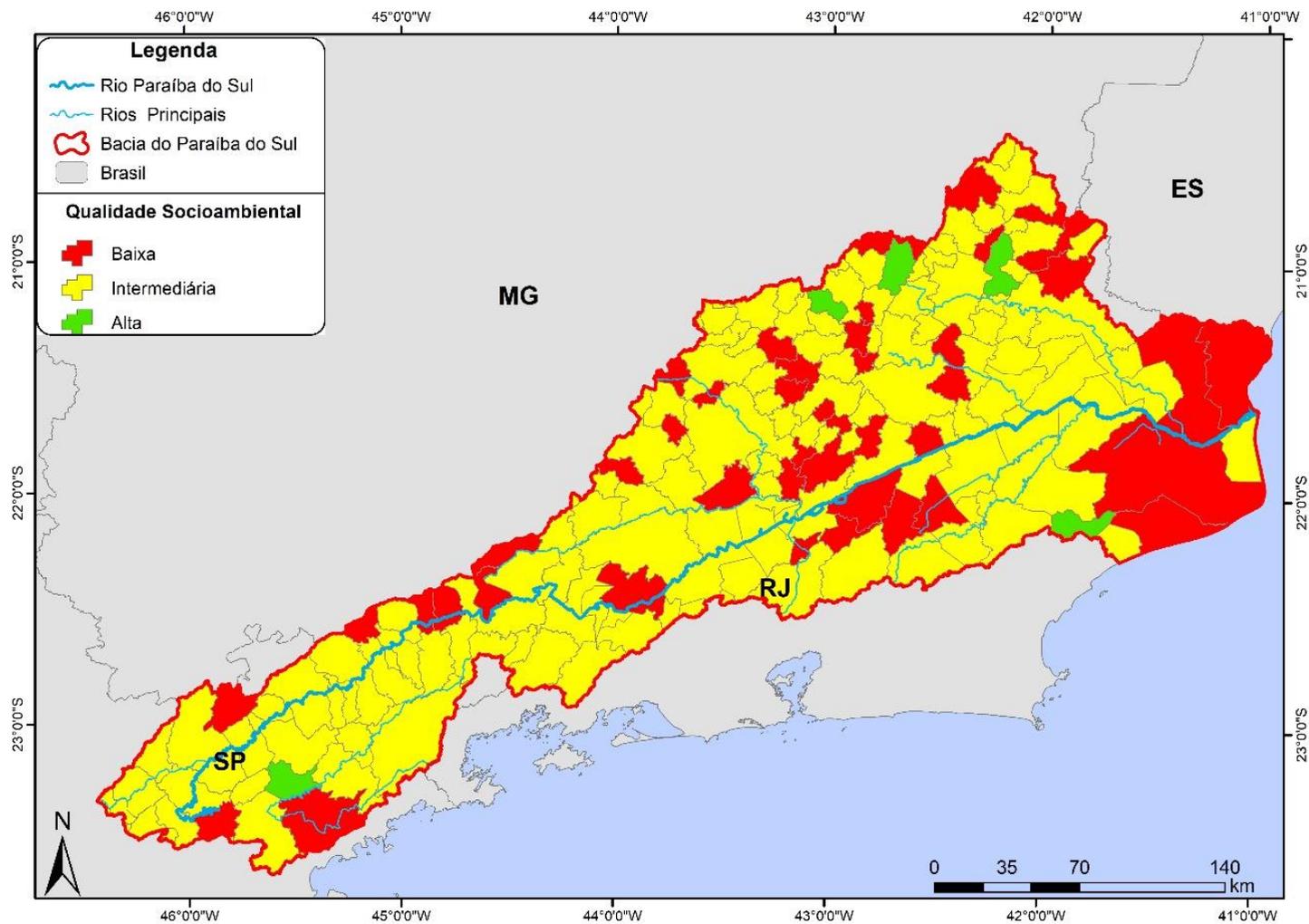
A relação do arrecadamento municipal e o nível de formação da população contribuem para uma melhor situação da qualidade da bacia, e está intrinsecamente relacionada ao perfil de investimentos em setores econômicos e o nível de instrução da população, conseqüentemente, aumentando a percepção ambiental e os problemas vinculados a ela.



**Figura 7-0-10:** Classificação dos municípios da BPS sobre dados sociais e econômicos, em que a coloração vermelha são as piores situações, amarela em estágio médio e verde com boa qualidade. Fonte: Dados do Censo Demográfico do IBGE, adaptado por Borges, 2021.

Mantendo a mesma proposta sobre a classificação dos municípios, desta maneira os dados de qualidade socioambiental consideram as informações referentes ao IDH, Esgotamento Sanitário e a Densidade Populacional. De modo que, os resultados foram obtidos conforme proposto na Equação 2, e esses valores variam entre 0-1, em que zero caracteriza baixa qualidade socioambiental, valores entre 0,1 a 0,4 a classe intermediária e acima de 0,5 alta qualidade, conforme apresentado na Figura 11. Sobre as informações referentes à qualidade socioambiental, 44 dos municípios encontram-se em baixa qualidade ambiental (24,04%), 134 municípios em classe intermediária (73,22%) e apenas 5 em alta qualidade (2,73%), conforme a Tabela 2 em anexo.

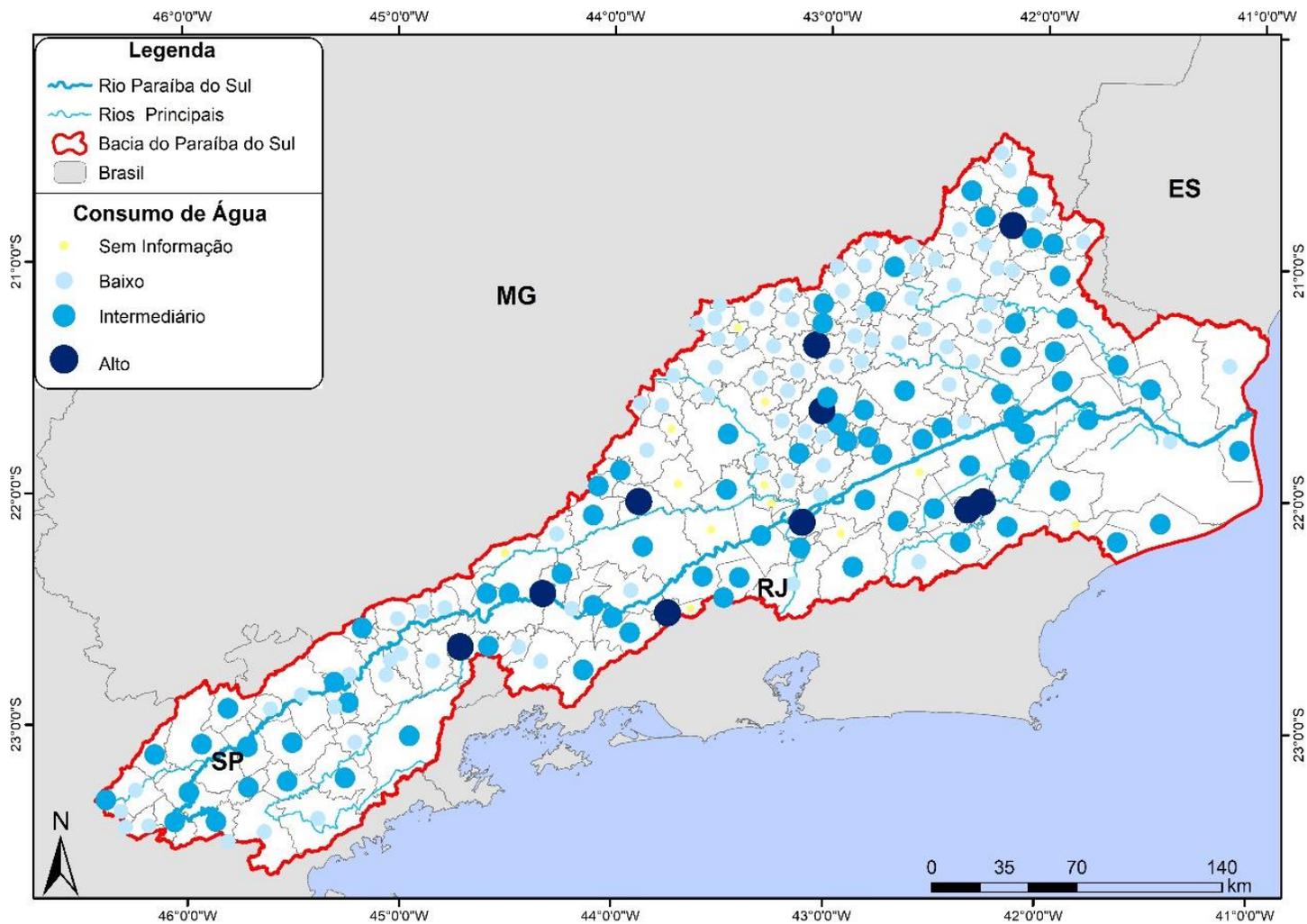
Nesta interação dos dados dos usos da água, quanto maior o IDH, o Esgotamento Sanitário e Densidade Populacional entende-se que há menor pressão da população sobre os recursos do espaço geográfico. Dessa maneira, as localidades que possuem índices mais próximos de 1 proporcionam menores problemas ambientais e menor degradação hídrica, conseqüentemente, uma melhor manutenção dos serviços ambientais.



**Figura 7-0-11:** Classificação dos municípios da BPS sobre dados sociais e ambientais, em que a coloração vermelha são as piores situações, amarela em estágio médio e verde com boa qualidade. Fonte: Dados do Censo Demográfico do IBGE, adaptado por Borges, 2021.

O consumo de água é considerado como um dos pilares para o entendimento da bacia hidrografia. Assim, o índice de água gerado nesta pesquisa funciona como um parâmetro relacionando o abastecimento urbano, o uso da água pela população e seus efeitos sobre o ambiente. As informações sobre o consumo de água foram obtidas pelo SIGA- CEIVAP, que organiza os comitês da BPS. A relação entre municípios e consumo de água segue uma estratificação, se subcategorizando em: sem informação, baixa, intermediária e alta, como proposto na qualidade socioeconômica e socioambiental.

Dessa forma, conforme mostra a Figura 12, foram identificados 10 municípios que possuem o maior consumo de água l/hab/dia (5,46%) por ordem crescente, sendo eles: Areias, Guarani, Rochedo de Minas, Três Rios, Mendes, Pedra Dourada, Macuco, Porto Real, Rio Preto e Cordeiro. Cabe informar que 77 municípios entram na classe de consumo intermediário (42,08%), 83 com consumo baixo (45,36%) e 13 deles não se obteve informação (7,10%). Assim, as classes determinadas se subdividiram em baixa (33-149), intermediária (150-299) e alta (300-576), conforme apresentado na figura 12.



**Figura 7-0-12:** Distribuição do consumo de água por hab/dia nos municípios da bacia do Paraíba do Sul, em que amarelo sem informação e conforme aumenta a tonalidade de azul o consumo aumenta. Fonte: Dados do SIGA-CEIVAP, adaptado por Borges, 2021.

### *3.3. Estruturação metodológica para identificação de zonas para aumento da recarga hídrica*

Como a BPS possui uma área de 56.500km<sup>2</sup>, torna-se muito difícil realizar trabalhos de PSA em toda extensão da bacia, devido ao custo, mão de obra e tempo para sua realização. Dentro da delimitação de bacia hidrográfica, ao priorizar sub-bacias com diferentes problemáticas, essas auxiliam o trabalho e permitem a indicação de ajustes e controles para o aumento da recarga hídrica. Dessa forma, optou-se em indicar sub-bacias no alto, médio e baixo curso com índices intermediários de problemas ambientais, que serão diagnosticados a partir dos dados de resultados encontrados. Justifica-se essa escolha por serem sub-bacias possíveis de recuperação em custos viáveis. As sub-bacias muito degradadas ficariam difíceis de recuperação no que se refere aos custos. As áreas conservadas já são ambientalmente e hidrológicamente adequadas.

Podemos destacar três critérios para a identificação de áreas prioritárias para a produção e abastecimento de água, a saber: áreas mais conservadas e com maior capacidade de prestação de serviços ambientais, forças institucionais para aumentar a capacidade técnica e institucional (RUIZ, 2015). A fim de hierarquizar as sub-bacias, houve a organização dos dados em esferas socioeconômicas e socioambientais e foram criados índices de municípios para o diagnóstico dos principais problemas dentro da bacia. Em uma segunda fase, foi feita a análise das formas, estruturas e processos físicos, mudanças do uso do solo, áreas com maior contribuição hídrica e áreas mais suscetíveis à erosão.

Em seguida, procedeu-se a fase de reconhecimento da estrutura social e agrícola dos municípios, baseada na metodologia de PSA, buscando os municípios com classes intermediárias. A quarta fase se refere à definição das sub-bacias com média vulnerabilidade dentro da BPS, a fim de indicar e fomentar recursos institucionais via comitês de bacia, órgãos públicos e companhias d'água para desenvolver e propor o projeto para a implantação de PSA.

A sistematização do relevo auxiliou a encontrar os diferentes condicionantes estruturais que podem ser espacializados nas análises geossistêmicas dos segmentos da paisagem (tipo de solos, vegetação, hidrologia, movimentos de massa). Os Modelos Digitais de Elevação (MDEs) ajudaram a criar representações matriciais do terreno com valores de altimetria para cada elemento de área (LIMA, 2011). Sendo assim, foi possível descrever as formas (quantitativas) da superfície dos terrenos para o estudo do relevo através de parâmetros morfométricos em bacias hidrográficas, conforme Valeriano (2002; 2003).

Deste modo, as formas de relevo ajudaram a identificar como ocorre a distribuição das curvaturas ao longo da bacia e as convergências e divergências dos fluxos d'água. Em encostas convexas, estas se caracterizam como formas divergentes, em que há maior dispersão do escoamento superficial e menor concentração e acúmulo. As concavidades do relevo possuem baixa capacidade de transporte e de remoção de partículas. Sendo assim, podem ser consideradas como de baixa vulnerabilidade dos solos (VANACKER, *et al.* 2015). As formas côncavas indicam áreas de convergência ao fluxo ou em fundos de vale, onde as águas fluem em direção ao eixo de drenagem, havendo possibilidade de erosão e voçorocamentos (OLIVEIRA e MEIS, 1985; AVELAR e COELHO NETTO, 1992).

Devido a isto, em períodos de inverno, há uma diminuição da precipitação que reduz diretamente a entrada d'água no sistema hídrico. Entretanto, nos meses de verão, principalmente entre dezembro e janeiro, observa-se o aumento de eventos chuvosos que contribuem para a recarga do ciclo da água. Podemos considerar que a concentração d'água e as cargas de pressão nos solos durante o evento pluviométrico podem tornar essas áreas mais suscetíveis à erosão.

Além disso, quando há uma crescente incisão e/ou recuo desses canais erosivos (erosão e voçorocamento), ocorre uma tendência a favorecer a ocorrência de deslizamentos. Estas situações são comuns particularmente junto às encostas mais íngremes. De modo que, sua intensificação nas cabeceiras de drenagem vem acarretando um aumento das taxas de

assoreamento nos canais fluviais coletores e no aumento das enchentes nas planícies de inundação (COELHO NETTO, 2003).

Outro serviço ambiental muito relevante está relacionado com a vegetação florestal. As florestas possuem um papel relevante quando se refere ao papel da recarga hídrica, pois aumentam as taxas de infiltração, devido à melhoria da estrutura do solo e efeito das raízes. Vale destacar que a infiltração é muito elevada sob florestas, pois sua magnitude normalmente supera em muito a de outros tipos vegetais, aumentando a recarga hídrica e a umidade do solo (BEST, *et.al.* 2003). Sendo assim, a cobertura vegetal da bacia é um dos principais contribuintes de alimentação do sistema e do aumento da recarga hídrica associado às chuvas. Por outro lado, áreas agrícolas podem desempenhar um papel importante na recarga hídrica, desde que sejam utilizadas técnicas que introduzam ao sistema de plantio a entrada de água e a diminuição do escoamento superficial.

A suscetibilidade erosiva está relacionada com a situação do ambiente e seus condicionantes, como a vegetação, solo, relevo, geologia, uso do solo, precipitação, entre outros. Segundo Guerra (1999), o processo erosivo causado pela água da chuva tem numerosa abrangência no ambiente terrestre, se intensificando em áreas tropicais devido à concentração das chuvas no verão e à degradação da cobertura vegetal.

Dessa maneira, as áreas prioritárias para a implantação de PSA, acarretam em sub-bacias onde análises socioeconômicas e geobiofísicas apontam para condições intermediárias de qualidade ambiental. Através de critérios definidos nas etapas metodológicas já mencionadas e com a capacidade de analisar e representar as diversas características, foi possível mensurar e analisar o comportamento dos processos e formas da bacia. Assim, a identificação das relações temporais e espaciais abrangendo formas e processos nos ajuda a entender os fatores que controlam o sistema de paisagem e como a paisagem funciona para ser adotada no PSA (GOMEZ, 2010).

#### **4.CONCLUSÃO**

O desenvolvimento desta pesquisa permitiu compreender as metodologias mais adequadas para o PSA e auxiliaram na percepção da importância da análise geográfica e seus mecanismos metodológicos de integração da paisagem. Além disso, viabilizou a identificação das características e domínios ambientais nas sub-bacias que possam contribuir para promover e definir os serviços ambientais.

Dentre os resultados obtidos há predomínio de uma ou mais classes dentre os diferentes parâmetros observados no domínio da Bacia do Paraíba do Sul que influenciam diretamente nas formas e processos do relevo e dos canais fluviais. Assim, em suas diversas categorias de análise, seja o geomorfológico, pedológico, geológico, uso do solo, fluxo e direção e suscetibilidade, aparecem 1 ou 2 classes com maior espacialidade na bacia, enquanto que para o estudo geotécnico as classes se mostraram distribuídas de maneira homogênea em toda a bacia.

A suscetibilidade à erosão ocorre na bacia sob alta a média vulnerabilidade, estando relacionada às heranças históricas dos ciclos econômicos e usos do solo, muito relacionados com as pastagens e com a remoção das florestas. De forma, geral, as análises socioeconômicas confirmam o nível intermediário de qualidade ambiental dos municípios que compõem a bacia.

A proposta da metodologia exposta possibilitou o entendimento da bacia hidrográfica da BPS não apenas por suas características físicas e estruturais, mas também incorporando informações da sociedade, uma vez que as transformações espaciais na bacia em questão se deram por processos sociais, econômicos, educacionais e de investimento sobre as modificações no ambiente, possíveis de serem analisados sob enfoque das relações da sociedade e natureza que coexistem no espaço estudado.

#### **AGRADECIMENTOS**

O material produzido se deve a pesquisa de doutorado da autora que foi financiado através de bolsa da CAPES, CNPQ, FAPERJ. Bem como, teve o

suporte financeiro para que houvesse a realização dos campos o Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGG-UFRJ) e Comitê do Baixo Paraíba e Itabapoana. Como também agradeço aos alunos Stephany Vianna, Julia Vieira e Mateus Ferreira por ter contribuído para a organização dos dados do IBGE e CEVAIP e também com os dados do mapeamento geológico e a Taiany Marfetan por ajudar na revisão do texto. Nas visitas a campo tive o apoio dos alunos de iniciação científica e colegas de laboratório LIEG-UFRJ como: Stephany Vianna, Julia Vieira, Paloma Lisboa, Mateus Ferreira, Monara Santos, Laís Rosa, Lucas Dias, Rodrigo Vinagre, André Avelar.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AGEVAP - Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul Relatório técnico – Bacia do rio Paraíba do Sul – Subsídios às ações de melhoria da gestão. Rio de Janeiro. 255p. 2011.

AGEVAP - Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul Relatório de situação da região hidrográfica do baixo Paraíba do Sul 2011. Campos dos Goytacazes. 49p. 2012.

AGEVAP - Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul Plano integrado de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul e planos de ação de recursos hídricos das bacias afluentes. Rio de Janeiro. 149p. 2013.

AGEVAP - Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul Plano integrado de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul e planos de ação de recursos hídricos das bacias afluentes. Rio de Janeiro. 367p. 2014.

ARGENTO, M. S. F. Capítulo 9-Mapeamento Geomorfológico. Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos. Editora Bertrand Brasil. pag 365-391.1985.

AVELAR, A. S.; COELHO NETTO, A. L. Fraturas e desenvolvimento de unidades geomorfológicas côncavas no médio vale do Rio Paraíba do Sul. Revista Brasileira de Geociências, v.22, n.2, p.222-227, 1992.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. São Paulo: Ícone - 4ed.1999

BEST, A.; ZHANG, L. M. T. W., A; Vertessy R. A critical review of paired catchment studies with reference to seasonal flow and climatic variability. CSIRO Land and Water Technical: 56 Australia: MDBC Publication.2003.

BISHOP, M. P.; JAMES, L. A.; SHRODER, JR; J. F.; WALSH, S. J. Geospatial technologies and digital geomorphological mapping: Concepts, issues and research. *Geomorphology*, v. 137, n. 1, p. 5-26, 2012.

BLOOM, A. L.. Superfície da Terra. São Paulo.1970.

BRUIJNZEEL, L. A. Hydrological functions of tropical forests: not seeing the soil for the trees? *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 104, p. 185-228, 2004.

BÖRNER, J.; CORBERE, E.; EZZINE-DE-BLAS, D.; ROSÉS, J. H.; PERSSON, U. M.; WUNDER, S. The Effectiveness of Payments for Environmental Services. *World Development*. v.96, p. 347-359. 2017.

BÖSCH, M.; ELSASSER, P.; WUNDER, S. Why do payments for watershed services emerge? A cross-country analysis of adoption contexts. *World Development*. p.111–119. 2019

CAMARGO, F. F.; FLORENZANO, T. G.; ALMEIDA, C. M.; LIVEIRA, C. G. Abordagens cognitivas para a identificação de unidades geomorfológicas por meio de dados ASTER/ Terra. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 39, n. 2, p. 276-288, 2009.

CARVALHO, A P. Solos do arenito caiué. IN: Solos Altamente Suscetíveis à Erosão. Ed. Pereira, Vicente de Paula. UNESP/SBCS, 1992. P.39 – 50

CARVALHO, C.S.A. FERREIRA, M.I.P. Pagamento por Serviços Ambientais como instrumento econômico de gestão das águas: o caso da sub-bacia do córrego Cambucaes, Bacia do rio São João- Silva Jardim/RJ. v.11, n.1, p.59-73. 2017.

CHRISTOPHERSON, R. W. Geossistemas: Uma Introdução a Geografia Física (F, Trans.) (7ª ed.). Porto Alegre.2012.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Sistema de geociências do Serviço Geológico do Brasil. Disponível em <https://geosgb.cprm.gov.br/>. Acessado em 10 de maio de 2020.

CÓDIGO FLORESTAL. Disponível em:  
<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm)>.

Acesso em 27 de set. 2021.

COELHO NETTO, A. L. Evolução de Cabeceiras de Drenagem no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul (SP/RJ): Bases para um Modelo de Formação e Crescimento da Rede de Canais sob Controle Estrutural. *Revista Brasileira de Publications Geomorfologia*: 118-167.2003.

DRM-RJ. Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro. Banco de Dados Georreferenciado (BDGEO). Disponível em <http://www.drm.rj.gov.br/index.php/bdgeo.html>. Acesso em 15 de abril de 2021

DUNN, S. M.; MACKEY, R. Spatial variation in evapotranspiration and the influence of land use on catchment hydrology. *Journal of Hydrology*, v. 171, n. p. 49-73, 1995.

EAGAN, P.D.; JOERES, E. The utility of environmental impact information: a manufacturing case study. *Journal of Cleaner Production*, v. 10, p. 75-83. 2002.

EISENBIES, M. H. A., W. M.; BURGER J. A.; ADAMS, M. B. Forest operations, extreme flooding events, and considerations for hydrologic modeling in the Appalachians—A review. *Ecol. Manag.* n.242, p. 77-98, 2007.

FERNANDES, P. J. F. Dados SRTM e derivados no mapeamento geomorfológico regional. 2013. 117 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2013.

GEOINFO. Infraestrutura de Dados Espaciais da Embrapa. Disponível em [http://inde.geoinfo.cnpm.embrapa.br/geonetwork\\_inde](http://inde.geoinfo.cnpm.embrapa.br/geonetwork_inde). Acessado 12 de nov. 2021.

GOMEZ, B.; JONES, J.P. Part II Collecting Data. *Physical Landscapes. Research Methods in Geography*. Oxford: Blackwell Publishing Ltd., 459p. 91-115. 2010

GRIZZETIA, B.; LIQUETEA, C.; ANTUNES, P.B; CARVALHO, L.; GEAMAN, N.; GIUCAD, R.; LEONEE, M.; MCCONNELLF, S.; PREDAD, E.; SANTOS, R.; TURKELBOOME, F.; VADINEANU, A.; WOODSC, H. Ecosystem services for water policy: Insights across Europe. *Environmental Science & Policy* v. 66. p.179–190. 2016

GUERRA, A.J.T. O Início do Processo Erosivo. In: Erosão e Conservação dos Solos. Orgs. A.J.T. Guerra, Da Silva A. S. e BOTELHO, R.G.M, Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 17-50. 1999.

GUO, H.; HU, Q. e JIANG, T. Annual and seasonal streamflow responses to climate and land-cover changes in the Poyang Lake basin, China. *Journal of Hydrology*, n. 355, p. 106-122, 2008.

JARDIM, M.H. BURSZTYN, M.A. Pagamento por serviços ambientais na gestão de recursos hídricos: o caso de Extrema (MG). *Artigo Técnico. Engenharia Sanitária Ambiental*. v. 20, n. 3, p. 353-360. 2015.

LAHMER, W., PFIITZNER, B., BECKER, A. Assessment of land use and climate change impacts on the mesoscale. *Phys. Chem. Earth (B)* 26, 565–575, 2001.

LEITE, A.F. Gestão dos Recursos Hídricos e Desastres relacionados à Água na Baixada Campista. ENAPEGE. *Geografia, Ciência e Política: do pensamento à ação ao pensamento*. Porto Alegre. 12 a 15 de outubro de 2017.

LEITE, A.F. Estruturas hidráulicas, gestão dos recursos hídricos e desastres relacionados à água na região do baixo rio Paraíba do Sul (estado do Rio de Janeiro): Uma análise fundamentada no desastre deflagrado pela inundação de 2007. *AMBIENTES*. Volume 1, Número 1, 2019, pp. 146-190. ISSN: 2674-6816

LEITE, A.F. Resultantes ambientais da drenagem de superfícies brejais e lacustres na baixada Campista, Norte do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *VÉRTICES*, Campos dos Goytacazes/RJ, v.23, n.1, p. 98-128, 2021.

LIMA, L. S. Implementação de um modelo hidrológico distribuído na plataforma de modelagem dinâmica EGO. 2011. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2011

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades@ é o sistema agregador de informações do IBGE sobre os municípios e estados do Brasil. Disponível em <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acessado em 12 de nov. 2021.

IG. Instituto Geológico de São Paulo. Acervo de Produtos Cartográficos. Disponível em <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/institutogeologico/laboratorio-e-geotecnologia/geoprocessamento/acervo-de-produtos-cartograficos/>. Acessado em 02 de julho de 2021.

MENDES, W. Relação entre os graus de limitação do uso do solo por suscetibilidade à erosão e às unidades de mapeamento de solo. *Revista Brasileira de Geografia*, FIBGE, 1982, Ano 44 n. 3 (445 – 476).

OLIVEIRA, M. A. T.; MEIS, M. R. M. Relações entre geometria do relevo e formas de erosão linear acelerada – Bananal (SP). *Geociências*, v. 4, p. 87-99, 1985.

RIBEIRO, A. J. A., ROSA, M. E. R., REIS, G. A. Comparação entre Diferentes Bases Altimétricas para Delimitação de Bacias e Extração de Drenagens. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais*, v. 4, p. 193. 2016. DOI: 10.9771/gesta.v4i2.14992.

ROBBINS, P.F. Part II Collecting Data. *Human-Environment Field Study. Research Methods in Geography*. Oxford: Blackwell Publishing Ltd., 459p. 241-256. 2010.

ROSS, J. L.S. Análise empírica da fragilidade dos Ambientes Naturais Antropizados. *Revista Do Departamento De Geografia*, 8, 63-74. 1994.

ROSS, J. L.S. Geomorfologia aplicada aos EIAs-RIMAs. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da., org. *Geomorfologia e meio ambiente*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p.291-336.

RUIZ, M. *Pagamento por Serviços Ambientais: Da Teoria à Prática*. 1ª Edição. Rio Claro. Instituto Terra de Preservação Ambiental (ITPA). 2015

SGB. Sistema Geodésico Brasileiro. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-sobre-posicionamento-geodesico/rede-geodesica.html>. Acesado em de dez. 2020.

SCN. Sistema Cartográfico Nacional. Decreto-Lei nº 243, de 28 de fevereiro de 1967. Fixa as Diretrizes e Bases da Cartografia Brasileira e dá outras providências. Disponível em [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/1965-1988/Del0243.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1965-1988/Del0243.htm). Acesado em 03 de set. 2020.

SIGA-CEIVAP. Sistema de Informações Geográficas e Geoambientais da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. Disponível em <http://sigaceivap.org.br/sigaceivap>. Acesado em 05 de out. 2021.

STRAHLER, A.N. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks In. *Handbook of Applied Hydrology*, McGraw Hill Book Company, New York, Section 4-II, 1964

- SEIBERT, J.; MCDONNELL, J. J. Land-cover impacts on streamflow: a change-detection modelling approach that incorporates parameter uncertainty. *Hydrological Sciences Journal* 55(3): 316, 2010.
- SYNNESTVEDT, T. Debates over environmental information to stakeholders as a policy instrument. *Eco-Management and Auditing*, v.8, n.3. 2001.
- TUCCI, C. E. M. *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Editora UFRG. 2ªed. 2001.
- TWINE, T.E., KUCHARIK, C.J., FOLEY, J.A. Effects of land cover change on the energy and water balance of the Mississippi River basin. *J. Hydrometeor.* 5, 640–655, 2004.
- VALERIANO, M. M. Curvatura vertical de vertentes em microbacias bacias pela análise de modelos digit pela análise de modelos digitais de ele ais de elevação, *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Vol. 7: 539-546. Campina Grande. 2002.
- VALERIANO, M. M.; JUNIOR, O. A.C. Geoprocessamento de Modelos Digitais de Elevação para Mapeamento da Curvatura Horizontal em Microbacias, *Revista Brasileira de Geomorfologia*, Vol. 1: 17-29. 2003
- VANACKER, V; BLANCKENBURG, F.V.; GOVERS, G.; MOLINA, A.; CAMPFORTS, B.; KUBIK, P.W. Transient river response, captures by channel steepness and its concavity. *Geomorphology*. 228. 234-243. 2015.
- WEI, X.; SUN, G.; LIU, S.; JIANG, H.; ZHOU, G.; DAI, L. The forest–streamflow relationship in China: a 40-year retrospect. *J. Am. Water Resour. Assoc.* 44(5), 1076–1085, 2008.

## ANEXO I

**Tabela 7-0-1:** Lista dos municípios classificados de acordo com parâmetros socioeconômicos. Fonte: IBGE, adaptado por Borges 2021.

Qualidade Socioeconômica								
Baixa	Recreio	Intermediária	Antônio Carlos	Santo Antônio do Aventureiro	Lima Duarte	Alta	Nova Friburgo	São José dos Campos
	Cunha		Lavrinhas	Tombos	Silveirânia		Barbacena	Taubaté
	Campos dos Goytacazes		Santa Rita de Jacutinga	Porciúncula	Ervália		Olaria	Guararema
	Santana do Deserto		Paiva	Guidoval	Paty do Alferes		Santa Isabel	Pirai
	Potim		Rio Novo	São Fidélis	Faria Lemos		Maripá de Minas	Resende
	Rio Preto		Canas	Piraúba	Roseira		Vassouras	Itatiaia
	Bocaina de Minas		Santa Branca	Coronel Pacheco	Patrocínio do Muriaé		Teresópolis	Arujá
	Mendes		Mar de Espanha	Desterro do Melo	Aracitaba		Engenheiro Paulo de Frontin	Porto Real
	Santa Maria Madalena		Astolfo Dutra	Conceição de Macabu	Muriaé		Pinheiral	Quissamã
	Itamarati de Minas		Barão de Monte Alto	Oliveira Fortes	Divnésia		Aparecida	São João da Barra
	Piquete		Paraibuna	Redenção da Serra	São Francisco de Itabapoana		Itaperuna	
	Palma		Dona Euzébia	Trajano de Moraes	Leopoldina		Valença	
	Laranjal		Salesópolis	Volta Grande	Miracema		Juiz de Fora	
	Natividade da Serra		Santa Bárbara do Monte Verde	Estrela Dalva	Cordeiro		Jambeiro	
	Aperibé		Bicas	Descoberto	Carapebus		Rio Pomba	
	Santana de Cataguases		São Sebastião do Alto	Duas Barras	Miguel Pereira		Cruzeiro	
	Chiador		Silveiras	Belmiro Braga	Santos Dumont		Comendador Levy Gasparian	
	Ewbank da Câmara		Pedro Teixeira	Natividade	Barra Mansa		Bom Jesus do Itabapoana	
	São Geraldo		Arapeí	Carangola	Bom jardim		Lorena	
	Argirita		Guarará	Cataguases	Pedra Dourada		Santo Antonio de Pádua	
	Eugenópolis		São José do Barreiro	Goianá	Cambuci		Pirapetinga	
	Miradouro		Rochedo de Minas	Santa Rita de Ibitipoca	Bom Jardim de Minas		Mogi das Cruzes	
	Tabuleiro		Divino	São José de Ubá	Carmo		Matias Barbosa	
	Areias		Italva	Cardoso Moreira	Itaquaquetuba		Macuco	
	Monteiro Lobato		São João Nepomuceno	Paraíba do Sul	São Sebastião da Vargem Alegre		Petrópolis	
	Orizânia		Mirai	Laje do Muriaé	Simão Pereira		Caçapava	
	Guarani		Vieiras	São José do Vale do Rio Preto	Visconde do Rio Branco		Guaratinguetá	
	Mercês		Quatis	Bananal	Ubá		Sapucaia	
	Tremembé		São Luiz do Paraitinga	Areal	Rio Claro		Guarulhos	
	Santa Bárbara do Tugúrio		Bias Fortes	Rosário da Limeira	Piau		Pindamonhangaba	
	Pequeri		Tocantins	Rio das Flores	Igaratá		Rodeiro	
	Guiricema		Barra do Pirai	Varre-Sai	Itaocara		Cantagalo	
	Fervedouro		Chácara	Sumidouro	Além Paraíba		Três Rios	
Lagoinha	Passa Vinte	Antônio Prado de Minas		Jacareí				
São Francisco do Glória	Queluz	Cachoeira Paulista		Volta Redonda				

**Tabela 7-0-2:** Lista dos municípios classificados de acordo com parâmetros socioambientais. Fonte: IBGE, SIGA-CEIVAP, adaptado por Borges 2021.

Qualidade Socioambiental									
Baixa	Astolfo Dutra	Quissamã	Intermediária	Cardoso Moreira	Santa Bárbara do Monte Verde	Barbacena	Mendes	Alta	Tocantins
	Laranjal	Areal		Cachoeira Paulista	Mercês	Cruzeiro	Barra Mansa		Redenção da Serra
	Piquete	Pequeri		Rosário da Limeira	Itaquaquetuba	Carapebus	Laje do Muriaé		Conceição de Macabu
	Goianá	Envália		Santa Maria Madalena	Pedra Dourada	Vassouras	Santana de Cataguases		Eugenópolis
	Campos dos Goytacazes	Pedro Teixeira		Nova Friburgo	Carangola	Piau	Aparecida		Guiricema
	São Geraldo	Barra do Piraí		Petrópolis	Rio das Flores	Piraí	Paiva		
	Fervedouro	São Francisco de Itabapoana		Divinésia	Rio Claro	Santa Isabel	Patrocínio do Muriaé		
	Monteiro Lobato	Duas Barras		São José do Barreiro	Porto Real	Passa Vinte	Matias Barbosa		
	Natividade da Serra	Itamarati de Minas		Quatis	Cantagalo	Chiador	Teresópolis		
	Queluz			Miraí	Cambuci	Pinheiral	Coronel Pacheco		
	Antônio Carlos			Guararema	Bom Jardim de Minas	Bom jardim	Descoberto		
	Mar de Espanha			Miracema	Muriaé	Varre-Sai	Cordeiro		
	Porciúncula			Potim	Aracitaba	Três Rios	São José de Ubá		
	Rochedo de Minas			São Fidélis	Tombo	Simão Pereira	Divino		
	Santo Antônio do Aventureiro			Caçapava	Engenheiro Paulo de Frontin	Tremembé	Lagoinha		
	Sapucaia			Igaratá	Santa Bárbara do Tugúrio	Silveirânia	Taubaté		
	Belmiro Braga			Paraibuna	Itaperuna	Aperibé	Mogi das Cruzes		
	Vieiras			Lorena	Leopoldina	Arapeí	Dona Euzébia		
	Natividade			Rio Preto	Orizânia	Bananal	Argirita		
	Recreio			Silveiras	Ubá	Barão de Monte Alto	Bicas		
	Itatiaia			Areias	São João Nepomuceno	Visconde do Rio Branco	São Luiz do Paraitinga		
	Volta Grande			São Sebastião da Vargem Alegre	Resende	Italva	São Jose dos Campos		
	Santana do Deserto			Paty do Alferes	Itaocara	São João da Barra	Desterro do Melo		
	Bocaina de Minas			Valença	Carmo	Antônio Prado de Minas	São Francisco do Glória		
	Maripá de Minas			Santos Dumont	Guidoval	Roseira	Salesópolis		
	Rio Novo			Bias Fortes	Pirapetinga	Bom Jesus do Itabapoana	Oliveira Fortes		
	Olaría			Cataguases	Rio Pomba	Palma	Cunha		
	Lavrinhas			Jacareí	Lima Duarte	Trajano de Moraes	Canas		
	Santa Branca			Pindamonhangaba	Guará	Miradouro	São Sebastião do Alto		
	Faria Lemos			Arujá	Guarulhos	Santa Rita de Jacutinga			
	Rodeiro			Comendador Lewy Gasparian	Além Paraíba	Miguel Pereira			
	São José do Vale do Rio Preto			Santa Rita de Ibitipoca	Chácara	Jambeiro			
Sumidouro		Macuco	Estrela Dalva	Piraúba					
Tabuleiro		Juiz de Fora	Volta Redonda	Paraíba do Sul					
Ewbank da Câmara		Santo Antonio de Pádua	Guaratinguetá	Guarani					

## **Capítulo 8- Conjuntura Socioambiental da Bacia do Paraíba do Sul para Indicação de Áreas de PSA**

### **Resumo**

As transformações da paisagem ocorrem por processos naturais e interferências antropogênicas e históricas, que têm como situação mais intensa quando dá lugar às cidades. A partir, dessas intervenções o ambiente natural sofre modificações para acomodar o crescimento populacional e as atividades industriais e agropecuárias. Deste modo, ocorre uma ruptura do que é natural ou do que é do homem, mas são os recursos naturais que promovem a manutenção do sistema socioambiental. Logo, o ambiente continua fornecendo seus serviços ambientais apesar das intervenções antrópicas, mas ao longo do tempo vai tendo diminuída de potencialidade e capacidade de suporte, devido aos impactos sofridos. O objetivo desse estudo é a partir da análise geossistêmica na Bacia do rio Paraíba do Sul, indicar sub-bacias com médio nível de degradação. Metodologicamente, baseou-se na identificação de municípios que possuíam mais de 20% de sua área na bacia, bem como, utilizou-se a técnica de álgebra de mapas com 11 parâmetros para identificar o nível de qualidade da água na Bacia. Todos os procedimentos foram realizados em software de SIG e a partir das análises, observou-se que 8 municípios não possuem ao menos 20% de área na bacia, exercendo nela pouca influência. Por fim, houve a identificação das sub-bacias a partir dos dados gerados. Por outro lado, identificou-se que mais 70% da bacia possui trechos intermediários de qualidade socioambiental, muito relacionadas às condições sociais, econômicas e geobiofísicas presentes na bacia. Portanto, a Bacia do Rio Paraíba do Sul possui sub-bacias passíveis de aumento de serviços ambientais e que podem fomentar o aumento da sua recarga hídrica e melhoria da qualidade da água.

**Palavras- Chaves: Sub-bacia; Resiliência; Ações Antropogênicas; Sistemas Ambientais**

## 1. INTRODUÇÃO

Muito se discute sobre as transformações da sociedade incidindo no ambiente e como esses processos têm expressividade na modificação das características naturais dos espaços (REBOUÇAS, 1999). Esse discurso foi sendo enraizado durante muito tempo por todo o mundo, principalmente com o sistema econômico vigente, o capitalismo, uma vez que a maioria dos países utilizam dessa proposta econômica. Com isso, passou-se a consumir bens de consumo, serviços, água e alimentos, sem haver a preocupação com a origem dessas matérias-primas, em especial seus impactos sobre o ambiente. Ou seja, como são produzidas? Qual o sistema agrícola predominante? Quais as transformações que são causadas no sistema ambiental? (MORVAN, 1985; BATALHA e SILVA, 2001).

Dessa maneira, passamos a nos desconectar do ambiente como se fosse algo a par da sociedade, o qual é utilizado com um bem a serviço do uso e apropriação (DELLAMATRICE e MONTEIRO, 2014; HONGIL *et al.*, 2017), principalmente a água. Diante disto, a partir da metade do século XX, se desenvolveu uma crise ambiental com ênfase nas áreas urbanas e também nas áreas rurais. Observa-se um amplo debate sobre os mecanismos de preservação e conservação, que resultam na criação das UC's, Parques, APA, áreas de APP, entre outras, que configurem esse distanciamento entre homem e meio, como se a natureza precisasse ser intocada.

Com o maior entendimento ambiental e o aparecimento de uma nova configuração de paradigmas, surgem novos conceitos e teorias que tentam desmistificar esse processo de uso e apropriação da natureza como um objeto infinito. Destacam-se dois conceitos: a Economia Circular (UNFCCC, 2015; OLIVEIRA *et al.*, 2019) e o Pagamento por Serviços Ambientais, aparecendo como dois pilares para o entendimento de que sociedade e a natureza são uma simbiose e que devemos nos preocupar com o que consumimos, usamos, comemos, o descarte, a produção, a poluição e a destinação (CNI, 2018).

O Pagamento por Serviços Ambientais é uma transação voluntária por um ou mais serviços ambientais a partir do uso da terra que assegure o serviço, e que haja, no mínimo, um provedor do serviço ou um comprador (WUNDER, 2005; CARRILHO e SINISGALLI, 2018). Assim, o pagamento por

serviços ambientais pode ser considerado um conceito com aplicabilidade e interlocução com a educação e a gestão ambiental (VEIGA NETO, 2008) e interdisciplinar (JARDIM e BURSZTYN, 2015; GRIZZETIA *et al.*, 2016; CARVALHO *et al.*, 2017; BÖRNER, *et al.*, 2017; BÖSCH *et al.*, 2019), que retoma a conexão com o ambiente natural. Muito se questiona sobre a importância dos ambientes rurais, e são eles que, apesar dos impactos sofridos ao longo do processo histórico-econômico, fomentam os serviços ambientais, em muitos casos, de forma natural e espontânea, que são fundamentais para a continuidade da dinâmica ambiental.

Dessa forma, os serviços ambientais são ações que a natureza faz espontaneamente e trazem benefícios ao ambiente por meio de sua funcionalidade básica e que muitas vezes são invisibilizadas, principalmente quando se refere à questão hídrica (JARDIM e BURSZTYN, 2015). Dentre essa atuação destacam-se o papel da vegetação florestal para a infiltração da água no solo, no controle da erosão e redução de sedimentos no canal, abastecimento hídrico para consumo, lazer, cultura, economia, na formação dos solos, ou seja, são fundamentais pois garantem a segurança hídrica (DAILY, 1997; BÖRNER, 2017).

O entendimento de Bacia Hidrográfica está associado diretamente com todo o processo de serviços ambientais (AB'SABER, 2003; MAURO; MAGESTE; LEMES, 2017) pois há a relação direta da sociedade atuando sobre o meio de forma orgânica. Logo, a Bacia do Rio Paraíba do Sul converge na complexidade de 3 grandes estados do sudeste brasileiro (RJ, SP, MG) interagindo e integrando a mesma bacia, que fomenta a manutenção e/ou descaracterização geossistêmica nesse complexo espacial a ela integrado.

Muito se questiona sobre os ambientes que sofrem degradação ambiental por seus ciclos econômicos como o cultivo do café, cana-de-açúcar, introdução da atividade agropecuária, processos de industrialização, desenvolvimento da urbanização e com isso há a modificação da paisagem, como a BPS (DEVIDE *et al.* 2014; RUIZ *et al.*, 2018; PORTELA, 2019). Esses processos de reconfiguração do geossistema trazem impactos negativos para o ambiente natural, mas não devemos esquecer que nós (sociedade) somos elementos integrantes dela (ROSS, 2009) e a natureza presta os serviços

ambientais continuamente. Cabe destacar que as interferências de caráter antrópico aceleram a redução desses serviços prestados, mas ela se reconfigura diante das mudanças e alterações inseridas.

Acredita-se que o ambiente possui alta resiliência frente às transformações no espaço geográfico. Dessa maneira, ambientes que mantêm alto índice de preservação, seja pela presença de parques nacionais, estaduais ou municipais, zonas de proteção e/ou ausência de interferência antropogênica fortalecem a manutenção de ambientes que perderam suas características originais. Deste modo, atuam como zonas de suporte geossistêmico de locais que não possuem o mesmo nível de preservação ou conservação.

As zonas que possuem alto nível de degradação inicialmente apresentam com rios poluídos por despejo de esgotos, eutrofização, canais retificados e retelinizados, processos erosivos acentuados pelo pisoteio do gado, ausência de mata ciliar, remoção da cobertura vegetal para dar lugar a moradia (LEITE, 2017; 2021). Tornam-se locais que necessitam de alto investimento financeiro e de tempo, recurso, pesquisa e ações mais intensas. Dessa forma, o meio advém de mais interferências para recuperar suas condições naturais (MARÇAL e LIMA, 2016), que em muitos casos tornam-se inviáveis e insustentáveis por processos políticos, econômicos, gestão e planejamento, infraestrutura, entre outros.

Por outro lado, os terrenos com degradações intermediárias muitas vezes são renegados e/ou esquecidos porque não estão 100% preservados e nem totalmente degradados. Essa ambivalência é favorecida por processos de abandono de atividades de fins agropecuários, assim, há o aparecimento espontâneo da vegetação secundária pela ausência da utilização do espaço. Logo, os trechos intermediários são os melhores cenários para manutenção e recuperação ambiental, ainda mais se somados à conscientização social.

Não há como pensar em nós como integrantes da natureza, se nos colocarmos a par deste cenário. Torna-se necessário compreender o funcionamento a partir das modificações, mas encontrar o equilíbrio no uso e apropriação consciente, respeitoso e sistêmico dos recursos naturais (SOTHAVA, 1978; CHRISTOFOLETTI, 1999; RODRIGUEZ e SILVA, 2013). O

objetivo desta pesquisa é indicar a partir de dados ambientais, sociais e econômicos trechos de média degradação para implantação de PSA na Bacia do rio Paraíba do Sul.

## **2. METODOLOGIA**

A partir dos dados levantados sobre a Bacia do Rio Paraíba do Sul optou-se por trabalhar com 3 caminhos metodológicos. Primeiramente, para ter uma efetividade da interferência dos municípios, utilizou-se o critério da eliminação de municípios que possuem menos de 20% de áreas inseridas na bacia. Em software de SIG calculou-se a área relacionando os trechos do município que de fato interferem no funcionamento da bacia. Diante da proposta metodológica apresentada, ao compreender a quantidade e os municípios de influência que se fazem presentes na Bacia do rio Paraíba do Sul, utilizou-se o critério da dimensão espacial, para saber a quantidade de área contida na bacia.

Posteriormente, realizou-se a técnica de álgebra de mapas para incorporar as diferentes informações sobre a bacia, como a geologia, geotecnia, geomorfologia, pedologia, direção do fluxo, uso do solo, suscetibilidade à erosão do solo, qualidade socioeconômica, qualidade socioambiental e consumo de água. Essas informações foram produzidas a partir de dados da Embrapa, IBGE, SIGA-CEIVAP, ZEE e outros pela própria autora. As classes utilizadas para o desenvolvimento dessa proposta podem ser vistas na tabela 1.

**Tabela 8-0-1:** Classes de mapas usadas para a realização da álgebra de mapas da Bacia do Rio Paraíba do Sul. Fonte: Borges, 2021.

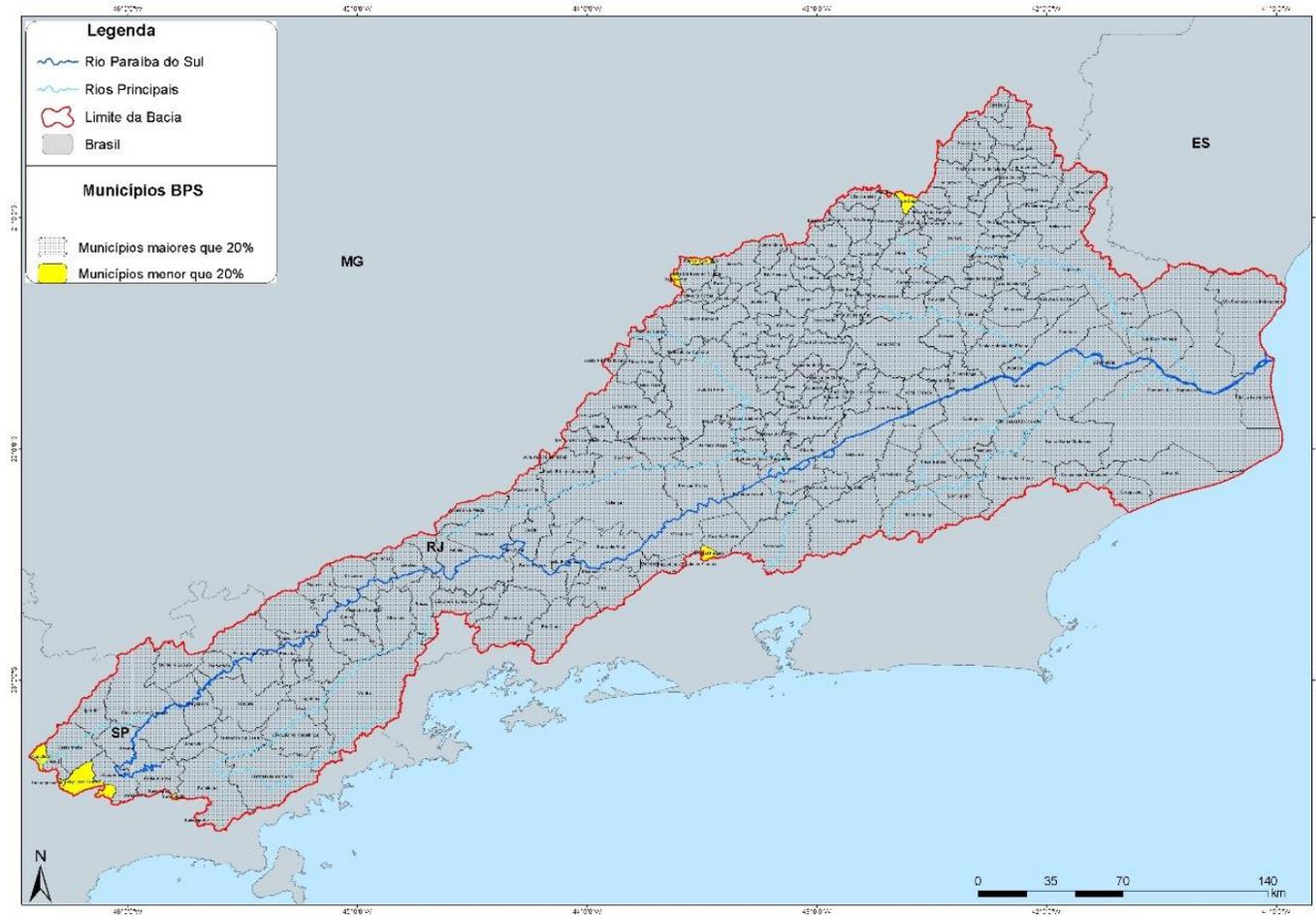
<b>Classes Geossitêmicas</b>	
<b>Uso do Solo</b>	Formação Florestal
	Agropasto
	Corpo D'Água
	Agricultura
	Área Antrópica
	Não Classificado
<b>Qualidade Socioeconômica</b>	Mangue
	Duna, Cordão Arenoso e Restinga
<b>Qualidade Socioambiental</b>	Baixa
	Intermediária
	Alta
<b>Consumo de Água</b>	Baixa
	Intermediária
	Alta
<b>Fluxo de Direção</b>	Sem Informação
	Norte
	Nordeste
	Leste
	Sudeste
	Sul
	Sudoeste
	Oeste
Noroeste	
<b>Suscetibilidade a Erosão Hídrica</b>	Muito Baixa
	Baixa
	Média
	Alta
<b>Geomorfológico</b>	Muito Alta
	Domínio Colinoso
	Domínio Morros Elevados e Pão-de Açúcar
	Domínio Planície Costeira
	Domínio Fluviais
Domínio Montanhoso	
<b>Pedológico</b>	Domínio Montanhoso
	Água
	Chernossolo (Brunizenes)
	Cambissolo
	Latossolo
	Gleissolo
	Neossolo (Litólico)
	Espodossolo (Podzólico)
	Solos Salinos
	Nitossolo Vermelho (Terra Roxa Estruturada)
<b>Geológico</b>	Biotita-gnaisse
	Ortognaisse félsico
	Granulito
	Silimanita-gnaisse
	Muscovita-gnaisse
	Ortognaisse calcissilicático
	Sienito
	Diabásico
	Anfibólito
	Granito
	Mármore
	Quartzito
	Sedimentos semi-consolidados
	Colúvios
	Hornblenda ortognaisse
	Charnoquito
	Flitos
Biotita-xisto	
Sedimentos inconsolidados	
<b>Geotécnico</b>	Saprolito Raso
	Saprolito Espesso
	Depósito Fluvial
<b>Municípios com menos de 20% na bacia</b>	Maior que 20 %
	Menor que 20 %

Por fim, após a compilação das informações obtidas pela álgebra de mapas, foram delimitadas algumas sub-bacias no alto, médio e baixo curso. O método utilizou-se do SRTM e aplicação do fill para correção e preenchimento de imperfeições e depressões que o MDE. Bem como, o Copy raster para definir os valores altimétrico da depressão para não haver valores negativos, gerando um fluxo hídrico para delimitar as sub-bacias. Identificou-se sub-bacias com níveis médios de degradação, baseadas nos critérios de classe geossistêmica para futuras implementações de propostas de PSA.

### **3. RESULTADOS**

#### *3.1. Determinação Geossistêmica da BPS e Identificação das Sub-bacias*

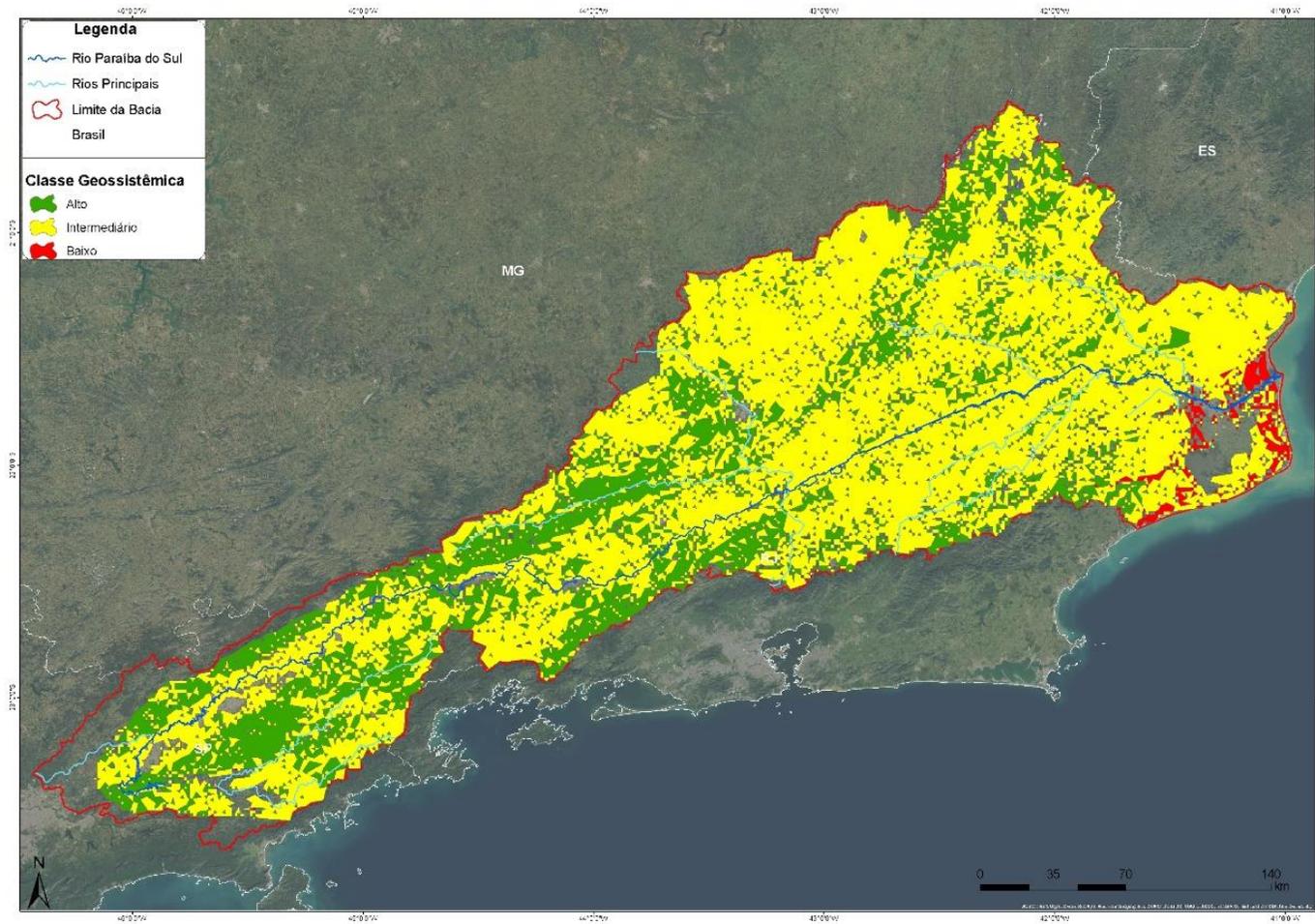
A análise identificou 8 municípios que possuíam menos de 20% de sua área dentro da delimitação da bacia e que não exercem forte pressão e influência sobre ela, conforme figura1. Dessa forma, foram destacados: Salesópolis, Mogi das Cruzes, Itaquaquecetuba e Guarulhos que se localizam no alto curso e no Estado de São Paulo; Miguel Pereira alocado no médio curso e pertencente ao Estado do Rio de Janeiro e, por fim, as localidades de Ervália, Desterro de Melo e Barbacena, ambos no Estado de Minas Gerais e acoplados no Baixo curso da bacia.



**Figura 8-0-1:** Distribuição dos municípios em coloração amarela que possuem menos de 20% da sua área total dentro da Bacia do Rio Paraíba do Sul. Fonte: Santos, 2021.

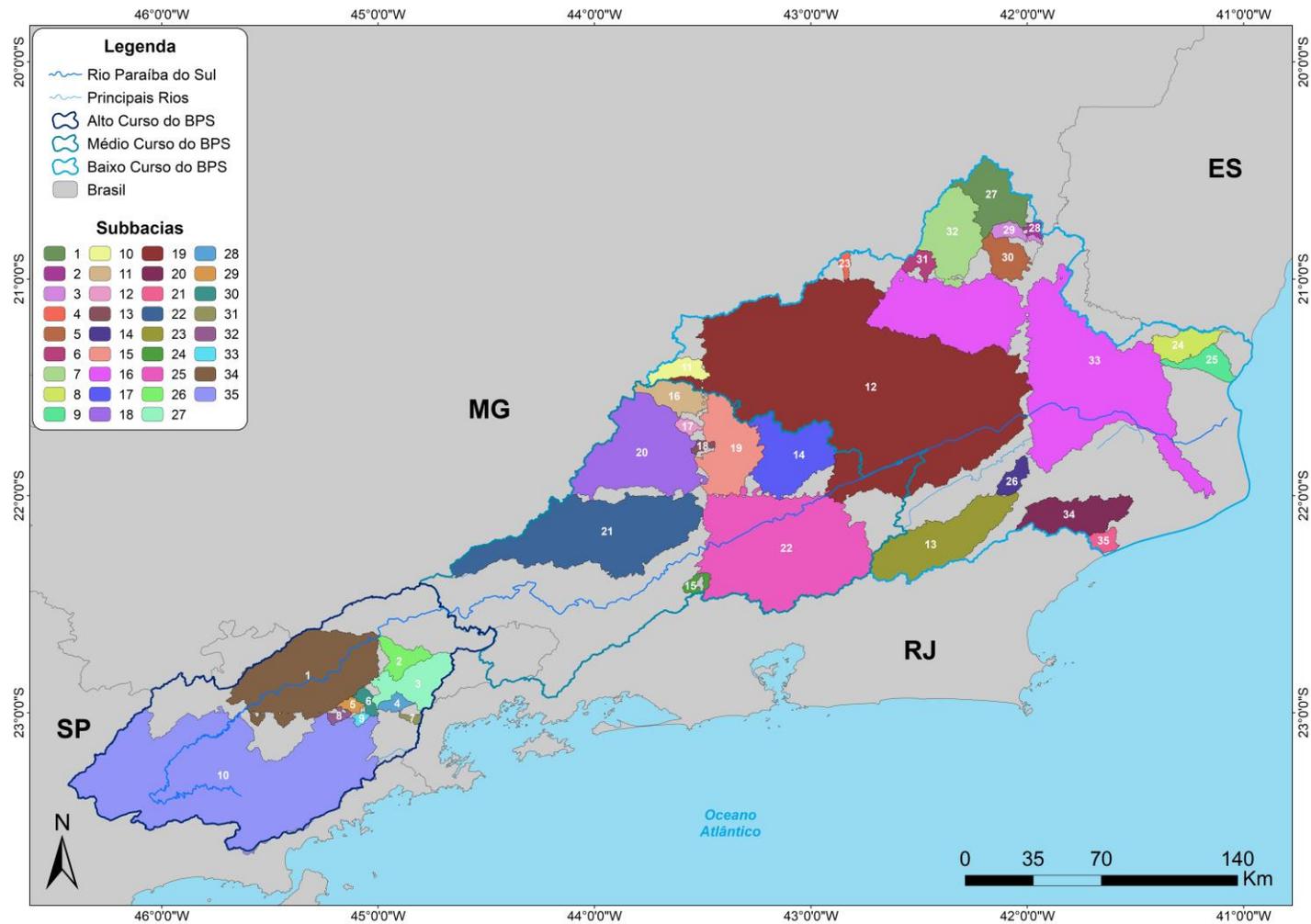
Para compreensão dos elementos que contribuem de forma significativa na qualidade geossistêmica da Bacia do Paraíba do Sul, fatores como uso e cobertura da bacia, geologia, geomorfologia, pedologia, geotécnica, fluxo de direção hídrica, suscetibilidade à erosão, qualidade socioeconômica, qualidade socioambiental e consumo de água favorecem o entendimento da bacia como um todo. Cabe ressaltar que as áreas com municípios com menos de 20% de água em lagoas, reservatórios e represas (Corpos D'água) foram desconsiderados na análise, o primeiro por não exercerem pressão na bacia e o segundo por já fomentar serviços ambientais.

Na Figura 2 é possível identificar 3 grandes áreas da BPS, em menor abrangência áreas de baixa qualidade (1,46%), em média dimensão (72,39%) ambientes de alta qualidade (26,16%), e por fim, em maior abrangência, intermediária qualidade geossistêmica na bacia. Logo, a maior parte da Bacia do Rio Paraíba do Sul encontra-se em nível médio degradação socioeconômica-ambiental.



**Figura 8-0-2:** Distribuição da qualidade geossistêmica em que vermelho é com o pior índice, amarelo média e verde alta qualidade na Bacia do Rio Paraíba do Sul. Fonte: Santos e Borges, 2021.

A partir desse diagnóstico dentro do recorte total da BPS, identificou-se 35 sub-bacias em classes intermediárias de degradação ambiental, figura 3. Assim, verificamos 10 sub-bacias no alto curso, que é o trecho da bacia com baixo percentual de zonas intermediárias, ou seja, mais preservado quando analisados os dados e as visitas de campo. No médio curso, classificamos 9 sub-bacias e no baixo curso 16 sub-bacias, para que possam ser implementados futuros projetos de PSA nessas bacias, que foram classificadas com médio nível de qualidade geossistêmica.



**Figura 8-0-3:** Indicação das sub-bacia de média degradação geossistêmica separada pelo alto, médio, baixo curso da Bacia do Rio Paraíba do Sul. Fonte: Ferreira e Borges, 2021.

### 3.2. *PSA e o viés Geográfico*

As bacias hidrográficas são recortes espaciais bastante adequados para reunir os cenários da integração da sociedade com o ambiente geofísico, ou seja, geossistêmico. Muitas abordagens em PSA, tanto as teóricas quanto as práticas enfocam o valor monetário; enfatizando que este deve ser pago ao possuidor do terreno que produza um ou mais serviços ambientais (WUNDER, 2005; BÖRNER, *et al.*, 2017). Vale destacar que, desconsiderando em muitas vezes as formas, os processos e a atuação da população sobre o meio, essa lacuna foi verificada em diversos estudos de PSA (JARDIM e BURSZTYN, 2015; GRIZZETIA *et al.*, 2016; CARVALHO *et al.*, 2017; CARRILHO e SINISGALLI, 2018; BÖSCH *et al.*, 2019). Nesse sentido, o conhecimento geográfico ganha fôlego nesta análise para a intervenção e proposição partindo das análises integradas sobre esse espaço.

Por sua própria epistemologia, a ciência geográfica possibilita os estudos de diferentes temáticas que envolvem o ambiente físico, as formas do relevo, a litologia, as diferentes classes de solos, bem como dados sócio-econômico-ambientais como população, densidade, PIB, esgotamento sanitário, consumo de água e nível educacional. Dessa forma, não se pautam apenas em cálculos, dados e valores do terreno que remetem o quanto se pode pagar ou receber por cada ação ambiental, mas trazem a união entre todos os componentes da bacia de forma integrada. Ao haver esse entendimento, é possível de fato aplicar a noção de geossistema para atuar de forma pontual para fomentar os serviços necessários (CHRISTOFOLETTI, 1999; RODRIGUEZ e SILVA, 2013).

Nas áreas da bacia caracterizadas como de ocupação urbana, os serviços ambientais são menos eficientes, pois há uma transformação intensa do ambiente e os canais encontram-se muitas vezes retificados e retilinizados; os solos concretizados; ausência de vegetação e mata ciliar, ocupação das planícies de inundações e encostas e poluição dos canais fluviais (DEVIDE *et al.* 2014; MARÇAL e LIMA, 2016; LEITE, 2017; RUIZ *et al.*, 2018; PORTELA, 2019; LEITE, 2021). Em contraposição, no ambiente rural considera-se que as modificações sejam menos impactantes, sendo bastante presentes as feições da paisagem natural. Além disso, apresentam menor densidade populacional e

áreas menos ocupadas e transformadas artificialmente, proporcionando seguimentos para que os serviços ambientais possam ser implantados e ampliados (JARDIM e BURSZTYN, 2015; CARVALHO *et al.*, 2017; RUIZ *et al.*, 2018).

Assim, a proposta de PSA deve ser fomentada para proprietários rurais que queiram voluntariamente se incluir nesses projetos de melhorias ambientais, de modo a receber um incentivo financeiro, técnico e, também, de educação ambiental, compreendendo a importância em manter ou regenerar segmentos de sua propriedade. Essa transação voluntária engloba a sociedade, ressaltando a mudança de paradigmas e se colocando como ser integrante do sistema havendo conseqüentemente aumentando da recarga hídrica para outros segmentos da bacia. Portanto, o viés geográfico contribui para uma tentativa de retomada da sociedade para olhar, perceber e integrar novamente à natureza, de modo que ela não seja apenas um recurso a ser explorado. (AB'SABER, 2003; ROSS, 2009; RODRIGUEZ e SILVA, 2013).

### *3.3. Conscientização socioambiental como ferramenta de gestão*

A partir do que foi apresentado anteriormente, vale salientar a importância dessa metodologia, que envolve a participação e a cooperação dos usuários da água e da terra de modo mútuo. Em muitos casos, proprietários rurais trabalham diariamente no terreno e conseguem identificar as mudanças do uso da terra, mesmo sem compreender que isso ocorre devido ao manejo inadequado dos recursos. Assim, cabe aos proprietários rurais a maior parcela de responsabilidade em conservar as áreas ripárias essenciais para a preservação dos corpos hídricos a partir de incentivos para a efetivação dessas ações.

Por consequência, o produtor rural se torna o principal alvo de um esquema de PSA que visa à conservação dos recursos hídricos (JARDIM e BURSZTYN, 2015). Além disso, há o fato de os produtores rurais encontrarem estímulos para mudar o comportamento diante do entendimento dos ganhos ambientais. Dessa forma, as mudanças podem ser notadas ao longo do curso

do rio, principalmente em médio e baixo curso, beneficiando os usuários d'água.

Desse modo, o PSA é fundamentalmente diferente do instrumento de política ambiental convencional, uma vez que procede em operar por meio de incentivos, em vez de desincentivos, como regulamentações legais, mecanismos de sanção ou impostos. Esta característica inerente é tanto sua virtude quanto seu maior desafio (BÖRNER *et.al.* 2017), visto que dentro dessa logística é importante o equilíbrio dinâmico (GOMEZ, 2010) entre uso e retorno do ambiente natural e seus usufrutuários. Através dessa percepção ambiental, há a mudança na cultura ecológica, política e as dimensões humanas sobre o ambiente (ROBBINS, 2010) de modo integrado e não em partes.

A conscientização socioambiental não parte do princípio de possuir técnicas e implantá-las, mas, segundo Robbins (2010) se trata de decisões tomadas na forma de evidências coletadas, que possuem enormes implicações no que pode e no que não pode ser explorado e explicado. Ao conectar os atores com os problemas, há a compreensão das díspares categorias e dos limites existentes, dessa forma, permite que a análise dos impactos e as influências sejam mais bem aceitas pelos possuidores da terra. Portanto, possibilita o trabalho da observação participativa.

#### **4. CONCLUSÃO**

Diante das argumentações já expostas, a indicação das sub-bacias dentro da Bacia do Rio Paraíba do Sul possibilita uma melhor abordagem e enfrentamento de situações de recuperação, gestão e planejamento socioambiental sobre a bacia. Cabe ressaltar que a bacia do BPS possui uma abrangência interestadual, com diversas problemáticas associadas, porém, ao trabalhar com áreas em menor escala, torna-se maior a efetividade dos serviços ambientais existentes.

Com isso, observou-se que os municípios com área inferior a 20% não influenciam diretamente na qualidade da bacia. Também foi verificado uma maior predominância de classes de intermediária degradação geossistêmica e como esta condição intermediária pode ser um fator benéfico para a bacia.

Com isso, essas classes médias de preservação possuem mais insumos, menor tempo e maior fragilidade de entrada de recursos para sua manutenção. A geografia se mostrou uma ciência ímpar para entendimento da paisagem quando se trata do PSA. Assim, através dos PSA's, é possibilitada a troca de conhecimentos com os proprietários rurais, uma vez que são nessas áreas que os serviços ambientais podem ser fomentados de forma eficaz.

A pesquisa mostrou que metodologicamente é possível incorporar os parâmetros geográficos para a elaboração de projetos de Pagamentos por Serviços Ambientais, de maneira a colocar à frente as análises espaço-temporais e a identificação dos serviços geossistêmicos. Ficou bem compreendido que a relação homem/meio coexiste nas bacias hidrográficas e a geografia é uma ciência adequada para propostas que envolvam esse entendimento socioambiental.

## **AGRADECIMENTOS**

O material produzido se deve a pesquisa de doutorado da autora que foi financiado através de bolsa da CAPES, CNPQ, FAPERJ. Bem como, teve o suporte financeiro para que houvesse a realização dos campos o Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGG-UFRJ) e Comitê do Baixo Paraíba e Itabapoana. Como também agradeço aos alunos e colegas de laboratório LIEG-UFRJ Mateus Ferreira e Monara Santos pela ajuda nessa etapa da final e na confecção dos mapas. E a Taiany Marfetan por ajudar na revisão do texto.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- AB'SABER, A. N. Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. 3. ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- BATALHA, M. O.; SILVA, A. L. Gerenciamento de Sistemas Agroindustriais: Definições e Correntes Metodológicas. In: BATALHA, Mário Otávio (Coord.) Gestão Agroindustrial. 2. ed. São Paulo: Atlas, v.2, 2001.
- BÖRNER, J.; CORBERE, E.; EZZINE-DE-BLAS, D.; ROSÉS, J. H.; PERSSON, U. M.; WUNDER, S. The Effectiveness of Payments for Environmental Services. *World Development*. V.96, 359347.2017
- BÖSCH, M.; ELSASSER, P.; WUNDER, S. Why do payments for watershed services emerge? A cross-country analysis of adoption contexts. *World Development*. p.111–119. 2019.

CARRILHO, C. D.; SINISGALLI, P. A. A. Contribution to Araçá Bay management: The identification and valuation of ecosystem services. *Ocean and Coastal Management*. v.164, p.128–135. 2018.

CARVALHO, C.S.A. FERREIRA, M.I.P. Pagamento por Serviços Ambientais como instrumento econômico de gestão das águas: o caso da sub-bacia do córrego Cambucaes, Bacia do rio São João- Silva Jardim/RJ. v.11, n.1, p.59-73. 2017.

CHRISTOFOLETTI, A. Modelagem de sistemas ambientais. 1. ed. São Paulo: Edgar Blücher, 256 p. 1999.

CNI. Economia Circular: Oportunidades e Desafios para a Indústria Brasileira. Confederação Nacional da Indústria. ISBN 978-85-7957-166-4. Brasília: CNI, 64 p. 2018.

DAILY, G. C. (Ed.). Nature's services: societal dependence on natural ecosystems. Washington, DC: Island, 1997. 392 p.

DELLAMATRICE, P. M.; MONTEIRO, R. T. R. Principais aspectos da poluição de rios brasileiros por pesticidas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental Campina Grande, PB, UAEA/UFCA*. ISSN 1807-1929 v.18, n.12, p.1296–1301, 2014

DEVIDE, A. C. P.; CASTRO, C. M.; RIBEIRO, R. L. D.; ABOUD, A. C. S.; PEREIRA, M. G.; RUMAJANEK, N. G. História Ambiental do Vale do Paraíba Paulista, Brasil. *Revista Biociências, Taubaté*, v. 20, n. 1, p. 12-29, 2014. ISSN 1415-7411.

GOMEZ, B.; JONES, J.P. Part II Collecting Data. *Physical Landscapes. Research Methods in Geography*. Oxford: Blackwell Publishing Ltd., 459p. 91-115. 2010.

GRIZZETIA, B.; LIQUETEA, C.; ANTUNES, P.B; CARVALHO, L.; GEAMAN, N.; GIUCAD, R.; LEONEE, M.; MCCONNELLF, S.; PREDAD, E.; SANTOS, R.; TURKELBOOME, F.; VADINEANU, A.; WOODSC, H. Ecosystem services for water policy: Insights across Europe. *Environmental Science & Policy* v. 66. p.179–190. 2016.

HONGIL. R. M.; TOLUSSI, C. E.; CANEPPELED, P. N. M.; HILSDORF A. W. S. & MOREIRA R. G. Biodiversidade e conservação da ictiofauna ameaçada de extinção da bacia do R. P. do Sul. *Biologia*. v.17, n.2, p.18-30.2017.

JARDIM, M.H. BURSZTYN, M.A. Pagamento por serviços ambientais na gestão de recursos hídricos: o caso de Extrema (MG). *Artigo Técnico. Engenharia Sanitária Ambiental*. v.20, n.3, 353-360. 2015.

LEITE, A.F. Gestão dos Recursos Hídricos e Desastres relacionados à Água na Baixada Campista. ENAPEGE. *Geografia, Ciência e Política: do pensamento à ação ao pensamento*. Porto Alegre. 12 a 15 de outubro de 2017.

LEITE, A.F. Resultantes ambientais da drenagem de superfícies brejais e lacustres na baixada Campista, Norte do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *VÉRTICES, Campos dos Goytacazes/RJ*, v.23, n.1, p. 98-128, 2021.

MARÇAL, M. S.; LIMA, R. N. S. Abordagens Conceituais Contemporâneas na Geomorfologia Fluvial. *Espaço Aberto, PPGG - UFRJ*, v. 6, n.1, p. 17-33, 2016

- MAURO, C.A.; MAGESTE, J.C.; LEMES, E. As Bacias Hidrográficas como critério para o planejamento territorial. *Caminhos da Geografia*, Uberlândia, v. 18, n. 64, p. 472-482, 2017
- MORVAN, Y. *Filière de Production: Fondamentaux d'Economie Industrielle*. Paris: Economique, 1985.
- OLIVEIRA, F. R.; FRANÇA, S. L. B.; RANGEL, L. A. D. Princípios de economia circular para o desenvolvimento de produtos em arranjos produtivos locais. *Interações*. Campo Grande, MS. DOI: <http://dx.doi.org/10.20435/inter.v20i4.1921> v. 20, n. 4, p. 1179-1193, out./dez. 2019.
- PORTELA, F. O. S. A rede do café: Diálogos espaço-tempo para identificação das fazendas cafeeiras na Zona da Mata mineira. Dissertação Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2019.
- REBOUÇAS, A. C. Estratégias para se beber água limpa. In: *O município no século XXI: cenários e perspectivas*. São Paulo: FPFL/Cepam, p.199-215.1999.
- ROBBINS, P.F. Part II Collecting Data. *Human-Environment Field Study. Research Methods in Geography*. Oxford: Blackwell Publishing Ltd., 459p. 241-256. 2010
- RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. A. *Planejamento e Gestão Ambiental: subsídios da geocologia das paisagens e da teoria geossistêmica*. Fortaleza: Edições UFC, 2013.
- ROSS, J. L. S. *Ecogeografia do Brasil: Subsídios para Planejamento Ambiental*. Oficina Textos. São Paulo. 2009.
- RUIZ, A. E.; FREITAS, H. S.; SILVA, R. N.; OLIVEIRA, R. R.; SADA, S. G. Capítulo 6 – Conexões socioecológicas no paleoterritório do café. Org. Oliveira, R. R.; Lazos, A. *Geografia Histórica do Café no Vale do Rio Paraíba do Sul*. Rio de Janeiro: Ed. PUC-Rio, 2018.
- SOTCHAVA, V. B. *Por uma teoria de classificação de geossistemas da vida terrestre*. São Paulo: Instituto de Geografia, USP, 1978.
- UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC). Report of the Conference of the Parties on its 21st session, held in Paris from November 30 to December 11. Ginebra: United Nations, 2015.
- VEIGA NETO, F. C. da. *A construção dos mercados de serviços ambientais e suas implicações para o desenvolvimento sustentável no Brasil*. 2008. 286 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Ciências Humanas e Sociais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- WUNDER, S. *Payments for environmental services: some nuts and bolts*. Bogor Barat: Center for International Forestry Research, 2005.

## CONCLUSÃO

A pesquisa conseguiu apresentar uma associação das transformações históricas, geofísicas, geosociais, geoeconômicas e geoambientais para compreensão da Bacia do Rio Paraíba do Sul, permitindo entender as principais dimensionalidades que interferem e afetam a bacia. Permitindo também, apontar quais os serviços ambientais são fornecidos na bacia, voltados para aumento da recarga hídrica, a partir de suas modificações paisagísticas ao longo do tempo. Trouxe ainda uma proposta de como a Geografia pode auxiliar estudos e implementação de Pagamentos por Serviços Ambientais, através de uma abordagem geossistêmica, já que a mesma possui um caráter interdisciplinar. Com o apontamento que as bacias com níveis médios de qualidade ambiental fomentam serviços ambientais viáveis financeiramente e efetivos na prática.

Dentre os resultados obtidos, trabalhos realizados em bacias hidrográficas de PSA e PWS de países tropicais tentaram trazer a relação dos elementos físicos e sociais do ambiente, em perspectiva de valoração abrindo espaço para a geografia introduzir a análise, a gestão e o planejamento geossistêmico nas bacias de forma integrativa. Através da revisão da delimitação da Bacia do Rio Paraíba do Sul, com auxílio do perfil longitudinal e do seu fluxo hídrico foi mostrado que a proposta da AGEVAP não considerava parte dessa relação topografia e hidrografia, ficando clara a melhor argumentação para um novo recorte da bacia.

Na relação processo histórico da BPS percebeu-se a ocorrência de 4 ciclos que reconfiguraram a paisagem da bacia, destacando-se a cafeeira com expressividade em todo curso da bacia, a canavieira Norte Fluminense do Rio de Janeiro e na Zona da Mata Mineira. Além disso, a agropecuária surgiu com declínio em zonas de café e da cana-de-açúcar e, por fim a industrial com destaque para os municípios São José dos Campos (SP), Petrópolis (RJ) e Juiz de Fora (MG). As primeiras se caracterizam pelo desmatamento da vegetação florestal, que conseqüentemente geram o aumento dos processos erosivos e sedimentos nos canais fluviais, interferindo no fluxo hídrico da bacia.

Na análise pontual dos setores da bacia, o alto curso possui os melhores parâmetros socioeconômicos com alto nível de escolaridade inicial da população, ou seja, índice de matrículas no ensino fundamental, apesar do PIB ser elevado acaba não refletindo em investimentos no esgotamento sanitário. Diante disso, há o crescimento de formação florestal no uso do solo e o aumento de zonas urbanas. No Médio curso há uma redução IDEB, os dados mostram valores médios do PIB e do IDH, não havendo grandes diferenciações entre os municípios deste setor. Destaca-se apenas o município de Itatiaia no estado do Rio de Janeiro com o maior rendimento econômico do médio curso. Neste segmento, verifica-se redução de áreas de agropasto e conseqüentemente o crescimento da vegetação florestal. Para o baixo curso há o destaque para o precário nível de escolaridade da população, havendo em comum esgotamento sanitário ineficaz e desigualdade entre os municípios. Dentre as análises da paisagem, há o destaque para atividade pecuária, com expressivos processos erosivos, reduzida presença da vegetação e por conseqüência intensa degradação.

No contexto geossistêmico da Bacia do Paraíba do Sul mostra o predomínio do relevo colinoso e planícies fluviais destacando-se no contexto geomorfológico. Na pedologia os latossolos associam-se como a maior classe e cambissolos como a segunda expressividade na bacia. Já nas classes litológicas se destacam o biotita-gnaiss e o ortognaiss félsico. Enquanto que para os dados geotécnicos as classes de saprólito rasos, espessos e depósitos fluviais se distribuem homogeneamente, com destaque para suscetibilidade para erosão hídrica em que as classes alta e média predominam na bacia.

No que se refere ao uso do solo, nos locais onde há a presença de Unidades de Conservação verifica-se maior cobertura vegetal e menores problemas erosivos na bacia, caracterizando trechos com melhor qualidade hídrica e redução de sedimentos oriundos da encosta nos canais fluviais. As áreas de proteção ambiental encontram-se fragmentadas desde o alto e médio curso, já com menor expressão no baixo curso. Apenas no médio curso aparece o aumento de fragmentos florestais, divergindo de outros segmentos da bacia. Para os índices socioeconômicos, socioambientais e consumo de água compreendeu-se que a BSP encontra-se com 70% de sua área sob

condição intermediária, com destaque para o médio e baixo curso, englobando assim os municípios que a compõem.

Por fim, entendeu-se que 8 municípios tais como Salesópolis, Mogi das Cruzes, Itaquaquecetuba, Guarulhos ambos em São Paulo, Miguel Pereira no Rio de Janeiro, Ervália, Desterro de Melo e Barbacena em Minas Gerais, desempenham pouca relação na bacia porque não abrangem mais de 20% de área. Dessa maneira, a bacia encontra-se predominantemente em zonas de média degradação, a partir da análise integrada de seus critérios socioambientais. Diante de tudo que foi apresentado, esse trabalho teve o intuito de utilizar a Geografia como uma ciência que pode contribuir com arcabouço teórico, metodológico e de gestão, para propor a delimitação e fomentos para implantação de Pagamento de Serviços Ambientais. A metodologia aqui utilizada pode ser adaptada para outras áreas, para avaliação do potencial socioambiental para aumentar os serviços de recarga hídrica em bacias hidrográficas.