

UFRRJ
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
PRÁTICAS EM DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL

DISSERTAÇÃO

ADAPTAÇÃO BASEADA EM ECOSISTEMAS
PARA O PLANEJAMENTO DO
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DA
REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE
JANEIRO NA PERSPECTIVA DA SEGURANÇA
HÍDRICA

AMANDA RIBEIRO DE MEDEIROS

2022



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE
JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
PRÁTICAS EM DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL**

**ADAPTAÇÃO BASEADA EM ECOSISTEMAS PARA
O PLANEJAMENTO DO DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL DA REGIÃO METROPOLITANA DO
RIO DE JANEIRO NA PERSPECTIVA DA
SEGURANÇA HÍDRICA**

AMANDA RIBEIRO DE MEDEIROS

Sob orientação do Professor
Ednaldo Oliveira do Santos, D.Sc.
e Coorientação da Professora
Josicléa Pereira Rogério, D.Sc.

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Práticas em
Desenvolvimento Sustentável da
Universidade Federal Rural do Rio de
Janeiro como último requisito para a
obtenção do título de Mestre em Ciências.

**SEROPÉDICA - RJ
OUTUBRO, 2022**

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M488a Medeiros, Amanda Ribeiro de, 1987-
Adaptação baseada em ecossistemas para o
planejamento do desenvolvimento sustentável da região
metropolitana do Rio de Janeiro na perspectiva da
segurança hídrica / Amanda Ribeiro de Medeiros. -
Seropédica, 2022.
63 f.: il.

Orientador: Ednaldo Oliveira dos Santos.
Coorientadora: Josiclêa Pereira Rogério.
Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em
Práticas em Desenvolvimento Sustentável, 2022.

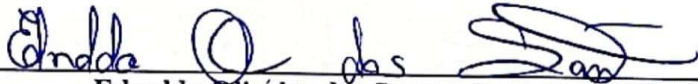
1. Adaptação baseada em ecossistemas. 2. Mudanças
climáticas. 3. Desenvolvimento sustentável. 4.
Governança pública. 5. Região metropolitana do Rio de
Janeiro. I. Santos, Ednaldo Oliveira dos, 1969-,
orient. II. Rogério, Josiclêa Pereira, 1974-,
coorient. III Universidade Federal Rural do Rio de
Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Práticas em
Desenvolvimento Sustentável. IV. Título.

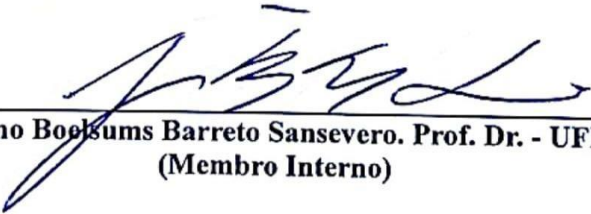
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRÁTICAS EM DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL

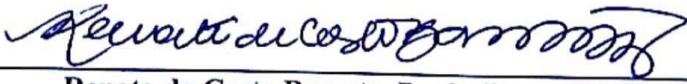
AMANDA RIBEIRO DE MEDEIROS

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre**, no Programa de Pós-Graduação em Práticas em Desenvolvimento Sustentável da UFRRJ.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 06/09/2022.


Ednaldo Oliveira dos Santos. Prof. Dr. - UFRRJ
(Orientador)


Jerônimo Boelsums Barreto Sansevero. Prof. Dr. - UFRRJ
(Membro Interno)


Renata da Costa Barreto. Profa. Dra. - FBDS
(Membro Externo)

*Dedico este trabalho à memória da minha grande
amiga Lislaine Sperandio. Engenheira florestal de
excelência, apaixonada pela Mata Atlântica.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família pela minha formação e apoio incondicional. Ao Lucas, meu companheiro, que tanto me inspira, motiva e apoia nas minhas escolhas profissionais e pessoais.

Aos meus amigos da UFRRJ, em especial os amigos do alojamento e colegas da engenharia florestal, que me acompanham e nutrem de discussões e experiências sempre enriquecedoras em tantos sentidos.

Aos colegas de trabalho no INEA e IEVA, pela parceria e troca de ideias, que tanto contribuíram para o desenvolvimento deste estudo.

Agradeço aos professores Ednaldo e Josiclêa, por me orientarem nesse desafio, pela atenção e dedicação em contribuir e valorizar este trabalho.

Aos membros da banca por aceitarem participar e contribuir nesta pesquisa.

Aos professores do PPGPDS e à Turma T10 pela formação e parceria.

Agradeço à Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro por me formar de tantas maneiras e por mais esta qualificação profissional.

Agradeço ao povo brasileiro, pela oportunidade do ensino gratuito de qualidade, a quem espero retornar meus conhecimentos com ações efetivas para contribuir com o desenvolvimento sustentável no nosso país.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

MEDEIROS, Amanda Ribeiro. **Adaptação Baseada em Ecossistemas para o Planejamento do Desenvolvimento Sustentável da Região Metropolitana do Rio de Janeiro na Perspectiva da Segurança Hídrica**. 2022. 55p. Dissertação (Mestrado em Práticas em Desenvolvimento Sustentável). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2022.

A Adaptação baseada em Ecossistemas (AbE) se refere ao uso dos serviços ecossistêmicos como estratégia de enfrentamento aos efeitos adversos da mudança do clima. As mudanças climáticas tendem a exercer, em maior ou menor escala, algum tipo de pressão em diferentes setores da sociedade, aumentando assim a demanda por soluções em questões globais como a pobreza, desenvolvimento econômico, crescimento populacional, desenvolvimento sustentável e gestão de recursos naturais. A capacidade de resposta a esses estímulos exige alto nível de coordenação e articulação por parte dos gestores e representantes de diferentes setores da sociedade no que se refere à tomada de decisão e construção de soluções bem pensadas, principalmente relacionadas à questão hídrica. No que tange a governança da água é fundamental convergir políticas e planejamento dos recursos hídricos e se estabelecer uma efetiva governança nas bacias hidrográficas. Neste contexto se insere esta pesquisa, que teve como objetivo principal aplicar a metodologia AbE para realizar o diagnóstico e a integração do risco climático no âmbito da região metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ). Metodologicamente este estudo adotou a abordagem da AbE, levando em consideração as orientações descritas na cartilha do Ministério do Meio Ambiente (MMA) para integração dos riscos climáticos no planejamento, que foi baseada no Guia de Políticas da OCDE. Inicialmente foi aplicada a lente climática através da leitura da literatura disponível para se obter dados e informações para a região de abrangência, a fim de avaliar o clima atual e como ele deve operar no futuro em relação à sustentabilidade dos ecossistemas. A partir das informações obtidas, foram identificados os riscos climáticos para segurança hídrica na RMRJ e, por conseguinte, elaborado o diagnóstico inerente. Posteriormente ao diagnóstico, foram determinadas as medidas necessárias para adaptar o sistema de interesse em relação às mudanças climáticas, de forma a reduzir os impactos potenciais evidenciados, seja diminuindo a exposição ou a sensibilidade do sistema frente a uma ameaça, ou ainda aumentando a sua capacidade adaptativa. A RMRJ não é autossuficiente em termos de produção de água, sendo assim, oferecer uma proposta de equacionamento desta situação, atuando de forma estratégica, se mostrou o grande desafio para gestão das águas na região. O estudo mostrou que a maneira de cumprir com esse objetivo é manejar as bacias hidrográficas em setores estratégicos, fortalecendo os ecossistemas que tem vocação para produzir serviços ambientais hídricos, de forma a gerar planejamento para a gestão sustentável da água. A RMRJ possui em seu território áreas com capacidade para produção e perenização da água. Estas áreas foram identificadas e setorizadas com vistas à recomendação de ações de manejo para AbE, utilizando a vegetação, através da restauração ecológica, como provedor de serviços ecossistêmicos com funções hídricas, no sentido de dotar a metrópole de capacidades para gerir os próprios recursos naturais, maximizando o aproveitamento dos serviços ecossistêmicos providos em seu território e contribuindo para a resiliência climática na RMRJ.

PALAVRAS-CHAVE: Adaptação baseada em Ecossistemas, Mudanças Climáticas, Desenvolvimento Sustentável, Governança Participativa, Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

ABSTRACT

MEDEIROS, Amanda Ribeiro. **Ecosystem-Based Adaptation for Sustainable Development Planning in the Metropolitan Region of Rio de Janeiro from a Water Security Perspective**. 2022. 55p.. Dissertation (Master in Practices in Sustainable Development). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2022.

Ecosystem-based Adaptation (EbA) refers to the use of ecosystem services as a strategy to face the adverse effects of climate change. Climate change tends to exert, to a greater or lesser extent, some kind of pressure on different sectors of society, thus increasing the demand for solutions to global issues such as poverty, economic development, population growth, sustainable development and natural resource management. The ability to respond to these stimuli requires a high level of coordination and articulation on the part of managers and representatives from different sectors of society with regard to decision-making and the construction of well-thought-out solutions, mainly related to the water issue. With regard to water governance, it is essential to converge policies and planning of water resources and to establish effective governance in hydrographic basins. In this context, this research is inserted, whose main objective was to apply the EBA methodology to carry out the diagnosis and integration of climate risk within the metropolitan region of Rio de Janeiro (RMRJ). Methodologically, this study adopted the EbA approach, taking into account the guidelines described in the Ministry of the Environment (MMA) booklet for integrating climate risks in planning, which was based on the OECD Policy Guide. Initially, the climate lens was applied by reading the available literature to obtain data and information for the region covered, in order to assess the current climate and how it should operate in the future in relation to the sustainability of ecosystems. From the information obtained, the climatic risks for water security in the RMRJ were identified and, therefore, the inherent diagnosis was elaborated. After the diagnosis, the necessary measures were determined to adapt the system of interest in relation to climate change, in order to reduce the potential impacts evidenced, either by reducing the exposure or sensitivity of the system to a threat, or even increasing its capacity adaptive. The RMRJ is not self-sufficient in terms of water production, therefore, offering a proposal to solve this situation, acting in a strategic way, proved to be the great challenge for water management in the region. The study showed that the way to achieve this objective is to manage hydrographic basins in strategic sectors, strengthening ecosystems that have a vocation to produce water environmental services, in order to generate planning for sustainable water management. The RMRJ has areas in its territory with capacity for water production and perpetuation. These areas were identified and divided into sectors with a view to recommending management actions for EbA, using vegetation, through ecological restoration, as a provider of ecosystem services with water functions, in order to provide the metropolis with capabilities to manage its own natural resources, maximizing the use of ecosystem services provided in its territory and contributing to climate resilience in the RMRJ.

KEYWORDS: Ecosystem-Based Adaptation, Climate Change, Sustainable Development, Participatory Governance, Metropolitan Region of Rio de Janeiro.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localização do cinturão verde metropolitano	05
Figura 2: Mapa de localização da RMRJ	06
Figura 3: Cenários de aquecimento adicional futuro	12
Figura 4: Distribuição geográfica dos cenários de aquecimento adicional futuro	12
Figura 5: Padrões de precipitação para os cenários de aquecimento adicional futuro	13
Figura 6: Dinâmica da estrutura da paisagem na Mata Atlântica brasileira	20
Figura 7: Mapa de localização das áreas não edificadas na RMRJ	32
Figura 8: Mapa de usos do solo predominantes na RMRJ	33
Figura 9: Mapa de localização das áreas selecionadas para ações de AbE na RMRJ	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Setorização das áreas selecionadas para AbE	39
Tabela 2: Avaliação geral dos setores para priorização das medidas de AbE.	40
Tabela 3: Recomendação das medidas de AbE	44
Tabela 4: Indicadores de monitoramento e avaliação das medidas de AbE	48

SUMÁRIO

RESUMO	VII
ABSTRACT	VIII
LISTA DE FIGURAS	IV
LISTA DE TABELAS	X
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
3 OBJETIVOS	25
3.1 Geral	25
3.2 Específicos	25
4 MATERIAL E MÉTODOS	26
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
6 CONCLUSÕES	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

1. INTRODUÇÃO

1.1. Adaptação Baseada em Ecossistemas (AbE)

A Adaptação baseada em Ecossistemas (AbE) se refere ao uso dos serviços ecossistêmicos como estratégia de enfrentamento aos efeitos adversos da mudança do clima. O conceito foi apresentado formalmente em 2009 na 10ª Conferência das Partes (COP10), promovida pela UNFCCC e realizada em Buenos Aires/Argentina, no contexto da Convenção das Nações Unidas sobre Diversidade Biológica (CDB). Trata-se de uma abordagem com foco nas pessoas, que visa aproveitar as oportunidades de conservação, recuperação e uso sustentável dos ecossistemas para a geração de serviços com vistas à redução da vulnerabilidade humana à mudança do clima (MMA, 2018).

Tal abordagem faz parte do conceito das Soluções Baseadas na Natureza (SbN), lançado pela União Internacional para Conservação da Natureza (IUCN) como um conceito guarda-chuva que inclui abordagens para o planejamento, gerenciamento e manejo dos recursos naturais com vistas à prestação de serviços ecossistêmicos a fim de mitigar os efeitos das mudanças climáticas ou adaptar os ecossistemas para fazer frente à esses desafios (FGV, 2017).

Dentro desse contexto, o Ministério do Meio Ambiente (MMA), numa Cooperação para o Desenvolvimento Sustentável Brasil-Alemanha, executou o Projeto Biodiversidade e Mudanças Climáticas na Mata Atlântica, e como consequência estabeleceu uma metodologia de aplicação da AbE enquanto instrumento de planejamento, gestão e ordenamento territorial. Tal metodologia tem origem na *Climate Proofing for Development* (CP4D), desenvolvida pela *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit* (GIZ) em coordenação com a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE).

O Projeto Biodiversidade e Mudanças Climáticas na Mata Atlântica teve como produto a cartilha “Integração da Adaptação baseada em Ecossistemas (AbE) no planejamento do desenvolvimento: Uma formação orientada para a prática, baseada no Guia de Políticas da OCDE”. A cartilha foi desenvolvida com a participação de membros do setor público, sociedade civil organizada e instituições de ensino e pesquisa, como parte de uma estratégia de desenvolvimento de capacidades em Avaliação Baseada em Ecossistemas (MMA, 2018).

1.2. Gestão do risco climático no contexto brasileiro

No Brasil, com o objetivo de promover a gestão e diminuição do risco climático no país, conforme determinação da Política Nacional sobre Mudança do Clima (Lei nº 12.187/09) e em consonância com o Plano Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), foi elaborado o Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (PNA). O documento foi realizado no âmbito do Grupo Executivo do Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima (GEx-CIM), entre os anos de 2013 e 2015. De acordo com o PNA, entende-se que a estratégia a ser implementada seja a integração da gestão do risco climático nos planos e políticas públicas setoriais, bem como nas estratégias de desenvolvimento nacional. Portanto, constitui-se num marco relevante na construção de políticas públicas e que pretende incentivar o desenvolvimento das ações do Brasil colaborativas ao esforço mundial de enfrentamento do desafio climático (MMA, 2015).

De encontro ao PNA, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) do Brasil, em parceria com o *Met Office Hadley Centre* (MOHC) do Reino Unido desenvolveram o projeto Riscos das Mudanças Climáticas no Brasil (DCC, na sigla em Inglês). O objetivo foi fornecer evidências científicas das mudanças climáticas e seus possíveis impactos no Brasil, na América do Sul e também num cenário global para aplicação em estudos de vulnerabilidade e adaptação, além de apoiar o desenvolvimento do Brasil nas negociações internacionais na temática das mudanças climáticas. Três contribuições importantes foram obtidas a partir deste projeto, a saber: (i) geração de conhecimento dentro do Brasil para respaldar avaliações de mudanças climáticas para elaboração de políticas; (ii) avaliação dos riscos dessas mudanças no país e geração de dados para as negociações e convenções internacionais; e (iii) o aumento na colaboração científica na avaliação dos impactos das mudanças climáticas em setores chave da sociedade e da economia (INPE, 2011).

Outro importante esforço para o planejamento e gestão do risco climático no Brasil vem acontecendo através dos Planos Municipais de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica (PMMA), introduzidos pela Lei 11.428 de janeiro de 2006, conhecida como Lei da Mata Atlântica e regulamentados pelo Decreto nº 6.660 de 21 de novembro de 2008. O Projeto Biodiversidade e Mudanças Climáticas na Mata Atlântica do Ministério do Meio Ambiente promoveu a elaboração dos PMMA do Mosaico Central Fluminense. Uma característica essencial do referido projeto é promover a conservação e recuperação da Mata Atlântica na região em estudo sob a perspectiva da mudança climática e a inclusão da Adaptação Baseada em Ecossistema (AbE) no planejamento territorial (MMA, 2020).

1.3. Mata Atlântica e o potencial da restauração florestal no Brasil

O Brasil está entre os 50 países comprometidos com o Desafio de Bonn e com a Declaração de Nova York que se somam para o alcance da meta de restauração florestal de 350 milhões de hectares até 2030. Essa meta, que visa promover os benefícios da restauração florestal, ainda esbarra no importante entrave de se decidir onde implementar os esforços de restauração (WRI, 2019).

Segundo estudo intitulado “Oportunidades de restauração global em paisagens de floresta tropical” (BRANCALION et al., 2019), esse desafio se deve ao fato dos esforços de restauração ocorrerem num contexto de intensa competição pelo uso da terra. Para tanto, tona-se urgente identificar oportunidades de restauração, através da indicação de áreas que combinem alto potencial de benefícios socioambientais, através da prestação de serviços ecossistêmicos, com alta viabilidade de restauração, direcionando os esforços para resultados mais econômicos e que tornem o investimento mais atrativo para investidores e tomadores de decisão.

Partindo desse princípio, Brancalion et al. (2019) buscaram identificar áreas prioritárias para restauração em nível global. No Brasil, os resultados apontam o protagonismo da Mata Atlântica, identificando o bioma como o maior *hotspot* de restauração em todo o mundo. A classificação considerou critérios de avaliação como o estado de conservação da biodiversidade, com foco na presença de espécies vulneráveis; capacidade de captura de carbono; capacidade de resiliência e adaptação à mudança climática e potencial para garantir a qualidade e quantidade da água. Além disso, critérios econômicos de avaliação, como custo de oportunidade da terra, risco de investimento e taxa de sobrevivência das áreas restauradas também foram considerados. Esses resultados evidenciam a grande oportunidade para o Brasil de atrair investimentos e obter benefícios econômicos e ecológicos, através da restauração florestal.

1.4. Rio de Janeiro e a Região Metropolitana

Segundo dados do Projeto Biodiversidade e Mudanças Climáticas na Mata Atlântica, a área ocupada pelo bioma Mata Atlântica é a mais densamente habitada no Brasil, concentrando mais de 70% da população do país, além de abrigar mais de 70% do PIB nacional, o que gerou uma grande pressão por exploração dos recursos naturais e forte urbanização, e na grande maioria das vezes de forma desordenada (MMA, 2018).

Localizada neste domínio está o estado do Rio de Janeiro, que conta com grande capital natural, tanto no âmbito estadual como também em sua região metropolitana, além de um histórico de boas práticas em SbN, como o bem sucedido Programa Mutirão Reflorestamento, executado pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente do Rio de Janeiro, que há 20 anos vem ampliando a cobertura vegetal em regiões da cidade e que apresenta grande potencial para ganhar escala, além dos reflorestamentos das florestas da Tijuca, iniciados em 1861 e que deram origem ao Parque Nacional

da Tijuca em 1961.

Em artigo intitulado “Rio de Janeiro: dando escala a soluções verdes urbanas”, o pesquisador e professor Fabio Rubio Scarano (UFRJ) destacou a relevância do cinturão verde metropolitano e sua atuação tamponante, favorecendo que determinados serviços ecossistêmicos sejam cumpridos (SCARANO, 2021). A localização e abrangência da vegetação que constitui esse cinturão podem ser visualizadas no mapa abaixo (Figura 1).

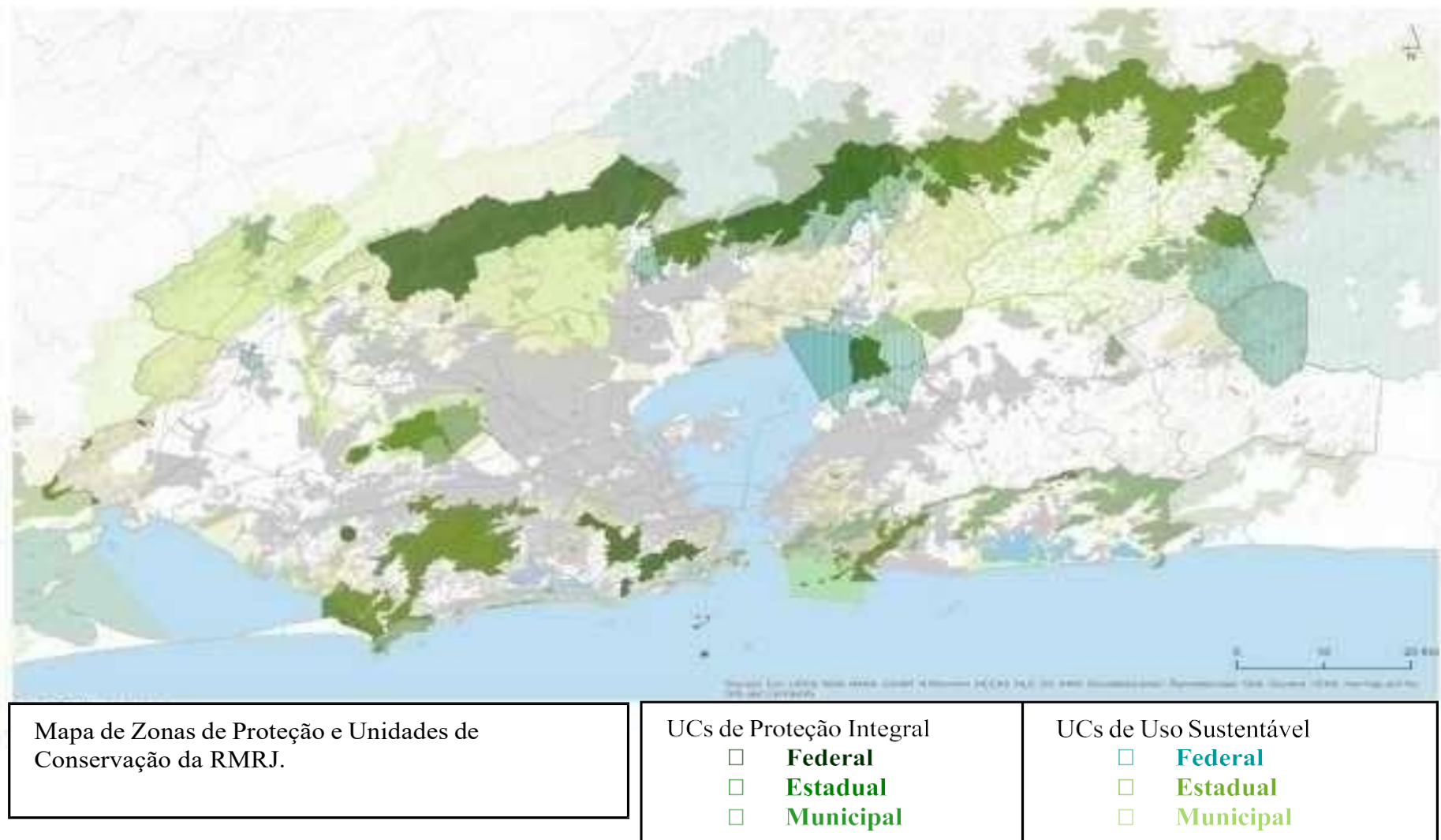


Figura 1: Mapa de localização do cinturão verde metropolitano. Fonte: PDUI (2018).

Cabe destacar que a Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), criada em 1974 pela Lei Complementar nº 20, é composta por 21 municípios e ocupa uma área de 6,7mil km². A Lei Complementar nº 158 de dezembro de 2013 estabeleceu que a RMRJ seria composta pelos municípios de Belford Roxo, Cachoeiras de Macacu, Duque de Caxias, Guapimirim, Itaboraí, Itaguaí, Japeri, Magé, Maricá, Mesquita, Nilópolis, Niterói, Nova Iguaçu, Paracambi, Queimados, Rio Bonito, Rio de Janeiro, Seropédica, São Gonçalo, São João de Meriti e Tanguá (CMRJ, 2018), conforme mostra o mapa abaixo (Figura 2).

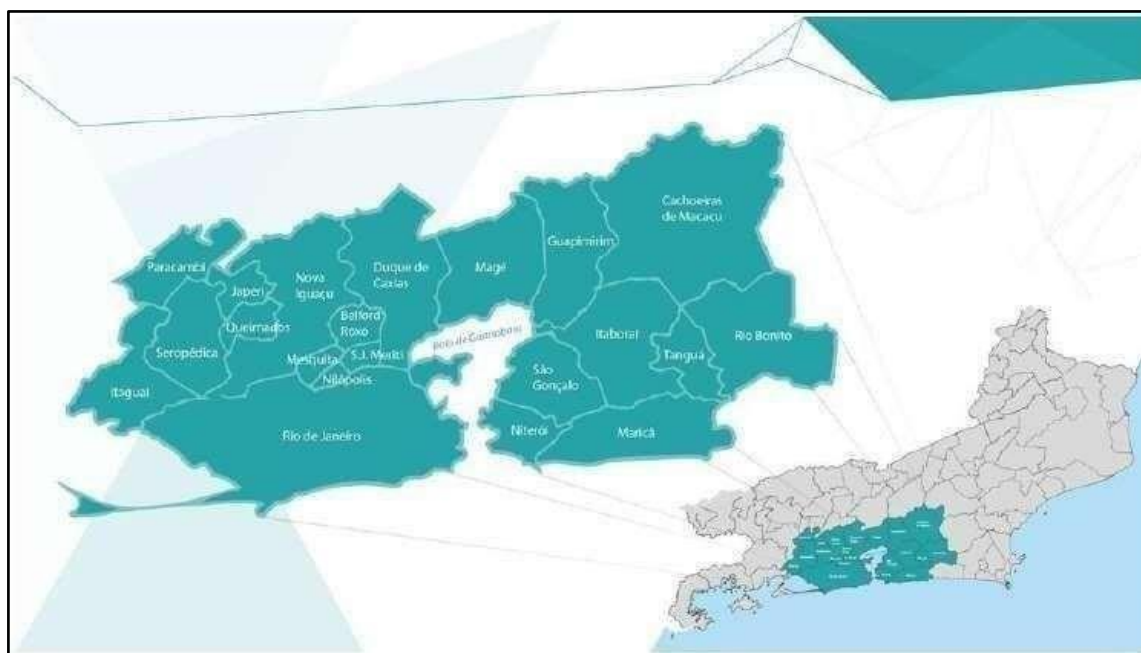


Figura 2: Mapa de localização da RMRJ. Fonte: PDUI (2018).

De acordo com os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2017, a RMRJ contava com 12,4 milhões de habitantes, sendo a segunda maior região metropolitana do Brasil, concentrando 74% de toda a população do estado do Rio de Janeiro e contabilizando um Produto Interno Bruto da ordem de 400 bilhões de reais, cerca de 64% do PIB do estado de Rio de Janeiro. Trata-se do segundo maior pólo econômico do Brasil, perdendo apenas para a metrópole de São Paulo. Apesar desses ativos naturais e sociais, a RMRJ é caracterizada por desigualdades em seu território, no que diz respeito à oferta de infraestruturas, bens e serviços. Somado a isso, a especulação imobiliária sem controle do Estado e a ausência de políticas públicas habitacionais e de uso e ocupação do solo contribuem ainda mais para o agravamento da vulnerabilidade da população, em especial aquela de baixa renda concentrada nas periferias (CMRJ, 2018).

Neste contexto, o Plano Estratégico de Desenvolvimento Urbano Integrado (PDUI), elaborado pela Câmara Metropolitana do Rio de Janeiro (CMRJ), aponta que a RMRJ apresenta enorme fragilidade hídrica, devido a problemas de intermitência na distribuição de água, dependência extrema do rio Paraíba do Sul, importando água através de projetos de transposições de bacias e falta de alternativas de abastecimento e armazenamento. Além disso, o déficit da capacidade de condução das águas pluviais resultano aumento de alagamentos por falta de previsão de um espaço adequado para armazenamento temporário dessas águas (CMRJ, 2018).

1.5. O Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (PDUI/RMRJ)

Em 2015, com a instituição do Estatuto da Metrópole, por meio da Lei 13.089 de 12 de janeiro de 2015, ficou estabelecido que as regiões metropolitanas do Brasil deveriam elaborar, até o ano de 2018, um Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado (PDUI). No estado do Rio de Janeiro, tal planejamento deu origem ao PDUI/RMRJ conduzido pela Câmara Metropolitana do estado do Rio de Janeiro, com financiamento do Banco Mundial. O documento apresenta estratégias e instrumentos que visam orientar as decisões governamentais até 2040 (CMRJ, 2018).

A metodologia proposta pelo PDUI se constitui em seis eixos estruturantes: expansão econômica, valorização do patrimônio natural e cultural, mobilidade, habitação e equipamentos sociais, saneamento e resiliência ambiental, reconfiguração espacial e centralidades. Permeando os temas centrais, foi criado o eixo Gestão Pública como tema transversal para o planejamento das ações. A partir da divisão dos eixos foram estruturados cenários e Programas de Ações Prioritárias (PAPs) dotadas de instrumentos de implementação e Programas Complementares que orientam a visão de futuro da RMRJ. As diferentes etapas para elaboração do PDUI também contaram com metodologia participativa, através da realização de encontros, eventos, materiais informativos e consultas públicas com participação de diferentes setores da sociedade nos 21 municípios integrantes (CMRJ, 2018).

1.6. Governança metropolitana e mudança do clima: Desafios para a adaptação climática na RMRJ

O caráter participativo do PDUI é fundamental para a estruturação do processo de governança metropolitana. De acordo com o documento, o projeto determina a criação de instituições de governança, entre elas, um Conselho Deliberativo, composto pelo

Governador do Estado e pelos prefeitos dos 21 municípios da região e um Conselho Consultivo, do qual participam 45 membros, sendo nove do executivo, nove do legislativo, nove da sociedade civil, nove de associações de classe e nove do setor privado. Também está prevista a criação de uma Agência Metropolitana para orientar e prestar suporte na execução das decisões tomadas (CMRJ, 2018).

Strandenaes (2014) destacou a importância da governança participativa para incorrer e estabelecer a legalidade e legitimar processos de construção na sociedade, aplicar os princípios de justiça e estado de direito e responder de forma operacional às demandas gerais da democracia. Tais princípios oferecem às pessoas o respeito, envolvimento e senso de propriedade por meio da participação, necessários para dar credibilidade às decisões, planos e implementações. A governança, sendo a soma das muitas maneiras em que os indivíduos e instituições gerenciam suas relações, passa a incluir ações cooperativas na tomada de decisões quando tais agentes percebem seus interesses comuns e passam a formar arranjos no sentido de fazer cumprir conformidades, direitos e objetivos. Ainda segundo o autor, mudanças climáticas tendem a gerar uma pressão por planejamento estratégico em escala local e regional.

Consequentemente, as cidades terão que se preparar para lidar com os impactos de eventos extremos advindos das mudanças do clima. Ou seja, municípios que já sofrem com eventos de enchentes, estiagens e movimento de massa, terão que se posicionar estrategicamente diante de um agravamento desses fenômenos. Tal posicionamento requer não só uma articulação profunda entre instituições, mas também um engajamento da população para aderir às ações de planejamento adotadas. Isto porque as medidas de enfrentamento e adaptação implicam numa mudança de comportamento que envolve modificações nos padrões de uso e ocupação da terra, deslocamento de populações, medidas restritivas de construção em áreas irregulares e aplicação de recursos em áreas que precisam ser melhor compreendidas, como investimento em tecnologias para conservação e recuperação ambiental. Portanto, sem a participação e apoio da população, essas medidas podem ser inviabilizadas.

Em trabalho análogo ao de Strandenaes (2014), o sociólogo e cientista político Sergio Abranches, em seu estudo intitulado “Clima, Governança e Democracia: Fundamentos domésticos da governança global do clima” defende que, apesar do enorme desafio que se apresenta, investir no fortalecimento de uma boa governança participativa é o caminho para viabilizar a solução de demandas não apenas recentes, como as mudanças climáticas globais, mas também reduzir vulnerabilidades, como a pobreza, falta de inclusão social, baixa escolaridade, tragédias ambientais relacionadas à moradia irregular, entre outras.

Assim, a mudança de percepção advinda da consolidação da boa governança participativa geraria uma reconfiguração de interesses que pode permitir uma nova visão de futuro orientada para o entendimento da viabilidade de mercados sustentáveis, economias de gastos públicos com

infraestruturas reparadoras de danos e emergências de saúde pós- desastres ambientais, mudanças na matriz energética, saindo do cenário de dependência de apenas uma fonte geradora e surgimento de novas cadeias produtivas baseadas numa economia de baixo carbono. Nesse contexto, países como o Brasil apresentam grande potencial de capital natural capaz de sustentar uma nova economia orientada para este novo cenário (ABRANCHES, 2010).

Ao encontro da construção da boa governança participativa, Strandenaes (2014) cita a importância da educação para sustentabilidade. Segundo ele, principalmente no que tange a governança para lidar com a mudança do clima, a educação para sustentabilidade constitui recurso imprescindível, uma vez que, é a ferramenta capaz de construir uma sociedade civil organizada, capaz de se mobilizar, compreender e expressar suas demandas. Em se tratando de mudanças climáticas e seus impactos na sociedade, a compreensão de aspectos físicos, fenômenos da natureza e a necessidade de mudança de hábitos e padrões de consumo é essencial. Nesse sentido, a educação é elemento central para direcionar novações e posicionamentos políticos e também para qualificação dos atores sociais para lidar com questões socioambientais. Isto é de extrema importância num cenário em que a governança tende ou precisa ser cada vez mais descentralizada e cresce o protagonismo e responsabilidade das lideranças locais.

Portanto, no que tange a governança da água, é fundamental convergir políticas e planejamento dos recursos hídricos e outros setores e se estabelecer uma efetiva governança nas bacias hidrográficas. De forma geral, a percepção de abundância de água no Brasil não contribui para o envolvimento dos diferentes setores e níveis do governo na gestão do risco climático e crises hídricas a ele associadas. Tal percepção ignora problemas como poluição da água, conflitos entre demanda e disponibilidade, principalmente para atender às grandes áreas metropolitanas. Nesse sentido, a atuação coordenada dos diferentes setores do governo e a integração de políticas públicas permite não só o compartilhamento dos benefícios, como também a otimização de investimentos, evitando possíveis conflitos de planejamento (ANA, 2016).

1.7. Justificativa

Este estudo adotou a abordagem da Adaptação Baseada em Ecossistemas (AbE), em conformidade com as orientações descritas na cartilha do MMA para abordagem da AbE no planejamento, baseada no Guia de Políticas da OCDE. Isso se justifica porque este documento é oferecido como material de referência, na perspectiva de que as experiências adquiridas possam contribuir no processo de adaptação à mudança do clima no país, temática que possui grande relevância atualmente.

A opção pela metodologia da AbE se deve à perspectiva da Avaliação Baseada em Ecossistemas de entregar soluções efetivas para demandas globais utilizando a natureza e fornecer benefícios a partir de ecossistemas bem manejados, além do respeito ao direito das comunidades sobre os recursos naturais. De forma geral, a Adaptação Baseada em Ecossistemas, assim como as demais estratégias em Soluções Baseadas na Natureza (SbN), também se destacam por apresentar boa relação custo efetividade, além da possibilidade de atrelar fontes de financiamento tanto públicas como privadas (FGV, 2017).

Em vista do exposto acima, o presente estudo propõe a aplicação da metodologia proposta da AbE no contexto da região metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), corroborando com os objetivos metropolitanos de desenvolvimento propostos no Plano Estratégico de Desenvolvimento Urbano Integrado (PDUI).

Portanto, este trabalho vem contribuir, em complementação ao importante esforço do PDUI, com o aumento na capacidade de resposta e na redução das vulnerabilidades das populações e ecossistemas aos efeitos adversos esperados para a RMRJ, tendo em vista que o Brasil um dos impactos esperados da mudança do clima é o aumento da frequência da ocorrência de eventos extremos, tais como enchentes e secas com efeitos diretos sobre a segurança hídrica (MMA, 2015).

Neste sentido, o estudo parte da hipótese de que existe a necessidade de se aplicar a perspectiva da mudança do clima no diagnóstico da RMRJ, a fim de que se promova a integração do risco climático, associado à segurança hídrica, no planejamento do desenvolvimento da RMRJ.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Panorama das mudanças climáticas e implicações para o Brasil

Em agosto de 2021 foi publicado o sexto relatório de avaliação do grupo de trabalho Ido IPCC WGI-AR6, abordando, a partir das bases de dados das ciências físicas mais atualizadas, a compreensão do sistema climático e das mudanças climáticas em escala global e regional.

Segundo o relatório, como efeito das emissões antropogênicas, o Planeta se aqueceu em média $1,1^{\circ}\text{C}$, com efeitos mais fortes sob o continente ($1,6^{\circ}\text{C}$). Os gases geradores de efeito estufa (GEEs) contribuíram com $1,59^{\circ}\text{C}$ de aquecimento e as contribuições naturais foram menores que $0,1^{\circ}\text{C}$, com os aerossóis contribuindo com um resfriamento de $0,5^{\circ}\text{C}$. Ouseja, o aquecimento associado aos GEEs está sendo parcialmente atenuado pelo resfriamento provocado pelos aerossóis, que estão mascarando 1/3 do aquecimento já realizado. A proporção de CO_2 absorvida pelos oceanos e ecossistemas terrestres também está diminuindo com o aumento das emissões. Enquanto no estágio atual, oceanos e ecossistemas terrestres absorvem 70% das emissões, no futuro, podem absorver somente 38%, acelerando o aquecimento. Além disso, eventos extremos de calor terão um aumento de 39,2 vezes em sua frequência (IPCC, 2021).

Esses dados confirmam que as atividades humanas são impulsionadoras das mudanças climáticas, tornando eventos climáticos extremos, como ondas de calor, chuvas fortes e secas, mais frequentes e severas. Ou seja, a mudança climática já estaria afetando todas as regiões do Planeta, de muitas maneiras, e terão seus efeitos intensificados com o aquecimento adicional (IPCC, 2021).

Para gerar esse relatório, o IPCC selecionou cinco cenários de emissões futuras associadas à estratégias socioeconômicas: 2 deles Cenários bastante otimistas (SSP1-1.9 e SSP1-2.6); 2 deles cenários de emissões médias (SSP2-4.5 e SSP3-7.0) e 1 cenário, considerado pessimista, que mantém o estilo de vida atual (SSP5-8.5). Os cenários são baseados em emissões de metano, óxido nitroso (relacionado ao uso de fertilizantes agrícolas), e aerossóis (que mascaram 1/3 do aquecimento). Os resultados estão apresentados nos gráficos abaixo (Figura 3).

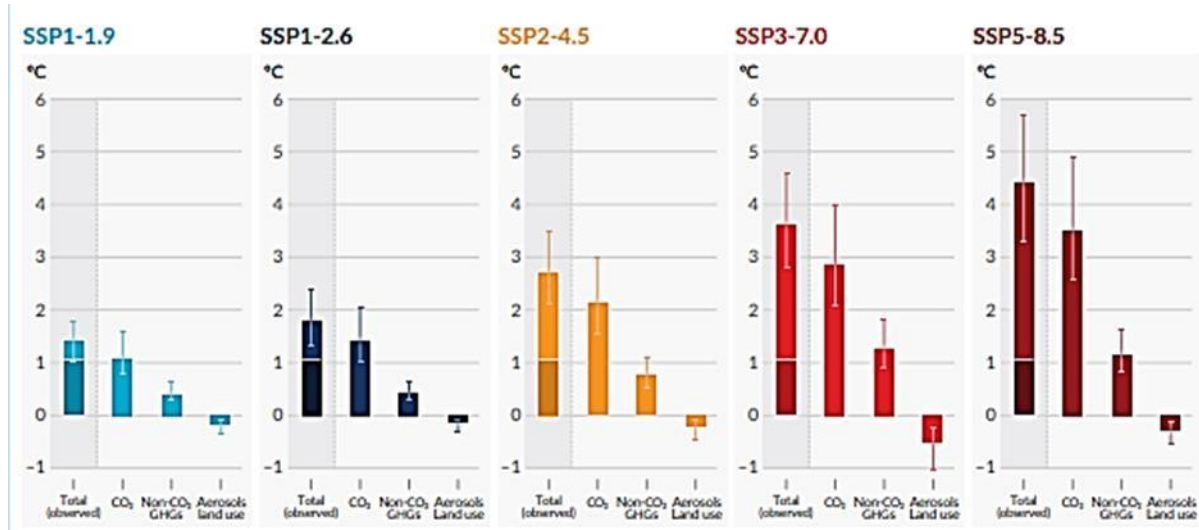


Figura 3: Cenários de aquecimento adicional futuro. Fonte: IPCC (2021).

Na análise da distribuição geográfica do aumento do aquecimento observa-se que, no cenário de aumento de 2°C, o Brasil pode ter um aumento entre 3° e 3,4°C, enquanto no cenário de aumento de 4° o aumento no aquecimento ficaria entre 5° e 5,6°, conforme consta na representação mostrada na Figura 4.

Simulação da distribuição geográfica do aumento do aquecimento

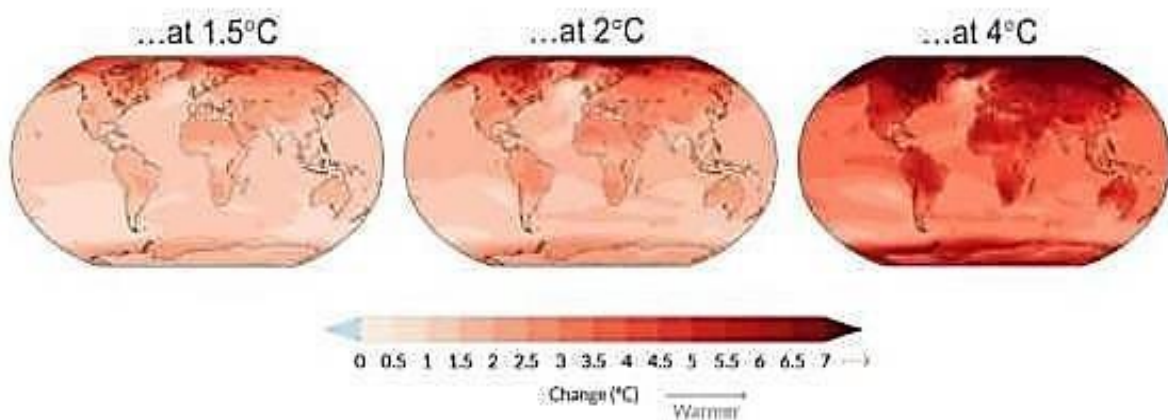


Figura 4: Distribuição geográfica dos cenários de aquecimento adicional futuro. Fonte: IPCC (2021).

Em relação à precipitação, o relatório ressalta que, globalmente, a chuva nos continentes aumentou desde 1950, mas algumas regiões sofreram significativa redução no regime de chuvas (Figura 5). Eventos extremos de precipitação que acontecem a cada 10 anos, agora podem acontecer a cada 3 anos. Todos os cenários do IPCC colocam que o Brasil vai se tornar uma região mais seca, com redução de 10 a 20% no padrão de precipitação, com impactos também na umidade do solo.

Simulação das alterações nos padrões de precipitação, devido ao aumento no aquecimento

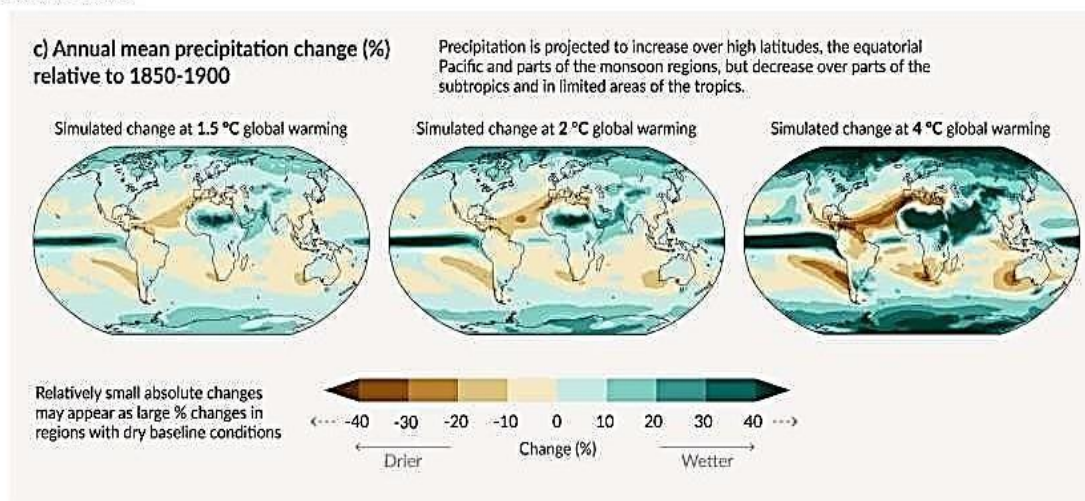


Figura 5: Padrões de precipitação para os cenários de aquecimento adicional futuro. Fonte: IPCC (2021).

No que tange a elevação do nível médio do mar, foi observado o aumento de 0,20m entre 1901 e 2018. A taxa de aumento foi de 1,35mm/ano, entre 1901 e 1990, aumentando para 3,7mm/ano entre 2006 e 2018. As projeções de aumento do nível do mar são de 0,5m à 1m até 2100, com potencial de aumento de até 15m em 2300 (IPCC, 2021). Neste sentido, o Brasil por possuir extensa área litorânea apresenta grande vulnerabilidade.

Consequentemente, o aumento na frequência e intensidade de eventos relacionados às mudanças climáticas no Brasil coloca em risco a segurança hídrica no país com efeitos diretos e indiretos para a segurança alimentar e energética nacional.

Isto porque, de acordo com o relatório sobre a segurança hídrica no Brasil, elaborado pela Agência Nacional de Águas (ANA) em parceria com a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), em 2020, 1,1 milhão de pessoas foram afetadas por inundações e cerca de 15 milhões por secas, tendo como importante impacto indireto, a alta de preços dos alimentos. Além disso, o esgotamento dos reservatórios hidrelétricos, iniciado em 2013, colocou em risco o fornecimento de energia para cerca de 213 milhões de pessoas em nosso país, pois cerca de dois terços da eletricidade provém da energia hidroelétrica. Além disso, a pandemia do COVID-19 evidenciou importantes lacunas na gestão e infraestrutura dos recursos hídricos e saneamento no Brasil, tendo em vista que mais de 100 milhões de pessoas no país não têm acesso a saneamento seguro, enquanto 21,6 milhões usam instalações sanitárias inadequadas (ANA, 2021).

O rápido crescimento populacional e a urbanização no Brasil também afetaram o desenvolvimento da infraestrutura hídrica. De acordo com estudo da Agência Nacional de Águas, em 1970, do total de 93 milhões de habitantes, 51 milhões viviam em áreas urbanas. Já em 2010, de 190 milhões de pessoas, 160 milhões viviam em centros urbanos ou próximos ao litoral. Cerca de 15 milhões de brasileiros que vivem em áreas urbanas não têm acesso à água potável protegida de contaminação externa e disponível em casa, enquanto que nas áreas rurais seriam cerca de 30% da população (7,8 milhões de habitantes) sem acesso à água gerida de forma segura. Estima-se que até 2040, devido ao crescimento populacional, a demanda de água deverá crescer 43,5% em relação a 2017, representando um aumento de 4,337 bilhões de m³ (ANA, 2021).

Em relação ao esgoto não tratado observou-se que reduziu 13% em 10 anos, saindo de 62,2% em 2010, para 59,2% em 2014 e 49,2% em 2020. No entanto, altas concentrações de DBO (parâmetro usado para verificar a eficiência na decomposição da matéria orgânica) são encontradas em rios que atravessam grandes centros urbanos, que recebem grandes cargas de poluição orgânica de efluentes não tratados e poluição difusa. Altas concentrações de DBO indicam baixa eficiência na decomposição da matéria orgânica. No geral, 95,2 milhões de pessoas carecem de serviços de saneamento adequados. Além disso, 21,6 milhões utilizam instalações sanitárias inadequadas, enquanto que 2,3 milhões usam fontes de água inseguras para consumo humano, higiene pessoal e doméstica. Também foi enfatizado que a falta de acesso é especialmente aguda em periferias urbanas, assentamentos informais e favelas, onde vivem aproximadamente 13 milhões de brasileiros (ANA, 2021).

2.2. Variabilidade e riscos climáticos associados à RMRJ

No caso específico da RMRJ, compreendida por duas baías e com uma área costeira de mais de 200 quilômetros quadrados lineares, os efeitos previstos em decorrência do aumento do aquecimento global para zonas costeiras pode causar perdas inestimáveis em seu patrimônio ambiental, cultural e social, com impactos na economia (CMRJ, 2018). Neste contexto, deve ser ressaltado o Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (PNA), instituído em 10 de maio de 2016, que é um instrumento elaborado pelo Governo Federal em colaboração com a sociedade civil, setor privado e governos estaduais com objetivo de promover a redução da vulnerabilidade nacional à mudança do clima e realizar uma gestão do risco associada a esse fenômeno. Na elaboração do PNA foram considerados 11 setores, dentre eles as zonas costeiras.

Cabe ressaltar que o referido documento considera que a RMRJ possui alto grau de vulnerabilidade por abrigar um dos mais importantes polos petroquímicos do país, com a existência de uma intrincada rede de refinarias, unidades de produção de gás natural, dutovias, campos de exploração offshore e portos. Além disso, dos estados brasileiros, o Rio de Janeiro é o que apresentaria a mais alta relação entre população exposta aos riscos da mudança do clima e população total, com uma taxa de 78%, o que equivale a um contingente de 11.194.150 habitantes, sendo aproximadamente cinco milhões na capital (PNA, 2016).

O PDUI da RMRJ, em seu item sobre mudanças climáticas, afirma que o grande problema a ser enfrentado nesta região estaria relacionado principalmente à fragilidade da segurança hídrica, o que remete, de forma direta, à falta de resiliência do sistema. Segundo o PDUI, a dependência do rio Paraíba do Sul como única fonte de abastecimento diminui a capacidade de reação, em caso de falha na segurança hídrica da Região. Tal fragilidade pode ser explicada tanto pela dependência das águas do Paraíba do Sul, quanto pela falta de preservação de água bruta, comprometendo a qualidade da água.

Adicionalmente, o documento acima citado confirma que os atuais sistemas de abastecimento não são capazes de atender às demandas futuras, apontando para a necessidade de busca por novas fontes de captação e de ampliação dos sistemas atuais. Por exemplo, a falta de preservação é uma das causas da limitação hídrica enfrentada pelos municípios e traz como consequência a intermitência do serviço de abastecimento de água, comprometendo a confiabilidade no atendimento e a garantia de segurança hídrica (CMRJ, 2018).

Outro ponto destacado e reconhecido no diagnóstico do PDUI é a intensificação doseventos extremos de cheias, que aponta a preocupação com o comprometimento do funcionamento da rede de drenagem, com a produção de vazões maiores do que as projetadas. O incremento dos volumes pluviométricos afeta também as redes de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, além de intensificar os processos erosivos e de lixiviação, gerando aumento da turbidez e consequente comprometimento da produção de água tratada. Em casos mais extremos, estruturas de vertimento de reservatórios podem ser superadas e barragens podem ser rompidas comprometendo suas estruturas. Além disso, maiores e mais frequentes inundações podem também espalhar resíduos sólidos pelas áreas alagadas, comprometer a saúde pública e contribuir para a degradação tanto do ambiente natural, quanto do construído (CMRJ, 2018).

Ainda no que tange aos eventos de inundação, o PDUI destaca a grande vulnerabilidade da Baixada Fluminense, uma vez que, os Rios Meriti, Sarapuí, Iguaçu e Saracuruna apresentam vazões máximas consideráveis, com inúmeros afluentes e com grande parcela de sua área de contribuição localizada em terrenos planos, baixos e bastante urbanizados. Assim, a sobrelevação nos níveis de água da foz desses rios poderá resultarem severos transtornos para milhares de domicílios, impactando Estações de Tratamento de Esgoto, Estações de Transbordo de Resíduos ou Estações de Tratamento de Água localizadas em áreas de risco de inundação, causando perdas físicas e o colapso da infraestrutura de saneamento e abastecimento (CMRJ, 2018).

Em relação aos efeitos previstos pela elevação do nível médio dos mares, o PDUI destaca os danos relacionados a eventuais transtornos causados por ressacas marítimas, aumento dos limites de influência de maré e do limite de intrusão salina, seja nos cursos de água superficiais ou subterrâneos. De acordo com o diagnóstico, a intrusão salina pode contribuir para a redução da disponibilidade hídrica, especialmente no que se refere às captações industriais diretamente em corpos de água doce com influência do mar. Já as captações de água para abastecimento em rios próximos ao mar estarão sujeitas à intrusão salina, com destaque para a região industrial de Itaguaí e Santa Cruz, próximas à Baía de Sepetiba.

A qualidade da água subterrânea extraída em alguns pontos da RMRJ também pode ser severamente comprometida, considerando-se a interação das redes pluviais e de esgoto, uma vez que, os remansos provocados pelo aumento do nível médio do mar poderão gerar refluxos de esgotos em domicílios, pressões internas elevadas nos coletores, trabalho excessivo das estações elevatórias, sobrecarga hidráulica das Estações de Tratamento e comprometimento dos processos biológicos de tratamento de esgoto pela salinização (CMRJ, 2018).

Segundo dados dos Planos Municipais de Recuperação e Conservação da Mata Atlântica (PMMA) dos municípios da RMRJ pertencentes ao Mosaico Central Fluminense, para a RMRJ as modelagens regionalizadas dos cenários climáticos do INPE até 2070 indicam aumento de temperatura de até 2,3°C para os meses de verão e inverno, no cenário otimista. No cenário pessimista,

este valor de temperatura alcança até 3,4°C no verão e 3,6°C no inverno. As chuvas devem sofrer redução em até 41% de seu volume, segundo o cenário pessimista e até 26% no cenário otimista até 2070, nos meses de verão. Nos meses de inverno a previsão de redução é menor e remonta até 17% no cenário pessimista, e até 13% no cenário otimista, sendo que a redução da chuva nas áreas montanhosas é menor (MASTERPLAN, 2021).

Em relação aos dias secos consecutivos, as projeções indicam aumento de até 14 dias consecutivos sem chuvas por ano (estiagens prolongadas), no cenário pessimista, e até 12 dias consecutivos, no cenário otimista, significando na prática, menos volume de chuvas com pior distribuição (menos chuvas fracas), podendo alcançar até 70 eventos/ano durante o ano. A combinação entre menor volume precipitado e pior distribuição durante o ano, potencializa os efeitos de aumento do calor e redução das chuvas, combinação esta que fragiliza os ecossistemas menos resilientes, reduz a ofertas de seus serviços ecossistêmicos, assim como suas capacidades adaptativas (MASTERPLAN, 2021).

No que tange à elevação do nível do mar, se observou um aumento de 3,6 mm por ano entre 2006 e 2015. Essa velocidade de aumento pode chegar a 15 mm por ano em 2100, considerando o cenário mais pessimista. A média das novas projeções aponta aumento de até 0,85 m na média global até 2100, no pior cenário de emissões, e até 0,48 m no cenário mais otimista, segundo relatório do IPCC em 2019. É importante lembrar que esses valores são a média de várias modelagens e que a elevação do nível do mar pode mudar em função da região, mas não existem modelagens regionais para o Brasil, carecendo ainda de dados precisos que representem os ecossistemas locais (MASTERPLAN, 2021).

2.3. Infraestrutura verde para segurança hídrica no Brasil

O relatório intitulado “Promovendo a resiliência hídrica no Brasil: Transformando estratégia em ação”, elaborado pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2021) em parceria com a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) apontou que, para lidar com incertezas futuras devido aos efeitos das mudanças climáticas, é necessário que o país mude sua perspectiva de planejamento, saindo de uma abordagem baseada em risco para uma abordagem baseada na construção da resiliência climática. Para tanto, é fundamental que o Brasil aproveite sua vasta infraestrutura verde como alternativa para o enfrentamento do desafio da segurança hídrica, gerando resultados positivos para a qualidade da água, ecossistemas e gerenciamento de riscos.

Além disso, o relatório acima destacou a necessidade de superar uma abordagem baseada em investimentos em grandes infraestruturas convencionais, indicando medidas para maior segurança hídrica fundamentada na combinação de infraestrutura cinza e verde, gestão de riscos e resiliência, com uma visão integrada em relação ao meio ambiente, desenvolvimento territorial e uso da terra.

Neste sentido, a AbE desempenha um papel fundamental em resposta às pressões sobre os recursos hídricos e no aumento da segurança hídrica, tendo em vista que estas pressões continuarão a aumentar nas próximas décadas devido principalmente às mudanças demográficas, crescimento urbano e econômico, poluição, mudanças no uso da terra, degradação dos ecossistemas e mudanças climáticas.

O relatório (ANA/OCDE) ressaltou ainda que com investimentos em infraestruturas verdes na conservação das bacias hidrográficas, 700 milhões de pessoas poderiam receber água de melhor qualidade, e as concessionárias de água poderiam economizar US\$ 890 milhões por ano em custos de tratamento de água. Além disso, ficou evidente que a conservação de bacias hidrográficas pode ser particularmente relevante para cidades de baixa renda que não podem arcar com os custos de capital e operação e manutenção das infraestruturas convencionais, uma vez que as infraestruturas verdes podem ser significativamente mais econômicas, quando bem aplicadas (ANA, 2021).

Assim, a AbE na medida em que utiliza infraestruturas verdes estrategicamente planejadas e gerenciadas para fornecimento de serviços ecossistêmicos, passa a ser parte da resposta aos desafios hídricos, oferecendo soluções para os principais riscos que determinam a segurança hídrica urbana, sendo elas as secas, inundações, poluição e resiliência dos ecossistemas.

No caso do Brasil, como visto em 2021, inundações e secas podem ocorrer simultaneamente em diferentes partes do país, impactando a confiabilidade da infraestrutura hídrica, gerando tensões entre os usuários e insegurança em diferentes setores da economia e sociedade.

Tal perspectiva corrobora com a necessidade de abordar a administração das águas pluviais, através do manejo das bacias hidrográficas, como estratégia para reorganização dos escoamentos nas bacias e armazenamento das águas pluviais na paisagem, de forma a não sobrecarregar o sistema de drenagem que, no contexto das mudanças climáticas, tende a perder capacidade de condução e descarga.

2.4. Estado de conservação da Mata Atlântica e implicações para a AbE

O conhecimento do estado e demandas de conservação da cobertura de florestas nativas é fundamental para o entendimento de como planejar o manejo da floresta com vistas à manutenção e aumento dos serviços ecossistêmicos a ela associados. A iniciativa MapBiomias quantificou anualmente de 1990 a 2017 a dinâmica da cobertura florestal nativa, para o bioma Mata Atlântica. Segundo este levantamento, apesar da relativa estabilidade da cobertura florestal nativa durante este período (aproximadamente 28 milhões de hectares), mudanças na cobertura florestal nativa e na sua distribuição espacial aumentaram o isolamento florestal em 36,4% das paisagens. Além disso, o desmatamento de florestas mais antigas associado ao corte de 27% das florestas mais jovens resultou em um rejuvenescimento progressivo da cobertura florestal nativa (ROSA et. Al, 2021).

Rosa et al. (2021), utilizando os dados gerados pela MapBiomias, concluíram que a expansão de florestas secundárias jovens pode ocultar a destruição contínua de florestas mais antigas, de modo que a qualidade da cobertura florestal e sua contribuição potencial para o fornecimento de serviços ecossistêmicos podem diminuir, mesmo que as metas de restauração sejam alcançadas. Os resultados indicaram um alarmante processo de rejuvenescimento da cobertura florestal e distribuição espacial desigual e aponta para a necessidade de se desenvolver políticas que garantam a conservação das florestas mais antigas.

Resultados obtidos pelos autores do trabalho acima mostraram que a perda e o ganho de cobertura florestal nativa estão ocorrendo em diferentes contextos e que as áreas de perda de cobertura florestal nativa foram recentemente ocupadas principalmente por pastagens (36%), mosaico de usos agropastoris (26%), terras agrícolas (19%) e plantações de monoculturas de árvores (16%) (ROSA et al., 2021).

Para que se possa compreender melhor o que foi mencionado anteriormente, o mapa abaixo (Figura 6) mostra a dinâmica de perda e ganho de cobertura florestal com aumento ou não do isolamento.

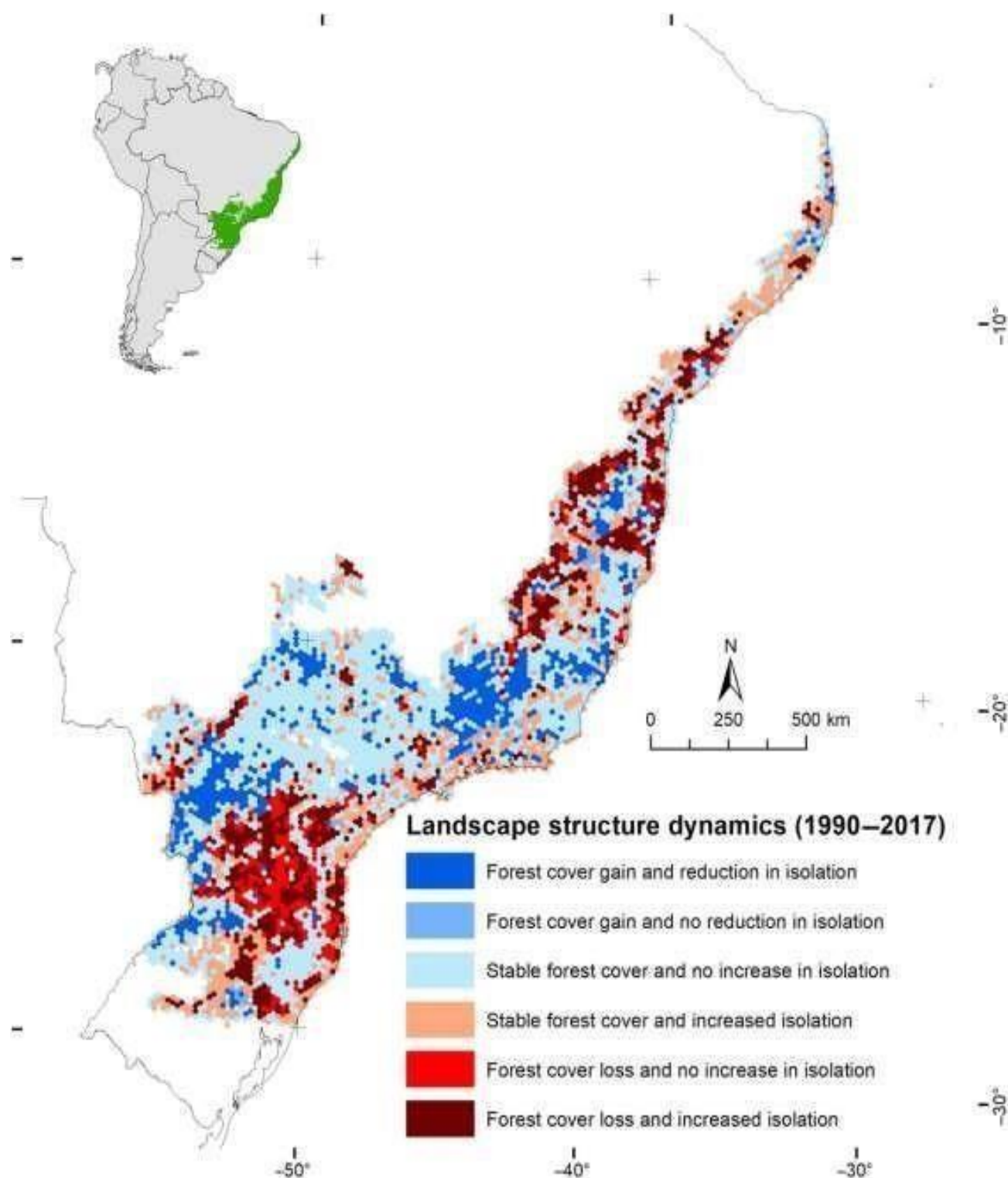


Figura 6: Dinâmica da estrutura da paisagem na Mata Atlântica brasileira. Fonte: ROSA et al. (2021).

Outro aspecto a ser destacado é que o rejuvenescimento da cobertura florestal nativa tem impactos para a qualidade da conservação e restauração na Mata Atlântica. Isto porque a redução contínua da cobertura florestal nativa mais antiga e o aumento contínuo da cobertura florestal nativa mais jovem seriam processos críticos para a conservação da biodiversidade e resultaram na redução da idade média da cobertura florestal nativa neste bioma.

Ainda segundo o estudo de Rosa et al. (2021), atualmente, cerca de 11% da cobertura da Mata Atlântica tem menos de 20 anos e aproximadamente um terço da cobertura florestal nativa mais jovem tem menos de 10 anos. Essa mudança na estrutura etária da floresta intensificou-se com o tempo e a uma taxa relativamente linear de 0,6% ao ano nas últimas duas décadas. Embora a riqueza de espécies de árvores de florestas jovens em regeneração possa atingir quase 80% dos níveis de florestas antigas em 20 anos, a recuperação completa da composição de espécies de árvores pode levar séculos ou nunca ser alcançada. O mesmo vale para os serviços ecossistêmicos, que podem depender de florestas bem desenvolvidas e estruturalmente complexas para serem maximizadas.

Assim sendo, Rosa et al. (2021) ressaltam que as consequências da dinâmica florestal observadas afetam não só a qualidade da floresta e dos serviços ecossistêmicos como também nos setores que deles dependem para obter rendimentos, como agricultura, indústria e abastecimento, por exemplo. As florestas nativas mais jovens são cortadas por muitas razões, seja para apoiar um sistema de cultivo, demonstrar propriedade da terra ou para evitar que as florestas em regeneração se desenvolvam o suficiente para serem legalmente protegidas. O longo histórico de mudanças no uso da terra e desmatamento, processos de urbanização e desenvolvimento agrícola resultaram em paisagens altamente fragmentadas na Mata Atlântica, de modo que mais de 80% da floresta remanescente é composta por manchas menores que 50 ha, totalizando em 2013 apenas 28% de vegetação nativa no bioma.

Estudo, publicado pelo WRI Brasil, que compara o desempenho de florestas íntegras e florestas mais jovens na prestação de serviços ecossistêmicos, avalia que este é um cenário ruim. Em se tratando da água enquanto produto dos serviços ecossistêmicos de interesse, as florestas mais antigas, com suas características associadas à sua estrutura, composição e funcionamento, tendem a ser mais resilientes em relação à mudança do clima, sendo, portanto, mais recomendadas para medidas de adaptação. Isto ocorre porque as características citadas estão associadas à geração de serviços ecossistêmicos, tais como regulação dos cursos de água; estabilização dos solos e manutenção dos padrões pluviométricos. Embora florestas jovens tendam a ter maior incremento em carbono, em função de seu crescimento, as florestas mais antigas são estoques de carbono e a sua dinâmica se associa à manutenção da integridade e qualidade dos solos, que também cumprem a função de armazenamento de água e carbono. A conservação de florestas mais antigas também pode apoiar os meios de subsistência e as tradições culturais de comunidades tradicionais e povos indígenas, que se relacionam com a floresta através dos usos múltiplos de seus recursos e, em

contrapartida, contribuem para a conservação desses ecossistemas (WRI, 2022).

2.5. A restauração ecológica como medida de AbE

O grupo de trabalho II do relatório IPCC AR6, publicado em março de 2022, traz o entendimento integrado do sistema global (Sistemas climáticos, humanos e naturais), em que a biodiversidade e os ecossistemas têm um papel fundamental para a adaptação. Os sistemas naturais interferem no clima, podendo atenuar as mudanças climáticas, e são impactados pelo sistema climático. Ao mesmo tempo, são impactados pelos sistemas humanos, sobretudo através da degradação ambiental, mas também impactam de maneira positiva os sistemas humanos, podendo se tornar uma via de adaptação, através da AbE enquanto soluções baseadas na natureza. O relatório aponta que as Américas do sul e central tem muita informação de projeção de impacto para as espécies e ecossistemas e defende a redução do desmatamento e a restauração de ecossistemas degradados como estratégia para aumentar a resiliência dos sistemas naturais às mudanças climáticas (IPCC, 2022).

Já o relatório de avaliação do grupo de trabalho III do IPCC W-GIII-AR6, publicado em abril de 2022, reafirma a importância da restauração de ecossistemas na estratégia de adaptação. Em seu capítulo “Agricultura, floresta e outros usos da terra”, destaca o controle do desmatamento e a restauração florestal, como uma grande alternativa de adaptação, numa perspectiva de soluções rápidas, principalmente no território da América Latina. Adicionalmente, o referido relatório reconhece as estratégias de conservação como um dos métodos de adaptação e mitigação mais amadurecidos, uma vez que já é estudado e testado há décadas, especialmente no Brasil. Além disso, o controle do desmatamento e as medidas de restauração tem o maior potencial de mitigação e adaptação dentro do setor de usos da terra e está dentro da faixa de custo mais baixo, segundo o relatório (IPCC, 2022).

O estudo intitulado “Enhancement of Biodiversity and Ecosystem Services by Ecological Restoration: A meta – Analysis”, realizado por Benayas e colaboradores, avaliaram os impactos de projetos de restauração ecológica na prestação de serviços ecossistêmicos e na conservação da biodiversidade. O estudo concluiu a partir da análise de 89 projetos de restauração, implantados em diferentes países, que a restauração tem impactos positivos, tanto na biodiversidade quanto na prestação de serviços ecossistêmicos, com destaque para os serviços de suporte e regulação, além do apoio aos meios de subsistência humanos. Segundo o documento, esses efeitos são especialmente marcantes nos biomas tropicais, tendo, portanto, grande potencial de aplicação no Brasil. O estudo revelou também que, a prestação de serviços ecossistêmicos diminui consideravelmente em ecossistemas restaurados quando comparados com ecossistemas intactos, reafirmando a importância de se garantir a composição e estrutura dos ecossistemas mais antigos e consolidados (BENAYAS et al., 2009).

Cabe ressaltar que o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio),

adota o conceito de restauração ecológica enquanto processo que auxilia o restabelecimento de um ecossistema após uma perturbação ou degradação. Esta definição foi estabelecida pela *Society for Ecological Restoration* (SER), reconhecida pela Sociedade Brasileira de Restauração Ecológica (SOBRE) e incorporada nas políticas do Ministério do Meio Ambiente (MMA). Atualmente, o termo restauração ecológica é amplamente aceito, uma vez que, abrange conceitos, como recuperação, restauração, reabilitação, recomposição e reflorestamento (ICMBio, 2021).

No entanto, para que se possa implantar os métodos de restauração, a avaliação da resiliência das áreas selecionadas e ecossistemas nela inseridos é critério fundamental para definir a natureza do projeto e o tipo de manejo em função do potencial e capacidade de sustentar os plantios. O potencial de regeneração natural de uma área é função de seu histórico de uso e das condições da paisagem. Em trabalho intitulado “Guia de Restauração Ecológica para Gestores de Unidades de Conservação” publicado em 2021, o ICMBio destaca que as áreas que tiveram a vegetação nativa totalmente removida, com eliminação do banco de sementes e estruturas subterrâneas, assim como as áreas em paisagens com menos de 20% de cobertura de vegetação nativa ou que não tenham manchas de vegetação nativa num raio de 200 metros, têm baixíssima resiliência de paisagem. Estes dois parâmetros devem ser observados no diagnóstico para a escolha do método de manejo.

Além do potencial de regeneração natural, a condição da área, se está perturbada ou degradada, também define o tipo de manejo a ser empregado no projeto. Quando há elevado potencial de regeneração natural temos a restauração passiva, que consiste em deixar a área se regenerar por si mesma, com intervenções voltadas apenas para o isolamento da área de fatores de degradação, como evitar fogo e entrada de gado, por exemplo. Em áreas com potencial intermediário de regeneração natural, que têm regenerantes, no entanto impedidos de desenvolverem pela presença de espécies dominantes, em geral exóticas invasoras, é preciso intervir para facilitar o processo de regeneração. Onde o potencial de regeneração natural é baixo ou inexistente, é necessário o plantio em área total, em que espécies nativas são aportadas ativamente em toda a extensão da área e, em geral, em alta densidade. Estes são os três grandes grupos de técnicas de restauração e há diversas opções para cada um deles de forma a atender os requisitos de cada área em particular e os objetivos a serem alcançados (ICMBio, 2021).

A restauração ecológica também evita um grande risco, muito comum em projetos de reflorestamento, que é o plantio de florestas em ecossistemas, que naturalmente não contemplam espécies arbóreas, principalmente de grande porte. De acordo com o Plano de Ação Nacional (PAN) para Conservação da Flora Endêmica Ameaçada de Extinção do Estado do Rio de Janeiro (SEA/RJ, 2018), existem tipologias na mata atlântica, como os campos de altitude e comunidades relíquia, por exemplo, que são adaptadas às especificidades geomorfológicas e condições edáficas que devem ser respeitadas para manutenção dos serviços ecossistêmicos nestas áreas. O plantio de espécies não representativas das diferentes fitofisionomias pode gerar efeitos reversos não desejados, como perda de biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos esperados.

A recomendação de uso de técnicas de restauração adaptadas à condição da área, e uso das espécies adequadas, bem como o monitoramento do sucesso da restauração, considerando indicadores ecológicos de resultado relacionados aos processos ecossistêmicos e aos serviços a eles associados, faz com que a restauração ecológica tenha um desempenho enquanto medida de AbE e possa ser avaliada por seu resultado e não pelas atividades de implantação.

Portanto, embora a adaptação à mudança do clima perpassasse por diferentes segmentos, como mudança ou diversificação na matriz energética e investimento em tecnologia e inovação, a restauração ecológica bem projetada para gerar serviços ecossistêmicos, é uma importante medida de AbE, capaz de contribuir para a adaptação à mudança do clima, gerar subsistência e melhorar a segurança hídrica, além de uma contribuição muito grande, como estratégia de remoção de carbono e gerar múltiplos co-benefícios relacionados ao alcance das metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Tal abordagem da restauração ecológica também apresenta aspectos associados à justiça climática, na medida em que pode reduzir vulnerabilidades ambientais e incorporar a experiência e o respeito às comunidades locais, além de representar uma grande oportunidade de se investir em novos mercados sustentáveis.

3. OBJETIVOS

3.1. Geral

Aplicar a metodologia da cartilha de AbE do MMA, baseada no Guia de Políticas da OCDE, para realizar o diagnóstico e integração do risco climático, associado à segurança hídrica, no planejamento do desenvolvimento da RMRJ.

3.2. Específicos

- Identificar fatores de risco e vetores de degradação na RMRJ;
- Identificar áreas com potencial para o desenvolvimento de ações em AbE na RMRJ com impacto na segurança hídrica.
- Estabelecer ações em AbE passíveis de serem aplicadas no contexto da RMRJ;
- Apontar critérios de monitoramento e avaliação das medidas de AbE a serem estabelecidas;
- Contribuir com os objetivos do desenvolvimento sustentável e para o enfrentamento dos impactos das mudanças climáticas na RMRJ no que tange à segurança hídrica;
- Contribuir como uma referência em AbE, que possa ser integrada ao PDUI para auxiliar nos processos de elaboração e revisão dos instrumentos de políticas, planejamento e gestão na RMRJ, e que possa ganhar escala, seja na área de influência da metrópole ou em áreas de dinâmica semelhante.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Coleta e assimilação dos dados e informações: Aplicação da lente climática

Nesta pesquisa inicialmente foi aplicada a lente climática¹, através da literatura disponível, para se obter dados e informações climáticas para a região de abrangência, afim de avaliar o clima atual e como ele deve operar no futuro em relação à sustentabilidade dos ecossistemas. A aplicação da lente climática se deu através da leitura dos planos de desenvolvimento para a RMRJ, relacionando-os aos riscos previstos associados à mudança do clima e seus impactos para o alcance das metas de desenvolvimento da região.

A fim de identificar se a mudança do clima deve ou não ser considerada no planejamento, de acordo com a sua relevância para a região em estudo, os objetivos e para o sistema de interesse, foi realizado uma pesquisa minuciosa dos principais planos de desenvolvimento para a RMRJ, sendo eles o Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado (PDUI) da RMRJ e os Planos Municipais de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica (PMMA) dos municípios da RMRJ, associados com a análise de dados climáticos disponíveis para a região e contextualizados com dados climáticos em escala global e nacional.

A aplicação da lente climática consiste na primeira etapa da metodologia proposta para a integração da AbE nos processos de planejamento, que englobam a elaboração e a revisão de planos, programas, projetos e políticas, baseada nos princípios do Climate Proofing for Development (CP4D).

Segundo o Guia de Políticas da OCDE, aplicar a lente climática significa analisar os sistemas de interesse e os objetivos de desenvolvimento compreendidos no planejamento, através da perspectiva da mudança do clima, no sentido de identificar a presença do risco e sua relação com as mudanças climáticas. Caso esta avaliação identifique o risco ao sistema de interesse, associado à mudança do clima, pode-se dar continuidade às demais etapas de integração da AbE. Através da lente climática é possível identificar também os ecossistemas que estão presentes na região e, com base nessas informações, selecionar quais medidas devem ser tomadas no planejamento e quais ajustes devem ser realizados para responder às ameaças e oportunidades de adaptação (MMA, 2018).

Os dados climáticos históricos ajudam a entender a variabilidade e tendências de mudança do clima com base em seu comportamento no passado, enquanto as projeções indicam como essa mudança pode ocorrer no futuro, de acordo com os cenários apresentados. Além das variáveis climáticas, para desenvolver uma estratégia de adaptação, é necessário também analisar aspectos socioeconômicos, ambientais e culturais, sendo o uso de mapas um importante recurso para demarcar regiões e identificar sistemas de interesse potencialmente vulneráveis à mudança do clima. A partir dessas informações, é possível compreender, por exemplo, se há risco de que a região sofra impactos

¹ Segundo definição da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico – OCDE (2011), a lente climática consiste em um processo, passo ou ferramenta para análise de políticas, planos ou programas, considerando os riscos que as mudanças climáticas representam para as metas de desenvolvimento em longo prazo (IPCC, 2014).

como chuvas demasiadas, longos períodos de seca e alterações em processos ecossistêmicos (MMA, 2018).

Sendo assim, a aplicação da lente climática foi utilizada no sentido de auxiliar na melhoria do direcionamento e prioridades consideradas neste estudo, além de contribuir para a identificação de eventuais informações faltantes no planejamento previsto para a RMRJ.

4.2. Identificação dos riscos climáticos e vetores de degradação na RMRJ

Nesta etapa, foram identificadas as ameaças climáticas e os fatores de exposição para a RMRJ, para então, avaliar sua vulnerabilidade, os impactos potenciais e o risco climático a que está sujeita a RMRJ, no que tange a segurança hídrica da metrópole. A análise foi realizada de forma integrada para geração de um diagnóstico regional no âmbito intermunicipal, através da leitura da bibliografia disponível e estudo das bases cartográficas da região de abrangência.

Para tanto, obtiveram-se dados e informações produzidos pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas, mais conhecido pelo acrônimo IPCC, (da sua denominação em inglês Intergovernmental Panel on Climate Change), haja vista que são utilizados por órgãos brasileiros para analisar os impactos da mudança do clima no país e que permitem a integração com dados climáticos regionais e municipais. Vale ressaltar que os relatórios do IPCC avaliam o estado do conhecimento sobre mudanças climáticas, identificam pontos em concordância da comunidade científica e orientam para onde pesquisas mais aprofundadas se fazem necessárias. Além disso, os documentos são elaborados e revisados em diversas etapas, a fim de garantir assertividade e transparência, fornecendo aos formuladores de políticas avaliações regulares sobre mudanças climáticas, suas aplicações e riscos futuros e apresentam opções de ações de mitigação e adaptação (IPCC, 2020).

Outra base de dados utilizada foi a plataforma MapBiomas, iniciativa do Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Observatório do Clima (SEEG/OC), e produzido por uma rede colaborativa de co-criadores formada por Organizações Não Governamentais (ONGs), Universidades e empresas de tecnologia, organizados por bioma e temas transversais. O referido projeto compila os dados de mapeamento anual da cobertura e uso do solo do Brasil, a partir da análise da série histórica de mapas gerados pela plataforma *Google Earth Engine*, e constitui em uma importante contribuição para o entendimento da dinâmica do uso do solo no Brasil e em outros países tropicais (MAPBIOMAS, 2019).

A busca por referências também foi ampliada em outros documentos disponíveis em bases oficiais do Instituto Brasileiro de Geografia e estatística (IBGE), Instituto Estadual do Ambiente (INEA) e demais órgãos públicos, além da leitura do Plano Estratégico de Desenvolvimento Urbano Integrado, Planos Municipais de Recuperação e Conservação da Mata Atlântica, Planos Diretores Municipais e Planos de Bacias Hidrográficas para nortear a hipótese traçada, através do levantamento de informações, identificação de vetores de degradação e áreas prioritárias para o desenvolvimento

de ações em AbE na RMRJ.

A partir das informações obtidas, o próximo passo foi identificar os riscos climáticos para segurança hídrica, bem como os vetores de degradação na RMRJ. O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) define risco climático como sendo o impacto potencial onde algo de valor está em jogo, devido à interação entre ameaça, vulnerabilidade e exposição de sistemas humanos e naturais. Vulnerabilidade por sua vez é definida como a propensão ou predisposição a ser adversamente afetada. O termo se relaciona com a sensibilidade e com a capacidade de enfrentamento e adaptação (OCDE, 2011).

4.3. Seleção e Indicação das áreas passíveis de aplicação das medidas de adaptação

Esta etapa teve como objetivo identificar oportunidades de AbE em áreas que combinam alto potencial de prover serviços ecossistêmicos e benefícios socioambientais com alta viabilidade da AbE. Ou seja, recomendação de áreas passíveis de aplicação das medidas de adaptação, baseada na análise de decisão multicritério (ADMC), para direcionar os esforços para os resultados de AbE mais econômicos, com maior ganho por investimento de tempo, dinheiro e esforço, visando identificar, através da análise da bacia hidrográfica, paisagens onde os níveis de múltiplos benefícios da AbE podem ser maximizados, com potencial para ganhar escala na RMRJ.

A identificação das áreas onde as oportunidades de AbE atingem seu nível mais alto, com pontos críticos para adaptação, podem ser combinadas com outros fatores de tomada de decisão para definir prioridades para implementação.

A opção pela metodologia de ADMC se deve à necessidade de se considerar múltiplos aspectos (físicos, ambientais, sociais e econômicos) de forma a obter o diagnóstico da região em estudo e apoiar a tomada de decisão para o planejamento do desenvolvimento da RMRJ. A AbE, por se tratar de uma abordagem ambiental com foco nas pessoas, precisa assegurar a integração de múltiplos fatores que possam afetar a dinâmica ambiental e gerar vulnerabilidades socioeconômicas.

4.4. Seleção e recomendação das medidas de adaptação

Posteriormente ao diagnóstico, foram determinadas as medidas necessárias para adaptar o sistema de interesse em relação às mudanças climáticas, de forma a reduzir os impactos potenciais evidenciados, seja diminuindo a exposição ou a sensibilidade do sistema frente a uma ameaça, ou ainda aumentando a sua capacidade adaptativa.

Cabe ressaltar que a sensibilidade é determinada por fatores que afetam diretamente as consequências de uma ameaça, podendo incluir atributos físicos, sociais, econômicos e culturais. Enquanto que a ameaça é definida como a ocorrência potencial de um impacto físico, que pode causar algum dano, incluindo danos climáticos. Já a capacidade adaptativa se refere à capacidade das sociedades e comunidades para se prepararem e responderem aos impactos climáticos atuais e

futuros (IPCC, 2014).

Portanto, esta etapa consistiu em estabelecer, através da ADMC, quais medidas de adaptação para os setores de interesse devem ser implementadas e em que ordem de prioridade. A seleção das ações de adaptação, em função da priorização das ações conjuntas ou complementares entre os municípios, foi realizada através da observação da dinâmica dos eventos geradores de risco, no sentido de aprender e fazer frente a eles através do fortalecimento dos ecossistemas com vocação para prestação de serviços ecossistêmicos e administrá-los de forma estratégica com vistas ao bom planejamento local, e que possa ganhar escala, seja na área de influência no âmbito das bacias hidrográficas ou em áreas de dinâmica semelhante, onde tais abordagens possam ser replicadas.

A utilização de uma abordagem regionalizada envolvendo um conjunto de municípios visou potencializar os resultados e permitir a integração de experiências locais com vistas à obtenção de resultados regionais.

Uma vez realizada a setorização das áreas para as medidas de adaptação, é preciso definir a ordem de prioridade para as ações em cada setor. A metodologia de integração da AbE no planejamento, baseada no Guia de Políticas da OCDE, orienta para a utilização da ADMC para apoiar a tomada de decisão, tendo em conta os co-benefícios que as medidas de AbE podem gerar, além de sua caracterização como opções de baixo arrependimento. Para tanto, propõe critérios relevantes para a tomada de decisão, como custo, eficácia, viabilidade e baixo arrependimento. Tais critérios são avaliados para cada setor e atribuídos valores de pontuação para cada um deles (MMA, 2018).

Seguindo a orientação acima descrita, as opções de adaptação recomendadas foram avaliadas com o objetivo de se determinar quais setores deverão ser trabalhados prioritariamente, atribuindo uma pontuação para cada critério, sendo três pontos para setores que atendem de forma ótima aos critérios, dois pontos para os que atendem bem, um ponto para os que atendem com desempenho mediano ou baixo e zero para os que não atendem aos critérios elencados. A análise descrita resultou na avaliação geral de cada setor, a partir do somatório dos pontos atribuídos para cada critério.

Finalmente, após a setorização das áreas indicadas para receber as medidas de adaptação, foi elaborada uma tabela de recomendação dessas medidas, contendo as propostas de ações de AbE para cada setor em diferentes condições de resiliência.

4.5. Seleção e recomendação de indicadores de monitoramento e avaliação

Por fim, na última etapa foi realizada a seleção e recomendação de indicadores de monitoramento e avaliação, que vão possibilitar o acompanhamento e avaliação do desempenho da AbE ao longo do tempo, no sentido de permitir ajustes com vistas ao manejo adaptativo. Os indicadores selecionados nesta pesquisa foram elencados em concordância com as recomendações do ICMBio, INEA e ANA, além de outros importantes estudos na temática abordada.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Coleta e assimilação dos dados e informações: Aplicação da lente climática

A partir da análise da conjuntura da RMRJ diante de eventos climáticos que já estão ocorrendo com o estado do clima atual, seguida da análise comparativa com cenários futuros de mudanças climáticas e seus eventos extremos associados, ficou evidente a necessidade da integração da perspectiva da mudança do clima no planejamento do desenvolvimento da referida região. Tal fato se justifica pela alta vulnerabilidade da RMRJ diante de eventos que já ocorrem e que tendem a se agravar com as alterações climáticas adicionais. Neste contexto, a insegurança hídrica pode ser destacada como principal problema a ser enfrentado, segundo os diagnósticos analisados, e se relaciona diretamente com o manejo inadequado dos diferentes setores das bacias hidrográficas.

O histórico de uso e ocupação do solo e os processos de urbanização não planejados geraram vetores de degradação que fragilizam a região e comprometem o desenvolvimento de infraestruturas naturais capazes de promover a resiliência da metrópole fluminense. Além disso, existem poucos espaços livres de ocupação disponíveis para o planejamento, necessitando, portanto, de uma estratégia de atuação assertiva de manejo dos recursos disponíveis.

Ressalta-se ainda, que a partir da leitura dos documentos citados, verificou-se que, dos municípios que apresentam PMMA concluídos, apenas os PMMA dos municípios da RMRJ pertencentes ao Mosaico central Fluminense apresentam integração da AbE em suas propostas de planejamento. Os PMMA dos demais municípios da RMRJ não fazem menção às mudanças climáticas e seus possíveis efeitos, seja em âmbito municipal ou regional. Já o PDUI da RMRJ aborda as mudanças climáticas como um dos seus eixos estruturantes, porém sem que haja integração da temática, seja em seus diagnósticos ou na estruturação de suas propostas de desenvolvimento para a RMRJ, focando sempre na construção de infraestruturas convencionais de engenharia como alternativa de resposta às demandas e deficiências da metrópole fluminense.

Diante do exposto, ficou evidente a necessidade da integração de uma análise que inclua a perspectiva da mudança do clima nas ações de planejamento na RMRJ, tendo em vista, não só se tratar de uma região com alto índice de exposição e vulnerabilidade aos possíveis efeitos adversos da mudança climática, como também de haver incipiência da temática em seus diagnósticos e políticas de planejamento.

5.1.2. Identificação de fatores de risco climático e vetores de degradação

Com base nos diagnósticos do PDUI e PMMA dos municípios da RMRJ, foram identificados como principais fatores de risco, associados à mudança climática na RMRJ, o rebaixamento do lençol freático, erosão de encostas, elevação do nível do mar, formação de ilhas de calor, comprometimento

do abastecimento hídrico, piora na qualidade da água, aumento de inundações, risco de incêndios, intrusão salina, alterações na linha costeira e aumento de ventos extremos. Todos com impacto direto ou indireto na segurança hídrica da metrópole.

Associados aos riscos climáticos para a RMRJ foram observados os principais vetores de degradação, com efeito na redução dos serviços ecossistêmicos na região, tais como o aumento populacional e crescimento urbano; atividades econômicas, projetos de infraestrutura, exploração dos recursos naturais, extração mineral, processos erosivos, agricultura tradicional, atividades turísticas, incêndios e dificuldade de governança.

5.1.2. Seleção de áreas prioritárias para ações de AbE

Em se tratando do planejamento das ações de AbE para segurança hídrica, o uso de estruturas da paisagem urbana com funções hidráulicas permite equacionar a gestão das águas de forma a promover o planejamento urbano integrado ao ambiente natural.

Tal concepção aborda a produção de escoamentos com atuações distribuídas sobre a paisagem da bacia, de forma a reduzir e retardar picos de cheia, permitir a recarga do lençol freático e buscando restaurar as condições aproximadas do escoamento natural, considerando que o manejo de águas pluviais deve ter como premissa a melhor administração das águas dentro da bacia hidrográfica enquanto unidade territorial de planejamento. Nessa perspectiva, atua-se no sentido de adaptar a paisagem para melhor administrar a dinâmica de entrada e saída da água, bem como aumentar seu tempo de permanência na bacia hidrográfica, tendo em vista que a precipitação não pode ser alterada.

A partir desse reconhecimento, observou-se que a RMRJ carece de espaços livres em território urbano, que poderiam ser utilizados na oferta de áreas para mitigação de passivos ambientais, com enfoque nos fatores de risco identificados e de se aumentar a resiliência em espaços urbanos. Tal fato pode ser agravado pela tendência contínua de crescimento populacional urbano, através de processos informais de ocupação do solo, pressionando importantes ativos ambientais dentro das cidades, como a retirada de vegetação em encostas, invasão de áreas protegidas e a ocupação de planícies de inundação.

O mapa abaixo (Figura 7) apresenta a disponibilidade de áreas não edificadas na RMRJ. O percentual de áreas livres corresponde a aproximadamente 74% de toda a Região Metropolitana, no entanto, quando se analisa a área urbana consolidada, há poucas oportunidades de aproveitamento dos espaços livres de edificações, especialmente para o amortecimento de cheias. Além disso, o perfil de urbanização de grande parte da RMRJ, onde áreas naturalmente inundáveis, como fundos de vale e várzeas, já se encontram ocupadas, associado à dificuldade de obtenção de lugares para a diminuição do déficit de volumes para armazenamentos das águas pluviais, acabam por piorar o panorama das inundações, tornando-as mais frequentes e severas.

Outra característica que piora o cenário acima citado refere-se ao desenvolvimento histórico

de parte das cidades sobre aterros em áreas de várzea, mangues e até parte da baía. Esses aterros suprimiram um espaço importante para o espraçamento das águas urbanas, além de alavancarem a ocupação de locais naturalmente inundáveis (CMRJ, 2018).

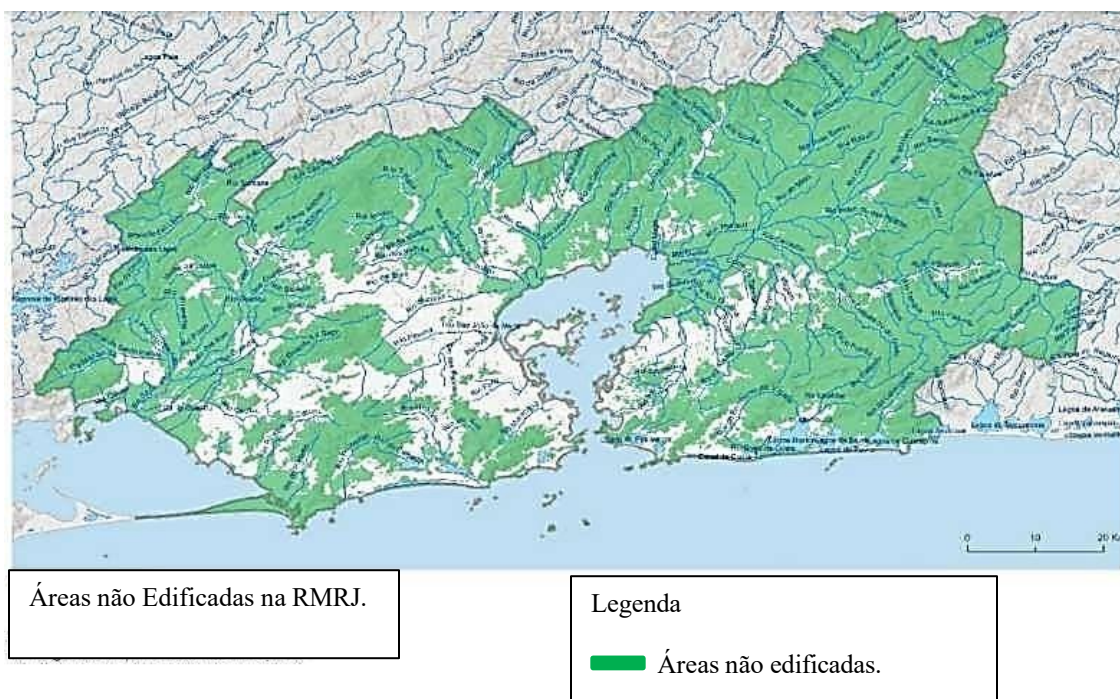


Figura 7: Mapa de localização das áreas não edificadas na RMRJ. Fonte: PDUI (2018).

A partir da análise dos usos predominantes na RMRJ, percebeu-se que a maior parte das áreas não edificadas está em áreas rurais e áreas urbanas com fragilidades ambientais. Embora este seja um fator limitante em relação às possibilidades de intervenção nas áreas urbanas edificadas, que apresentam maior grau de vulnerabilidade diante dos eventos estressores, representa também uma grande oportunidade, visto que as áreas não edificadas coincidem, em muitos casos, com áreas protegidas pela legislação, estejam elas consolidadas ou não. Na Figura 8 estão apresentados, em forma de mapa, os usos do solo predominantes na RMRJ.

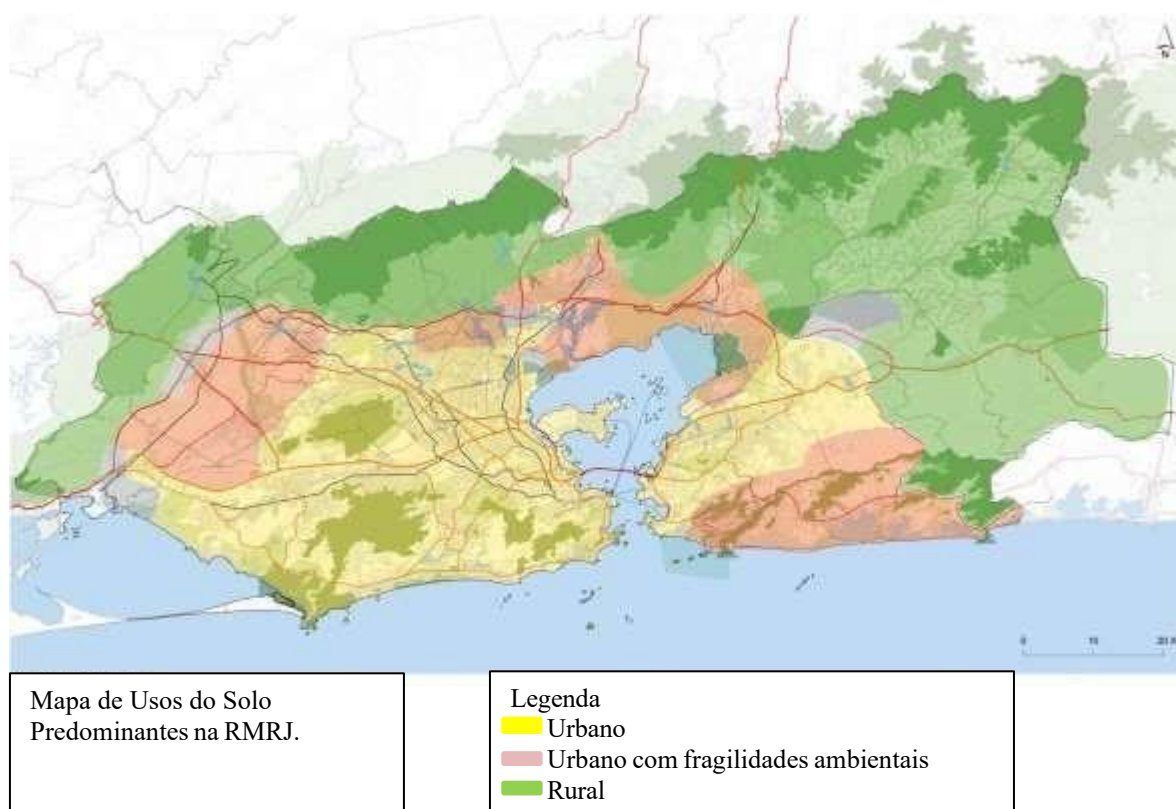


Figura 8: Mapa de usos do solo predominantes na RMRJ. Fonte: PDUI (2018).

Conforme ressaltado por Rosa et al. (2021), o processo contínuo de aumento da cobertura florestal nativa mais jovem, em detrimento da cobertura florestal nativa mais antiga, tem resultado na redução da idade média da cobertura florestal nativa na Mata Atlântica, gerando impactos diretos e negativos no que tange a prestação de serviços ecossistêmicos pelo bioma. É importante considerar esta abordagem, uma vez que, a escolha de áreas não representativas para ações de AbE, pode resultar em benefícios insignificantes ou mesmo em uma diminuição dos serviços ecossistêmicos. Adicionalmente, a implantação de projetos de AbE em áreas de baixa resiliência pode implicar em prejuízos econômicos e desperdício de esforços.

A partir desta perspectiva, conclui-se que as áreas disponíveis mais favoráveis à prestação de serviços ecossistêmicos na RMRJ coincidem com aquelas com maiores prioridades de conservação e que já se encontram legalmente protegidas, contemplando em seus domínios os fragmentos florestais mais antigos e outras áreas com necessidades urgentes de restauração. Neste sentido, as Unidades de Conservação e áreas protegidas desempenham um papel fundamental para o ganho em escala da AbE na RMRJ, no sentido de direcionar os esforços para os resultados mais econômicos, uma vez que, se tratam de paisagens onde os serviços ecossistêmicos podem ser maximizados e melhor aproveitados.

Além disso, a caracterização do bioma como maior *hotspot* para a restauração em todo o mundo representa uma grande oportunidade para que o Brasil possa atrair investidores, inclusive em nível internacional, para financiar projetos de AbE na Mata Atlântica, o que implica em benefícios tanto ecológicos quanto econômicos. No caso específico da RMRJ, que contempla grandes centros consumidores, esses benefícios podem ser mais bem compartilhados, sendo usufruídos por cerca de

12,4 milhões de habitantes, segundo dados do IBGE (2017), representando 74% da população do estado do Rio de Janeiro, conforme já mencionado neste estudo.

Outro aspecto a ser destacado é o manejo das florestas em áreas protegidas que também apresenta vantagens em relação às questões como a segurança fundiária, fatores de perturbação local e instrumentos legais, representando importantes lacunas para projetos de restauração e conservação, principalmente em se tratando de uma região que apresenta um contexto de intensa disputa por terra.

Nas Unidades de Conservação (UCs), através dos Planos de Manejo, é possível determinar as normas, restrições de uso, ações a serem elaboradas e manejo dos recursos naturais, incluindo as áreas em seu entorno e corredores ecológicos a ela associados. Já no caso das áreas protegidas em propriedades privadas, o Brasil tem uma legislação consideravelmente rígida para proteger as florestas e obrigar a recuperação florestal nestas áreas. Além disso, a Mata Atlântica possui legislações específicas para proteger do desmatamento todos os fragmentos florestais de estágios intermediários e tardios de sucessão, sendo esta uma importante ferramenta para promover transições florestais em âmbito privado.

Segundo dados do Imaflora, as áreas em déficit com a legislação ambiental no bioma Mata Atlântica no estado do Rio de Janeiro somam um total de 187.372 ha, sendo 111.887 ha o déficit total de áreas de proteção permanente (APP) e 75.485 ha o déficit total referente às áreas de reserva legal (RL). Estes valores, no entanto, não contabilizam as áreas de APPs consideradas não hídricas, como topos de morro e encostas, cuja proteção também é definida no Código Florestal Brasileiro, mas as estimativas representam ainda assim a maior parte do passivo total existente (IMAFLOA, 2017). Vale ressaltar que o cumprimento da restauração nestas áreas não é facultativo, mas obrigatório e previsto pelo Código Florestal Brasileiro. Este contexto legal pode favorecer a implantação de projetos de restauração em larga escala, com impacto direto nas medidas de mitigação e adaptação à mudança do clima.

Diante do exposto, as análises realizadas nas áreas selecionadas pelo presente estudo para recomendação das ações de AbE na RMRJ, coincidem com as áreas protegidas por Unidades de Conservação e que compõem o Cinturão Verde Metropolitano. Estas áreas somam cerca de 90 mil hectares de áreas protegidas, constituindo 16% do território total da RMRJ, segundo dados do PDUI (2018). A opção pelas áreas recomendadas visa atender aos critérios mencionados anteriormente, no sentido de dotar a metrópole de capacidades para gerir os próprios recursos naturais, maximizando o aproveitamento dos serviços ecossistêmicos providos em seu território, tendo como referência as áreas abrangidas pelas bacias hidrográficas no âmbito da RMRJ. As áreas selecionadas estão melhor representadas em verde no mapa abaixo (Figura 9).

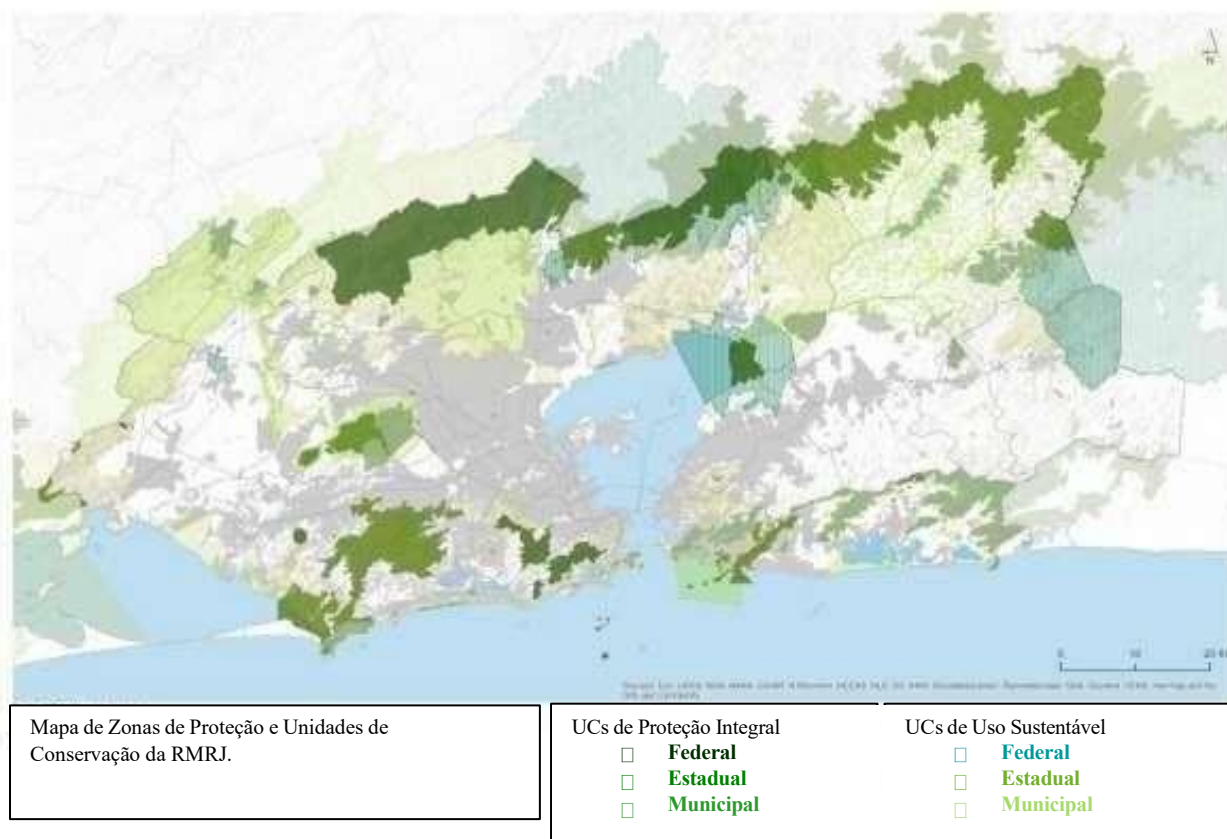


Figura 9: Mapa de localização das áreas selecionadas para ações de AbE na RMRJ. Fonte: PDUI (2018).

5.1.3. Seleção e recomendação das medidas de Adaptação

A ocasião de planejamento do desenvolvimento de um território é antes de tudo uma oportunidade de pensar no gerenciamento das bacias hidrográficas e dos recursos e serviços ecossistêmicos nela existentes com vistas a se chegar ao desempenho desejado dentro de um horizonte de planejamento. Este planejamento precisa ser feito entendendo que os sistemas ambientais fornecem indicadores do desempenho da forma como são geridos. Tais indicadores, numa perspectiva da dinâmica hídrica, se expressam, por exemplo, na forma de inundações, escassez de água e movimentos de massa.

Estas evidências refletem em uma resposta que o ambiente está fornecendo e que se agregam a outras respostas, como, por exemplo, o desenvolvimento econômico, social, qualidade de vida e geração de riquezas.

A água dentro de uma bacia hidrográfica pode ser contabilizada, gerenciada e administrada. Dentro de um ecossistema bem manejado ela interage de forma a gerar serviços ambientais, por outro lado, dentro de um ambiente mal manejado, a dinâmica da água na paisagem gera vulnerabilidade e prejuízos sociais, econômicos e ambientais. Logo, a água é um elemento chave no processo de desenvolvimento e o principal produto dos serviços ecossistêmicos (VALCARCEL, 2015).

O presente estudo se propôs à leitura da dinâmica de ocupação e uso do território da RMRJ,

tendo as bacias hidrográficas como unidade de planejamento, no intuito de avaliar as respostas ambientais enquanto indicadores de gerenciamento e gestão dos recursos hídricos neste território. Esta leitura permitiu compreender as causas das vulnerabilidades ambientais na região e, sob a lente climática, associá-las aos eventos extremos previstos com a mudança do clima para, dentro do possível, tomar atitudes preventivas ou adaptativas.

Na RMRJ, as bacias aéreas, que são as massas de ar úmido que vem do oceano atlântico, são interceptadas por algumas encostas até chegar às cadeias de montanhas da Serra do Mar. Neste percurso, elas precipitam e abastecem as nascentes, constituindo a principal entrada de água nas bacias hidrográficas da região. De acordo com o PMMA dos municípios da RMRJ, a maior parte da umidade da massa de ar vem para a bacia hidrográfica da Baía de Guanabara, enquanto a bacia hidrográfica do rio Guandu tem ecossistemas predominantemente mais secos e com baixa resiliência. No entanto, o documento reconhece a região hidrográfica do rio Guandu como uma importante centralidade da baixada fluminense, exercendo naturalmente uma liderança nas atividades ambientais (MASTERPLAN, 2021). Tal potencialidade pode ser aproveitada para ajuste e aperfeiçoamento dos serviços ecossistêmicos nessas bacias.

Segundo a ANA, em seu roteiro sobre planejamento, manejo e gestão de bacias hidrográficas, considerando a bacia hidrográfica como um sistema aberto, onde a água que entra é a precipitação e a água que sai é a água da vazão, as áreas de armazenamento natural em superfície são as encostas e as várzeas (ANA, 2019). Como visto no PDUI, no caso da RMRJ, bem como na maioria das cidades brasileiras, o crescimento urbano ocorreu, em princípio, dentro do eixo, nas áreas de várzeas mais baixas. Estas áreas, que seriam uma importante alternativa de desenvolvimento, sejam para o armazenamento de água ou para o alívio da vazão, através do espraçamento das águas em períodos de cheia, já não são mais uma possibilidade para o planejamento, uma vez que, como visto anteriormente, tratam-se de áreas de ocupação urbana consolidada e desocupá-las envolve um custo econômico e social muito grande.

Ao longo do tempo, a expansão urbana na RMRJ, tem se dado na direção das áreas mais altas, no sentido das encostas. Estas são áreas estratégicas para a gestão hídrica, uma vez que, podem atuar como zonas de reforço de recarga aumentando o tempo de permanência da água que entra na bacia (VALCARCEL, 2015). A expansão urbana nessas áreas constitui na impermeabilização desses solos e a não infiltração dessa água, logo, é o momento de gerirmos essas áreas, no sentido de gerar armazenamento nas encostas, evitando as disfunções ambientais e garantindo a segurança hídrica nas cidades metropolitanas.

Conforme destaca o grupo de trabalho III do relatório IPCC de 2022, felizmente, o Brasil foi muito eficiente na escolha de UCs e áreas protegidas e, como apresentado anteriormente no diagnóstico do PDUI, tais áreas estratégicas, localizadas nos pontos mais altos, são legalmente protegidas e ainda passíveis de serem manejadas, tendo em vista que a restauração de ecossistemas é um dos objetivos do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), considerando a

importância ambiental atual ou potencial de tais áreas e a garantia do provimento de serviços ambientais, além de promover a conectividade da paisagem (ICMBio, 2021).

Em palestra, realizada em 2015 para o 1º Encontro Técnico do Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Dois Rios, Ricardo Valcarcel, consultor sênior e professor titular aposentado da UFRRJ, defendeu que, em se tratando do manejo para produção de água na bacia hidrográfica, a perspectiva deve ser trabalhar com a vegetação, através da restauração dos ecossistemas, promovendo a interceptação da massa de ar úmido, de forma a gerar armazenamento de água no solo e o represamento desta água no lençol freático. Estas ações visam garantir não somente a perenidade da água na bacia hidrográfica, como também harmonizar a dinâmica da água entre as vertentes e as várzeas, reduzindo os transtornos causados pelos eventos extremos de chuva, tendo em vista que, as áreas mais altas têm implicações diretas nas áreas à jusante (VALCARCEL, 2015).

Entende-se, portanto, que as florestas de altitude situadas nas microbacias da Serra do Mar, no Estado do Rio de Janeiro, desempenham serviços ambientais que contribuem para os diversos setores da sociedade na RMRJ que demandam água em qualidade e quantidade. O estudo intitulado “Quantificação da Chuva Oculta na Serra do Mar no Estado do Rio de Janeiro”, realizado por Pereira et al. (2016), apontou que a capacidade da floresta de interceptar ventos úmidos funcionaria, no sentido de redistribuir mais lentamente a água da chuva interceptada em direção ao solo, tendo como consequência uma maior captação de água.

Além disso, os valores de interceptação pela vegetação somados ao longo do período geraram uma contribuição de 8,74% da precipitação externa, indicando que a interceptação da umidade pela vegetação possui forte influência na produção de água. A quantificação desse mecanismo é um importante indicador da interação dos processos climáticos e ecológicos, que influenciam de forma significativa o balanço hídrico. Essas diferenças mostram a influência particular de cada ecossistema, onde o tipo de vegetação e as características climatológicas locais interferem diretamente no volume precipitado internamente (PEREIRA et al., 2016).

Sendo assim, as florestas nas encostas de microbacias contribuem para a dinâmica da precipitação pluviométrica e conformação dos seus balanços hídricos, se beneficiando em mecanismos de manutenção e regeneração natural. Neste sentido, o dossel reduz a intensidade da energia cinética das gotas de chuva, contribui para aporte de matéria orgânica, que afeta a estruturação dos solos e melhora as condições de infiltração da água no solo, favorecendo a recarga do lençol freático, entre outros serviços ambientais prestados (PEREIRA et al., 2016).

Consequentemente, administrar de forma estratégica uma bacia hidrográfica implica no manejo adequado de áreas com diferentes funções, priorizando as áreas com vocação para produção de água (VALCARCEL, 1998). A RMRJ, apesar de possuir grande parte de seu território em áreas de baixada, é circundada pela Serra do Mar, abrangendo regiões geograficamente serranas e regiões de montanhas.

A bacia hidrográfica do rio Guandu tem destaque no cenário hídrico fluminense por ser responsável pelo abastecimento de água potável de grande parte da população da RMRJ e pela geração de energia hidrelétrica. A maior cobertura florestal localiza-se no quadrante noroeste, onde estão situadas importantes UCs, como o Parque Estadual Cunhambebe. Já na bacia hidrográfica da Baía de Guanabara estão inseridas total ou parcialmente importantes UCs como, por exemplo, os Parques Nacionais da Tijuca e da Serra dos Órgãos, os Parques Estaduais da Pedra Branca, do Mendanha, dos Três Picos e da Serra da Tiririca (SEA/RJ, 2018). As vertentes voltadas para as massas de ar são, portanto, estratégicas para conseguir cumprir a função ecossistêmica de segurança hídrica, por conta dos processos orográficos que constituem as principais entradas de água na bacia.

Essa trajetória da massa de ar entrando na bacia e interagindo com a paisagem justifica as diferentes tipologias da vegetação. Florestas próximas das áreas altas das bacias são mais densas e com maior porte em relação às florestas nas áreas baixas, evidenciando a dimensão do volume de água existente ali, capaz de propiciar o vigor dessa vegetação (VALCARCEL, 2015). Por outro lado, também nas áreas mais altas, o porte da vegetação diminui em função da redução da profundidade do solo, podendo chegar à ecossistemas campestres, como os chamados Campos de Altitude, em áreas de afloramento rochoso (SEA/RJ, 2018).

O reconhecimento das características e especificidades de cada tipologia de vegetação e condições edáficas e geomorfológicas, bem como da dinâmica existente nestes ecossistemas, é fundamental para a definição das medidas de adaptação nestas áreas. Esta leitura é que vai garantir que a água seja sorvida para o solo com uso da vegetação e seja perenizada na bacia para geração dos serviços ecossistêmicos esperados. Neste sentido, a perspectiva da restauração ecológica, atrelada ao diagnóstico da dinâmica da bacia hidrográfica, foi utilizada para escolha dos métodos de manejo a serem recomendados para AbE.

Para tanto, o presente estudo adotou o termo restauração, contemplando os conceitos de recuperação, restauração, reabilitação, recomposição e reflorestamento, em conformidade com o “Guia de Restauração Ecológica para Gestores de Unidades de Conservação”, elaborado pelo ICMBio (2021). Ainda em concordância com as orientações do referido documento, tendo em vista as constantes alterações nas dinâmicas originais dos ecossistemas, inclusive em função das mudanças climáticas, considerou-se mais importante definir os caminhos e objetivos da restauração, com vistas à adaptação e prestação dos serviços ecossistêmicos, do que com o compromisso de se resgatar as características originais desses ecossistemas.

Para orientar o planejamento, na perspectiva descrita acima, foi pensada a setorização das áreas indicadas para as medidas de AbE em três setores principais, priorizados em função da vocação para produção e perenização da água na bacia. Os setores são apresentados e caracterizados na tabela abaixo.

Tabela 1: Setorização das áreas selecionadas para AbE.

Setor	Característica
Afloramentos rochosos	Áreas de exposição da rocha na superfície, podendo ser formada pela erosão do solo que cobria a rocha ou pela ação humana, através de cortes de estrada ou pedreiras. Estas áreas podem ou não conter pacotes de solo.
Topos de morro	Terço superior de morros e montanhas. Podem conter solos mais ou menos profundos dependendo da elevação e declividade.
Zonas de reforço de recarga	Áreas imediatamente abaixo dos topos de morros ou afloramentos rochosos, localizadas nas encostas, e que ainda possuem solo. A profundidade do solo nestas áreas pode variar em função da declividade, com tendência a ser mais profundos nas partes mais baixas e mais rasos nas partes mais altas.

Com base nos parâmetros estabelecidos pela metodologia de integração da AbE no planejamento, baseada no Guia de Políticas da OCDE, foi realizada a ADMC para apoiar a tomada de decisão, tendo em conta os co-benefícios que as medidas de AbE podem gerar, além de sua caracterização como opções de baixo arrependimento. Avaliou-se, portanto, as opções selecionadas para determinar quais setores serão trabalhados prioritariamente, atribuindo a pontuação para cada critério, sendo três pontos para setores que atendem de forma ótima aos critérios, dois pontos para os que atendem bem, um ponto para os que atendem com desempenho mediano ou baixo e zero para os que não atendem aos critérios elencados. O somatório dos pontos para cada critério resultou na avaliação geral de cada setor. A Tabela 2 mostra as pontuações para cada setor nos diferentes critérios e avaliação geral dos setores.

Tabela 2: Avaliação geral dos setores para priorização das medidas de AbE.

Setor	Critério 1: Custo	Critério 2: Eficácia	Critério 3: Viabilidade	Critério 4: Baixo arrependimento	Avaliação geral
Afloramentos rochosos	(Pontuação: 1) Exige investimento na contratação de equipe especializada ou investimentos na capacitação de equipe e aquisição de equipamentos para trabalho em altura.	(Pontuação: 1) No que tange a produção de água, apresenta menor desempenho em relação aos demais setores.	(Pontuação:1) A dificuldade de contratação de equipe e equipamentos especializados e o trabalho em altura podem tornar os projetos demorados.	(Pontuação: 2) Melhoria dos serviços ecossistêmicos esperados e beleza cênica com possibilidade de atração de turismo de natureza.	(Pontuação: 5)
Topos de morro	(Pontuação: 2) Custos não tão altos comparados ao setor anterior e às soluções de engenharia convencional.	(Pontuação: 2) Importante setor para captação de água, porém a capacidade de retenção da água é menor em função da menor profundidade dos solos nessas áreas.	(Pontuação:2) O acesso à essas áreas, bem como a mecanização do trabalho podem ser dificultados em função da altitude.	(Pontuação: 3) Aumento dos serviços ecossistêmicos esperados, com benefícios para o sistema de interesse e múltiplos co-benefícios.	(Pontuação: 9)
Zonas de reforço de recarga	(Pontuação: 3) Custos não tão altos comparados aos setores anteriores e às soluções de engenharia convencional	(Pontuação: 3) Setor mais estratégico para produção de água, através da captação e retenção da umidade, em função da maior profundidade dos solos nessas áreas.	(Pontuação:2) Setor que apresenta maior viabilidade para execução dos projetos comparado aos outros setores, porém, em algumas áreas, o trabalho pode ser dificultado, em função da declividade do terreno.	(Pontuação: 3) Aumento dos serviços ecossistêmicos esperados, com benefícios para o sistema de interesse e múltiplos co-benefícios.	(Pontuação:11)

Com base no exposto na tabela anterior, pode-se verificar que as zonas de reforço de recarga correspondem ao setor que deve ser priorizado para se trabalhar as ações de AbE com vistas à produção de água, uma vez que, é o setor que melhor atende à todos os critérios elencados. Isto se deve ao fato destas áreas serem potencialmente estratégicas para produção de água, tendo em vista que possuem solos mais profundos, sendo capazes de sustentar florestas de maior vigor, gerando captação e retenção de água nestas áreas, além de promover a consolidação e contenção dos solos em áreas declivosas, reduzindo o risco de escorregamento desse solo para as áreas à jusante, evitando tendências de problemas com moradias irregulares e assoreamento dos cursos d'água.

Na sequência da escala de priorização tem-se os topos de morros, reconhecidamente importantes para captação de água na bacia hidrográfica, seguido dos afloramentos rochosos, que, devido ao baixo aporte de pacotes de solo, tem baixo desempenho para a produção de água, embora ainda possuam importância nessa função hidráulica, uma vez que, podem captar volumes menores de umidade, seja nos pequenos pacotes de solo ou através das fissuras nas rochas, que se somam para o equacionamento do balanço hídrico.

É importante ressaltar, no entanto, que a recomendação ideal é que se possa trabalhar nos três setores simultaneamente, uma vez que, tratam-se de setores que interagem entre si na dinâmica da bacia hidrográfica, com diferentes funções hídricas e que atuam de forma complementar na gestão das águas. Sendo assim, o manejo adequado nos três setores é imprescindível para conduzir a restauração na trajetória da adaptação.

Logo, a escala de priorização proposta tem como objetivo tão somente orientar as ações de manejo, a partir da premissa de exigência de um cronograma executivo, bem como adaptar os projetos às limitações de orçamento e recursos disponíveis, e não priorizar o manejo em um setor em detrimento de outro, tendo em vista que, o bom funcionamento de cada setor implica no melhor desempenho dos demais, já que, o objetivo final das ações consiste na melhoria ou recuperação dos serviços ecossistêmicos desempenhados pelos diferentes setores de maneira associada. Ou seja, a implementação das medidas de AbE requer uma visão sistêmica da paisagem.

Além disso, as ações de AbE também podem ser consideradas medidas de baixo arrependimento, cuja implementação gera benefícios ainda que nenhum impacto da mudança do clima ocorra. Isto ocorre porque o manejo adequado de áreas estratégicas evita a ocorrência de desastres ou prejuízos que poderiam se dar caso essa mesma área fosse usada para habitação, por exemplo. Ou seja, a consolidação dessas áreas promove suas funções, como regulação microclimática, aumento da biodiversidade e beleza cênica, constituindo em um local para turismo e lazer, por exemplo. Em outras palavras, oferece uma série de serviços ecossistêmicos e co-benefícios à população (MMA, 2018).

Embora a RMRJ tenha uma extrema dependência do rio Paraíba do Sul, conforme evidencia o PDUI, importando água através de projetos de transposição de bacias, a gestão destas áreas não está sob jurisdição e gestão das instituições metropolitanas. Por outro lado, a extensa área que compreende o cinturão verde metropolitano tem grande potencial para produção de água, tendo em vista que a geografia e vegetação nestas áreas tem vocação para interceptação das bacias aéreas. Essa água pode ser armazenada no solo e nos aquíferos para ser represada no lençol freático, contribuindo para a capacidade de autodeterminação dos municípios da RMRJ em termos de segurança hídrica.

Em se tratando de uma proposta de planejamento de manejo, que pretende estar alinhada aos planos de desenvolvimento institucionais da metrópole, este trabalho priorizou oferecer uma proposta de equacionamento das demandas da região, que utilize os recursos disponíveis em seu território, para, com isso, fortalecer a capacidade de gestão da água na RMRJ.

Portanto, cabe a este trabalho orientar as ações de manejo para que os projetos de restauração sigam na trajetória da AbE, conduzindo-os para geração dos serviços ecossistêmicos esperados e para o manejo adaptativo nas áreas recomendadas. Para se chegar neste resultado, optou-se, basicamente, por trabalhar com a vegetação, enquanto interceptadora de água das bacias aéreas e agente estruturante do solo, que armazena a água, em áreas que tem solos ou pacotes de solos capazes de sustentá-las. Esta proposta objetiva, portanto, promover a interceptação e direcionamento da água, aumentando seu tempo de permanência na bacia, para gerar armazenamento e abastecimento, além de reduzir os transtornos causados pela passagem da água ao longo de seu percurso em direção aos cursos d'água.

Neste sentido, o exercício principal é adequar os projetos de restauração para atender aos critérios da AbE enquanto solução baseada na natureza. Ou seja, observar como funciona, ou deveria funcionar, a dinâmica dos ecossistemas nas áreas selecionadas e atuar no sentido de manter, recuperar ou mesmo potencializar suas funções ecossistêmicas.

Na perspectiva da segurança hídrica, isso implica em que as medidas recomendadas possam contribuir para a produção de água em quantidade e qualidade; contenção de encostas, reduzindo os riscos de deslizamentos; aumento do tempo de permanência da água no trajeto da bacia, reduzindo os alagamentos à jusante; contenção da intrusão salina, devido ao abastecimento do lençol freático e redução dos riscos de incêndio e ondas de calor, em função da consolidação da vegetação e retenção da umidade.

Para se chegar neste resultado, a principal recomendação é a avaliação desses ecossistemas, nos setores relacionados, com o objetivo de identificar em quais áreas eles estão funcionando de forma ótima, em quais áreas eles estão funcionando medianamente e em quais áreas eles não estão cumprindo suas funções ecossistêmicas.

A partir desta leitura, entender as razões que levam a cada um destes desempenhos,

identificando fatores de perturbação (como processos erosivos, degradação do solo, incêndios, ocupação por espécies invasoras e entrada de gado) para solucioná-los, além de reconhecer os fatores geradores de resiliência (como boa configuração do solo, umidade e água disponível, presença de matéria orgânica no solo, fatores regenerantes, como sementes e plântulas e presença de espécies nativas já em regeneração), que levam a uma dinâmica bem sucedida para, então, replicá-la em áreas com características semelhantes e que precisam de ajustes. Por outro lado, ecossistemas que estejam operando de forma ótima, podem ser mantidos através da restauração passiva e acompanhados ao longo do tempo com auxílio dos indicadores de monitoramento.

Uma vez concluída esta avaliação, identificados os fatores que afetam as dinâmicas nestes ecossistemas e estabelecido quais áreas podem ser administradas via restauração passiva e quais áreas precisam de intervenção, o próximo passo seria definir as ações de manejo. Neste sentido, a recomendação é que se faça um levantamento nas áreas a serem manejadas, nos diferentes setores, para se ter a informação da profundidade dos solos e seu estado de conservação para saber como operar no sentido de implantar espécies com as características ideais e com o porte adequado, dentro da capacidade de suporte de cada área, em função principalmente da profundidade desses solos e declividade do terreno.

Tal atributo é fundamental, uma vez que, esses solos precisam ser capazes de suportar a vegetação para que esses ecossistemas possam se consolidar e exercer suas funções. A introdução de espécies de grande porte em áreas de solos rasos pode, não só ser infrutífera no cumprimento de seus objetivos, como também gerar erosão e escorregamento desse solo, se tornando um passivo ambiental, ao invés de solução. Neste caso, é recomendado o uso de espécies arbustivas e de pequeno porte, que serão bem sucedidas nessas condições.

O mesmo vale para áreas de afloramento rochoso, que podem conter pacotes de solos capazes de sustentar espécies arbustivas, ou mesmo gramíneas nativas, que podem estruturar e manter esse solo, que também tem capacidade de infiltração. Em áreas de afloramento rochoso que contém pouco ou nenhum solo disponível, podem ser introduzidas epífitas nativas, que também conseguem reter umidade, que pode ser sorvida para os solos imediatamente abaixo. Por outro lado, o plantio de espécies de pequeno porte ou arbustivas em áreas de solos profundos é um desperdício de oportunidade de se trabalhar com uma vegetação de grande porte capaz de se tornar muito eficiente na interceptação da umidade em estratos mais altos, além da capacidade de estruturar esse solo em profundidade, através de suas raízes.

Com a finalidade de resumir e sistematizar a perspectiva descrita acima, as recomendações das medidas de AbE foram organizadas na tabela seguinte para cada setor em diferentes condições de resiliência.

Tabela 3: Recomendação das medidas de AbE.

Setor	Medida de AbE
Afloramentos rochosos	Nas áreas com resiliência, que apresentam algum tipo de perturbação, atuar com foco na eliminação dos fatores de perturbação e iniciar o manejo com a restauração passiva.
	Nas áreas com resiliência, que não estão perturbadas, atuar com a restauração passiva.
	Nas áreas com baixa resiliência, atuar eliminando as fontes de perturbação e proceder com o manejo através do plantio de espécies nativas, de acordo com a tipologia de vegetação que ocorre naturalmente no local. Caso não seja possível adquirir essas espécies, pode ser realizado o transplante de seus agentes regenerantes (matéria orgânica, sementes, plântulas, brotos, bulbos e raízes), através da transposição de solos de ecossistemas de áreas semelhantes, de preferência próximas da área a ser manejada e que tenham condições de atender à demanda por esse recurso.
Topos de morro	Nas áreas com resiliência, que apresentam algum tipo de perturbação, atuar com foco na eliminação dos fatores de perturbação e iniciar o manejo com a introdução de espécies arbustivas ou arbóreas, dependendo da profundidade do solo e declividade do terreno e compatíveis com o estágio sucessional e estratificação da vegetação já existente.
	Nas áreas com resiliência, que não estão perturbadas, atuar com a restauração passiva em fragmentos de vegetação em estágio de sucessão avançado ou através do plantio de enriquecimento, introduzindo espécies de diferentes estágios sucessionais de porte arbóreo ou arbustivo, dependendo da profundidade do solo e declividade do terreno.
	Nas áreas com baixa resiliência, atuar eliminando as fontes de perturbação e proceder com o manejo através das técnicas de restauração ecológica, com manejo integrado do solo e plantio de espécies nativas adaptadas às condições atuais da área com vistas a se construir uma nova configuração de solo e da vegetação que permita que a área manejada possa seguir na trajetória da restauração. O plantio pode ser precedido ou consorciado com espécies de adubação verde nativas, ou exóticas de ciclo curto e comportamento não invasor.
Zonas de reforço de recarga	Nas áreas com resiliência, que apresentam algum tipo de perturbação, atuar com foco na eliminação dos fatores de perturbação e iniciar o manejo com a introdução de espécies arbóreas de porte pequeno, médio ou grande, dependendo da profundidade do solo e declividade do terreno e compatíveis com o estágio sucessional e estratificação da vegetação já existente.
	Nas áreas com resiliência, que não estão perturbadas, atuar com a restauração passiva em fragmentos de vegetação em estágio de sucessão avançado ou através do plantio de enriquecimento, introduzindo espécies de diferentes estágios sucessionais de porte arbóreo de pequeno, médio ou grande porte, dependendo da profundidade do solo e declividade do terreno.
	Nas áreas com baixa resiliência, atuar eliminando as fontes de perturbação e proceder com o manejo através das técnicas de restauração ecológica, com manejo integrado do solo e plantio de espécies nativas adaptadas às condições atuais da área com vistas a se construir uma nova configuração de solo e da vegetação que permita que a área manejada possa seguir na trajetória da restauração. O plantio pode ser precedido ou consorciado com espécies de adubação verde nativas, ou exóticas de ciclo curto e comportamento não invasor.

Para cada setor existe um conjunto de técnicas e procedimentos de manejo que envolvem as etapas de restauração (como técnicas de correção do solo, adubação, plantio, seleção de espécies, controle de formigas cortadeiras, construção de cercas e manejo integrado do fogo (MIF)), cuja escolha, definida pelos engenheiros e técnicos responsáveis pela execução dos projetos, depende das características do local, dos objetivos da restauração e dos recursos disponíveis. No sentido de orientar esta tomada de decisão, recomenda-se que os projetos sejam apoiados pelos protocolos oficiais reconhecidos e disponibilizados pelos órgãos ambientais em diferentes instâncias, como INEA, SEAS e ICMBio.

Os objetivos das medidas de AbE a serem definidos devem acontecer, respeitando os planos de manejo e as categorias de Unidades de Conservação. O ICMBio orienta para que nas UCs de proteção integral, o objetivo deve ser o de aproximar seus ecossistemas o mais perto possível das condições originais. Já nas UCs de uso sustentável, que abrigam ecossistemas em diferentes graus de perturbação e degradação, além de variadas atividades humanas, ou nas UCs de Proteção Integral com posse privada, deve-se refletir sobre os objetivos de manejo em função dos usos possíveis e permitidos, com a possibilidade de se estabelecer arranjos produtivos, como os Sistemas Agroflorestais (SAFs) (ICMBio, 2021).

Os métodos de manejo apresentados não são fechados, nem devem ser pensados isoladamente. Pode-se fazer necessário mesclar diferentes métodos para que seja possível atingir os resultados almejados. Ao longo da trajetória da AbE, de acordo com o monitoramento dos resultados, pode-se substituir os métodos que não tenham funcionado como esperado, bem como avançar com novas ações de manejo em áreas bem sucedidas. Esta abordagem de manejo adaptativo, na qual alteramos o método de acordo com os resultados, é sempre a mais adequada para se trabalhar com AbE, em que muitos fatores interagem, gerando alta imprevisibilidade e risco de insucesso, inclusive em função das mudanças climáticas.

5.1.4. Seleção e recomendação de indicadores de monitoramento e avaliação

Uma vez implantadas as medidas de AbE, existem alguns cenários possíveis que podem ser esperados. Embora o cenário ideal seja a reversão das fragilidades ambientais e melhoria da segurança hídrica no menor horizonte de tempo possível, o resultado mais provável é esperar que a área, após a intervenção das medidas de adaptação, apresente características que possibilitem melhorias graduais ao longo do tempo, distanciando-se do estado inicial de vulnerabilidade. No cenário mais pessimista, espera-se que o estado de conservação da área melhore em relação ao estágio inicial e permaneça estável, o que pode ser um indicativo de que novas opções de manejo devem ser consideradas (ICMBio, 2021).

Esta avaliação é importante para garantir que a AbE seja, de fato, eficiente e eficaz, considerando o aprendizado para o manejo adaptativo. Dessa forma, as intervenções para AbE, a longo prazo, podem envolver uma sequência de projetos. Isto se deve não apenas pela avaliação de

desempenho, ao não se chegar ao resultado esperado, mas também pelas modificações nas características dos ecossistemas manejados a longo prazo, que podem passar de um ambiente degradado para não degradado, ou ainda passar de uma área recém reflorestada para uma floresta consolidada, onde novas espécies podem ser inseridas, através do plantio de enriquecimento, dando, portanto, continuidade à AbE. Esta perspectiva é fundamental para a leitura e compreensão de como esses ecossistemas estão respondendo às ações de manejo e, com isso, otimizar a prestação dos serviços ecossistêmicos esperados, além de permitir que a AbE ganhe escala, através da avaliação de seu desempenho para replicação em áreas com características semelhantes, potencializando os resultados.

O “Guia de Restauração Ecológica para gestores de Unidades de Conservação” do ICMBio recomenda alguns parâmetros de avaliação dos diferentes métodos de manejo, tais como a avaliação do funcionamento do ecossistema normal para o estágio de desenvolvimento; sinais de disfunção ausentes; integração com os processos ecossistêmicos da paisagem; ausência de fatores de degradação; resiliência para perturbações características do ambiente, de forma a manter a integridade do ecossistema mesmo após eventos normais de estresse, como seca e inundações; capacidade de se auto sustentar ao longo do tempo da mesma forma que o ecossistema original, considerando flutuações decorrentes de perturbações e a possibilidade de adaptações às mudanças graduais no ambiente (ICMBio, 2021).

A escolha dos indicadores para monitoramento e avaliação das medidas de AbE precisa considerar ainda a sua viabilidade na escala desejada, os custos e recursos disponíveis para sua aplicação a longo prazo, tendo em vista a possibilidade de descontinuidade, uma vez que, demanda engajamento dos gestores e tomadores de decisão. Sendo assim, é importante definir indicadores que sejam, de fato, representativos dos resultados e que sejam possíveis de serem executados pelos atores que possam estar envolvidos na execução e acompanhamento dos projetos.

A Resolução INEA N°143 de 2017, que institui o Sistema Estadual de Monitoramento e Avaliação da Restauração Florestal (SEMAR), orienta para a utilização de indicadores ecológicos de monitoramento, por se tratarem de variáveis que podem ser medidas com facilidade e precisão para o monitoramento das alterações na biodiversidade ou nos processos ecológicos do ecossistema em restauração, ao longo de sua trajetória em relação ao estado desejado ou ao estado inicial (INEA, 2017).

Algumas destas variáveis estão correlacionadas, ou seja, uma única variável pode representar várias outras que também são de interesse da avaliação. De acordo com a orientação da cartilha do ICMBio, o ideal é selecionar as variáveis com o maior número de correlações e identificar quais são mais acessíveis de serem medidas, gerando um monitoramento simples, porém capaz de fornecer as informações necessárias de forma satisfatória. O documento também apresenta algumas sugestões de indicadores de monitoramento e discorre sobre suas implicações. Para este estudo, utilizou-se a recomendação do ICMBio para os indicadores de monitoramento da restauração

ecológica, elencando os indicadores que melhor se aplicam para avaliação do desempenho dos projetos propostos, com vistas ao melhor gerenciamento da água e equacionamento da dinâmica hídrica nas bacias hidrográficas da RMRJ.

A partir do uso de indicadores da estratificação da vegetação, diversidade de formas devida e grupos funcionais presentes na área em estudo, pode-se avaliar indiretamente o funcionamento desse ecossistema. Indicadores da dinâmica da comunidade de plantas sinalizam a dinâmica de sucessão ecológica e a capacidade da vegetação em se manter ao longo do tempo, por meio da regeneração natural. Por outro lado, medidas diretas do funcionamento do ecossistema em regeneração, como a taxa de infiltração de água no solo, umidade do solo e pluviometria no interior dos ecossistemas florestais, fornecem informações mais direcionadas para a prestação de serviços ecossistêmicos, tendo como principal produto a água, objeto deste estudo.

No caso da taxa de infiltração de água no solo, esta medida permite avaliar o desempenho final de todos os processos que envolvem as diferentes recomendações de manejo, uma vez que a água é armazenada no solo. Já a medida da pluviometria no interior dos ecossistemas florestais, não consta na tabela de indicadores do ICMBio, mas foi acrescentada para atender a demanda deste estudo, uma vez que, permite quantificar a entrada de água da chuva, por ação da interceptação da vegetação na área manejada. O monitoramento da umidade do solo também foi acrescentado para atender à recomendação da ANA, que em seu documento intitulado “Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos: Avaliações e Diretrizes para Adaptação”, publicado em 2016, destaca a necessidade de se investir no monitoramento sistemático desta variável para permitir a compreensão dos processos físicos envolvidos no ciclo hidrológico, enquanto ferramenta fundamental para o desenvolvimento e implantação de sistemas de alerta de cheias e sistemas de previsão climática de vazões, sendo estas consideradas medidas fundamentais de adaptação de baixo arrependimento às mudanças do clima no setor de recursos hídricos (ANA, 2016).

Contudo, a medição de todos estes indicadores pode implicar em altos custos para o projeto, inviabilizando sua aplicação num contexto de pouco recurso e em grandes áreas, como é o caso da RMRJ. Sendo assim, para este estudo, optou-se por selecionar alguns indicadores, que possam atender a diferentes situações de projeto, permitindo que a recomendação proposta possa se adaptar aos recursos disponíveis e às diferentes capacidades de gestão, mas que ainda possam traduzir as informações necessárias para a avaliação das medidas recomendadas para AbE. Os indicadores selecionados estão listados na Tabela 4.

Tabela 4: Indicadores de monitoramento e avaliação das medidas de AbE.

Critério	Indicadores
Composição	Número e proporção entre espécies vegetais nativas (com populações persistentes).
	Presença e abundância de espécies invasoras (em proliferação). Presença e proporção de grupos funcionais (síndromes de dispersão, classes sucessionais, tolerância à sombra etc.).
	Formas de vida (presença e proporção entre árvores, arbustos, ervas, trepadeiras, epífitas etc.).
Estrutura	Cobertura (projeção de copas ou gramíneas sobre o terreno).
	Densidade (por forma de vida e classe de tamanho).
	Estratificação (distribuição vertical das plantas).
Funcionamento	Pluviometria no interior dos ecossistemas florestais
	Capacidade de infiltração da água no solo.
	Umidade do solo

Todos os indicadores recomendados são capazes de fornecer, direta ou indiretamente, as informações necessárias para avaliação do desempenho dos projetos de manejo para AbE. A decisão de qual ou quais utilizar fica a cargo dos responsáveis pela execução do projeto, de acordo com os recursos disponíveis. O ideal, no entanto, é que se dê preferência para os indicadores de funcionamento, uma vez que, eles já fornecem a resposta sobre o produto final dos serviços ecossistêmicos após o manejo, aliados aos indicadores de estrutura e composição para extrair dados sobre a evolução destes ecossistemas no tempo, bem como do acompanhamento dos usos do solo nessas áreas. Na medida em que outros parâmetros de estudo e avaliação da trajetória e desempenho da AbE sejam de interesse, novos indicadores podem ser incorporados, como a taxa de fixação de carbono, por exemplo.

Além do monitoramento através de indicadores-chave relacionados com o desempenho dos ecossistemas na gestão da água, a ANA recomenda ainda que, na ocasião de execução dos projetos, se estabeleça um intervalo para avaliação dos indicadores, que possibilite a avaliação em curto, médio e longo prazo, de forma a permitir que se visualizem de forma clara os acertos e os erros de cada alternativa de adaptação. Ressalta também a importância da variabilidade espacial e representatividade das bacias de pequeno porte para avaliação do desempenho em escalas maiores (ANA, 2016).

Sendo assim, torna-se imprescindível ampliar ao máximo a coleta de dados em diferentes escalas de bacia hidrográfica, no sentido de compreender os diferentes efeitos hidrológicos distribuídos espacialmente na bacia e que estão fortemente integrados na dinâmica hídrica em escala regional. Este conhecimento vai permitir um diagnóstico mais preciso das medidas de AbE, identificando possíveis disfunções pontuais, permitindo seus ajustes e potencializando o manejo adaptativo pretendido.

No âmbito do Estado do Rio de Janeiro, a Resolução INEA N°143 apresenta alguns instrumentos para auxiliar na execução do monitoramento de projetos de restauração florestal, tais como valores de referência para monitoramento dos projetos de restauração ecológica ajustados a cada fitofisionomia, modelo de relatório de monitoramento para certificação da implantação, além de um manual de procedimentos para o monitoramento de áreas em restauração florestal no Estado do Rio de Janeiro.

6. CONCLUSÕES

Com o aumento de ocorrência de eventos extremos associados às mudanças climáticas, dos quais não se detém o controle, é preciso atuar estrategicamente no sentido de gerar uma nova configuração de território adaptada a estes eventos e a dinâmica a eles associada. Na perspectiva da segurança hídrica, a capacidade de autodeterminação dos municípios e regiões para ser sustentável em termos de água tem impacto direto no desenvolvimento territorial, uma vez que, a segurança hídrica afeta não só as pessoas, mas todos os setores que dependem da água para suas atividades e também a capacidade da gestão pública, tendo em vista que os impactos da falta de autodeterminação hídrica gera um processo de empobrecimento com implicações diversas.

Segundo o diagnóstico realizado neste estudo, a RMRJ não é autossuficiente em termos de produção de água, importando este recurso do rio Paraíba do Sul, através de projetos de transposição de bacias. Este cenário faz com que a região tenha uma extrema dependência do que acontece no entorno, fora do alcance da gestão das instituições metropolitanas. Sendo assim, oferecer uma proposta de equacionamento destas situações, atuando de forma estratégica se mostrou o grande desafio para gestão das águas na RMRJ.

O estudo mostrou que a maneira de cumprir com esse objetivo é manejar as bacias hidrográficas em setores estratégicos, fortalecendo os ecossistemas que tem vocação para produzir serviços ambientais hídricos, de forma a gerar planejamento para a gestão sustentável da água. A RMRJ possui em seu território áreas com capacidade para produção e perenização da água. Estas áreas foram identificadas e setorizadas com vistas à recomendação de ações de manejo para AbE, utilizando a vegetação, através da restauração ecológica, como provedor de serviços ecossistêmicos com funções hídricas.

A pesquisa avaliou que a conservação de bacias hidrográficas pode ser particularmente relevante para a RMRJ, que abrange municípios de baixa renda, que não podem arcar com os custos de operação e manutenção das infraestruturas convencionais, uma vez que as infraestruturas verdes podem ser significativamente mais econômicas, quando bem aplicadas. Além disso, investimentos em infraestruturas verdes na conservação das bacias hidrográficas, podem resultar na produção de água de melhor qualidade, gerando economia com os custos de tratamento para as concessionárias de água.

Sendo assim, conclui-se que a AbE, na medida em que utiliza infraestruturas verdes estrategicamente planejadas e gerenciadas para fornecimento de serviços ecossistêmicos, passa a ser parte da resposta aos desafios hídricos, oferecendo soluções para os principais riscos que determinam a segurança hídrica urbana na RMRJ. Para tanto, afirma-se a necessidade de abordar a administração das águas pluviais, através do manejo das bacias hidrográficas, como estratégia para reorganização dos escoamentos nas bacias e armazenamento das águas pluviais na paisagem.

Neste sentido, o estudo avaliou que as áreas mais aptas para implantação das ações de AbE na RMRJ, coincidem com as áreas protegidas por Unidades de Conservação e que compõem o Cinturão Verde Metropolitano, uma vez que, estas áreas são livres de edificação e passíveis de serem manejadas, tendo em vista que ações de manejo para restauração nestas áreas estão em conformidade com os objetivos do SNUC em consolidar as UCs e otimizar os serviços ecossistêmicos por elas prestados.

Sendo assim, a opção pelas áreas recomendadas atenderia aos critérios da AbE, no sentido de dotar a metrópole de capacidades para gerir os próprios recursos naturais, maximizando o aproveitamento dos serviços ecossistêmicos providos em seu território e contribuindo para a resiliência climática na RMRJ.

A recomendação das medidas de AbE, a partir do entendimento dos processos que ocorrem na bacia hidrográfica, visam criar uma forma de uso do solo que gere o melhor resultado possível para o equilíbrio das funções hídricas, entendendo que a água é um patrimônio e o principal produto dos serviços ecossistêmicos. Ao propor ações de manejo dos recursos ecossistêmicos que já existem dentro do território da RMRJ, o presente trabalho espera contribuir para fortalecer a capacidade de autodeterminação da gestão metropolitana em termos de água, consolidar suas funções sociais, ambientais e econômicas, atualmente fragilizadas pela insegurança hídrica, e contribuir para a integração da adaptação climática nos planos e políticas de desenvolvimento da metrópole.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRANCHES, S. **Clima, Governança e Democracia: Fundamentos Domésticos da Governança Global do Clima.** Sustentabilidade e Governança. Disponível em: <https://sustentabilidadegovernanca.com.br/site/content/pdf/clima-e-governabilidade>. Acesso em 10 dez. 2020.
- Agência Nacional de Águas – ANA. **Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos: Avaliação e Diretrizes para a Adaptação.** Brasília, 2016. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/todos-os-documentos-do-portal/documentos-soe/mudancas-climaticas/mudanca-climatica-e-recursos-hidricos-2013-avaliacoes-e-diretrizes-para-adaptacao/mudancas-climaticas-e-recursos-hidricos-ana-2016.pdf>>. Acesso em: 04 jan. de 2021.
- Agência Nacional de Águas – ANA. **Planejamento, Manejo e Gestão de Bacias Hidrográficas.** Brasília, 2019. Disponível em: <https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/2560/3/Unidade_3.pdf>.
- Agência Nacional de Águas – ANA. **Promovendo a Resiliência Hídrica no Brasil: Transformando Estratégia em Ação.** Brasília, 2021. Disponível em: <<https://www.oecd-ilibrary.org/sites/85a99a7c-en/index.html?itemId=/content/publication/85a99a7c-en>>. Acesso em 01 dez. de 2021.
- BENAYAS, R. M. J. Et al. **Enhancement of Biodiversity and Ecosystem Services by Ecological Restoration: A Meta-Analysis.** Rev. Science. 2009. Vol. 325, 1121-1124. Disponível em: <<https://www.science.org/doi/10.1126/science.1172460>>. Acesso em: 21 jun. de 2022.
- BRANCALION, S. H. et al. **Oportunidades de Restauração Global em Paisagens de Floresta Tropical.** Sci. Adv. 2019. Disponível em: <https://advances.sciencemag.org/content/5/7/eaav3223/tab-pdf>. Acesso em: 04 fev. de 2021.
- Câmara Metropolitana do Rio de Janeiro - CMRJ. **Plano Estratégico de Desenvolvimento Urbano Integrado (PDUI).** Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <<https://www.modelarametropole.com.br/documentos/#documentos-produtos>>. Acesso em: 07 abr. de 2020.
- Fundação Getúlio Vargas – FGV. **Soluções Baseadas na Natureza.** FGV, 2017. Disponível em: <http://www.p22on.com.br/wp-content/uploads/2017/12/P22ON_DEZEMBRO-2017-edfinal.pdf>. Acesso em 02 mar. de 2020.
- ICLEI - Governos Locais pela Sustentabilidade. **Adaptação Baseada em Ecossistemas Oportunidades para Políticas Públicas em Mudanças Climáticas.** Curitiba, 2014, ICLEI Brasil, Fundação Grupo Boticário e Observatório do Clima, 244 p. Disponível em: <http://e-lib.iclei.org/wp-content/uploads/2018/10/Adapatacao_baseada_em_ecossistemas.pdf>. Acesso em: 15 abr. de

2020.

Imaflora - Instituto de Manejo e Certificação Florestal e Agrícola. **Atlas Agropecuário**. Piracicaba, 2017. Disponível em: <http://www.imaflora.org/atlasagropecuario/>. Acesso em 30 ago. de 2022.

Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio. **Guia de Restauração Ecológica para Gestores de Unidades de Conservação**. Brasília, 2021. Disponível em: https://www.funbio.org.br/wp-content/uploads/2022/02/Guia-de-Restauracao-Ecologica_digital-1.pdf. Acesso em: 11 abr. de 2022.

Instituto Estadual do Ambiente – INEA. Resolução INEA N° 143 de 14 de Junho de 2017. Rio de Janeiro, INEA, 2017. Disponível em: < <http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/01/RESOLU%C3%87%C3%83O-INEA-N%C2%BA-143.pdf>>. Acesso em 15 out de 2022.

Instituto Estadual do Ambiente – INEA. **Soluções Baseadas na Natureza para Água, Clima e Biodiversidade**. Rio de Janeiro, INEA, 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=KwefWkZ38o8&t=2249s>. Acesso em: 21 set. de 2020.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. **Riscos das Mudanças Climáticas no Brasil: Análise Conjunta Brasil-Reino Unido Sobre os Impactos das Mudanças Climáticas e do Desmatamento na Amazônia**. Brasília, INPE, 2011.

Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC. **About IPCC**. Disponível em < <https://www.ipcc.ch/>>. Acesso em 05 de nov. de 2020.

Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC. **The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge University Press, 2021.

Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC. **Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge University Press, 2022.

Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC. **Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge University Press, 2022.

Masterplan, 2021. **Planos Municipais de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica (PMMA): Mosaico Central Fluminense**. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <http://pmma.etc.br/mdocs-posts/mosaico-> Acesso em 18 jun. de 2021.

Ministério do Meio Ambiente - MMA. **Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (PNA)**. Brasília, MMA, 2015. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/clima/adaptacao/plano-nacional-de-adaptacao>>. Acesso em: 02 abr. de 2020.

Ministério do Meio Ambiente - MMA. **Integração da Adaptação Baseada em Ecossistemas (AbE) no Planejamento do Desenvolvimento: Uma Formação Orientada para a Prática, Baseada no Guia de Políticas da OCDE.** Brasília, MMA, 2018.

Disponível em:

<https://www.mma.gov.br/images/imagens/biomas/mata_altantica/Apostila_AbE_20_04_2018.pdf>. Acesso em: 10 abr. de 2020.

Plataforma MapBiomas – MapBiomas. **Quem Somos.** Disponível em: <<https://mapbiomas.org/quem-somos>>. Acesso em: 14 abr. De 2021.

Plataforma MapBiomas – MapBiomas. **Mapas e Dados.** Disponível em: <<https://mapbiomas.org/download>>. Acesso em 09 nov. de 2021.

PEREIRA, R. C., 2016. **Quantificação da Chuva Oculta na Serra do Mar no Estado do Rio de Janeiro.** Rev. Ciência Florestal. Vol. 26, 1061-1073. UFSM. Santa Maria, RS ISSN0103-9954. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cflo/a/yzHfrikbptN8NQnGmG9kYBHj/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 03 jun. de 2022.

ROSA, M. R.; BRANCALION, P. H. S.; CROUZEILLES, R. et al., 2021. **Hidden Destruction of Older Forests Threatens Brazil's Atlantic Forest and Challenges Restoration Programs.** Sci. Adv., 7, 2021.

SCARANO, R. F., 2021 – **Rio de Janeiro: Dando Escala a Soluções Verdes Urbanas.** Museu do Amanhã. Rio de Janeiro, RJ. Disponível em: <https://museudoamanha.org.br/pt-br/rio-de-janeiro-dando-escala-a-solu%C3%A7%C3%B5es-verdes-urbanas>. Acesso em: 22 nov. de 2021.

Secretaria de Estado do Ambiente – SEA. **Plano de Ação Nacional para a Conservação da Flora Endêmica Ameaçada de Extinção do Estado do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro, SEA, 2018. Disponível em: < <https://dados.gov.br/dataset/plano-de-acao-nacional-flora-endemica-ameacada-rio-de-janeiro/resource/82728359-8070-41cf-b8dc-29d0cbf22123>>. Acesso em: 26 abr. de 2022.

STRANDENAES, J. G., 2012. **Sustainable Development Governance Towards Rio+20: Framing the Debate.** SDG 2012.

STRANDENAES, J. G., 2014. **Participatory Democracy – HLPF Laying the Basis for Sustainable Development Governance in the 21st Century.** Report for UM-DESA.

VALCARCEL, R. 2015. **Manejo de Bacias Hidrográficas.** Comitê de Bacia do rio Dois Rios. Friburgo, RJ. Disponível em: < <https://www.cbhriodoisrios.org.br/conteudo/ricardo-valcarcel.pdf>>. Acesso em: 23 jan. de 2021.

VALCARCEL, R. 1998. **Propostas De Ação Para O Manejo Da Bacia Hidrográfica Do Rio**

Paraíba Do Sul. Rev. Floresta & Ambiente . Vol. 5(1), 68-88. UFRRJ. Seropédica,RJ ISSN 1415.0980. Disponível em

https://www.researchgate.net/publication/268417886_Propostas_de_acao_para_o_manejo_da_bacia_hidrografica_do_rio_paraiba_do_sul . Acesso em 07 mai. de 2022.

World Resources Institute – WRI. **Mata Atlântica, o Lugar Ideal para Restauração de**

Florestas e Paisagens. Brasília, WRI, 2019. Disponível em:

<<https://wribrasil.org.br/pt/blog/2019/07/por-que-mata-atlantica-e-o-lugar-ideal-para-restauracao-de-florestas-e-paisagens>. Acesso em 20 jan. de 2021.

World Resources Institute – WRI. **Por que Preservar a Integridade das Florestas é Tão**

Importante Quanto Evitar o Desmatamento . Brasília, WRI,2022. Disponível em:<