

ÍNDICE DE SAÚDE DA ÁGUA

**BACIA DO RIO GRANDE
BAHIA, BRASIL**

Novembro 2021

AGRADECIMENTOS

A avaliação do Índice de Saúde da Água na bacia do rio Grande foi realizada no âmbito do projeto Parceria para o Bom Desenvolvimento (*The Good Growth Partnership*, em inglês), que tem como objetivo promover o estabelecimento de paisagens agrícolas sustentáveis que conciliam a produção de commodities e a conservação da natureza. No Brasil, o projeto é executado pela Conservação Internacional (CI-Brasil), com o apoio do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) e financiamento do Fundo Global para o Meio Ambiente.

Esse trabalho foi possível também pela criação do Índice de Saúde da Água no âmbito da iniciativa para Água Doce da Conservação Internacional e pelo envolvimento das equipes técnicas do Brasil e dos Estados Unidos. Agradecemos também a equipe de consultores da Jacarandá e PINS – Planejamento e Gestão Integrando Natureza e Sociedade.

As parcerias institucionais com a Secretaria de Meio Ambiente do Estado da Bahia – SEMA e o Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos – INEMA também foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Agradecemos especiais a todos os participantes da pesquisa de pesos e percepção da governança da Bacia do Rio Grande.





SUMÁRIO

SUMÁRIO EXECUTIVO	7
RESULTADOS PRINCIPAIS	8
CONCLUSÕES	9
PARTE I: AVALIAÇÃO DA LINHA DE BASE	10
1. INTRODUÇÃO	10
2. VITALIDADE DO ECOSISTEMA	11
2.1. Quantidade de Água	11
2.1.1. Desvio do Regime Natural da Vazão	11
2.1.2. Esgotamento de Água Subterrânea	13
2.2. Qualidade da Água	14
2.2.1. Índice de Qualidade da Água	14
2.3. Condição da Bacia de Drenagem	15
2.3.1. Modificação da Margem	16
2.3.2. Conectividade de Fluxos	16
2.3.3. Naturalidade da Cobertura do Solo	17
2.4. Biodiversidade	18
2.4.1. Espécies de Interesse	18
2.4.2. Espécies Exóticas	18
3. SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS	20
3.1. Provisão	20
3.1.1. Confiabilidade do Fornecimento de Água Relativo à Demanda	20
3.1.2. Biomassa para Consumo	21
3.2. Regulação e Suporte	22
3.2.1. Regulação de Sedimento	22
3.2.2. Regulação da Qualidade da Água	23
3.2.3. Regulação de Doenças	23
3.2.4. Regulação de Inundações	24
3.3. Cultural	24
3.3.1. Conservação e Patrimônio Cultural	25
3.3.2. Recreação	26
4. GOVERNANÇA E PARTES INTERESSADAS	27
4.1. Ambiente Favorável	27
4.1.1. Estrutura para o Manejo da Bacia	27
4.1.2. Regras para o Uso dos Recursos	28
4.1.3. Incentivos e Regulações	28
4.1.4. Capacidade Técnica	28
4.1.5. Capacidade Financeira	28
4.2. Compromisso das Partes Interessadas	28
4.2.1. Informação e Conhecimento	28
4.2.2. Envolvimento nos Processos de Tomada de Decisões	28
4.3. Efetividade	30
4.3.1. Execução e Conformidade	30
4.3.2. Distribuição de Benefícios dos Serviços Ecosistêmicos	30
4.3.3. Conflito Relacionado à Água	30
4.4. Visão e Governança Adaptativa	31
4.4.1. Mecanismos de Monitoramento	31
4.4.2. Planejamento Integral e Gerenciamento Adaptativo	31
CONCLUSÃO	32
PARTE II: MODELO HIDROLÓGICO	33
APÊNDICE PARTE I: MÉTODOS PARA O CÁLCULO DOS INDICADORES	34
APÊNDICE PARTE II: MÉTODO PARA O MODELO HIDROLÓGICO	42
BIBLIOGRAFIA	45

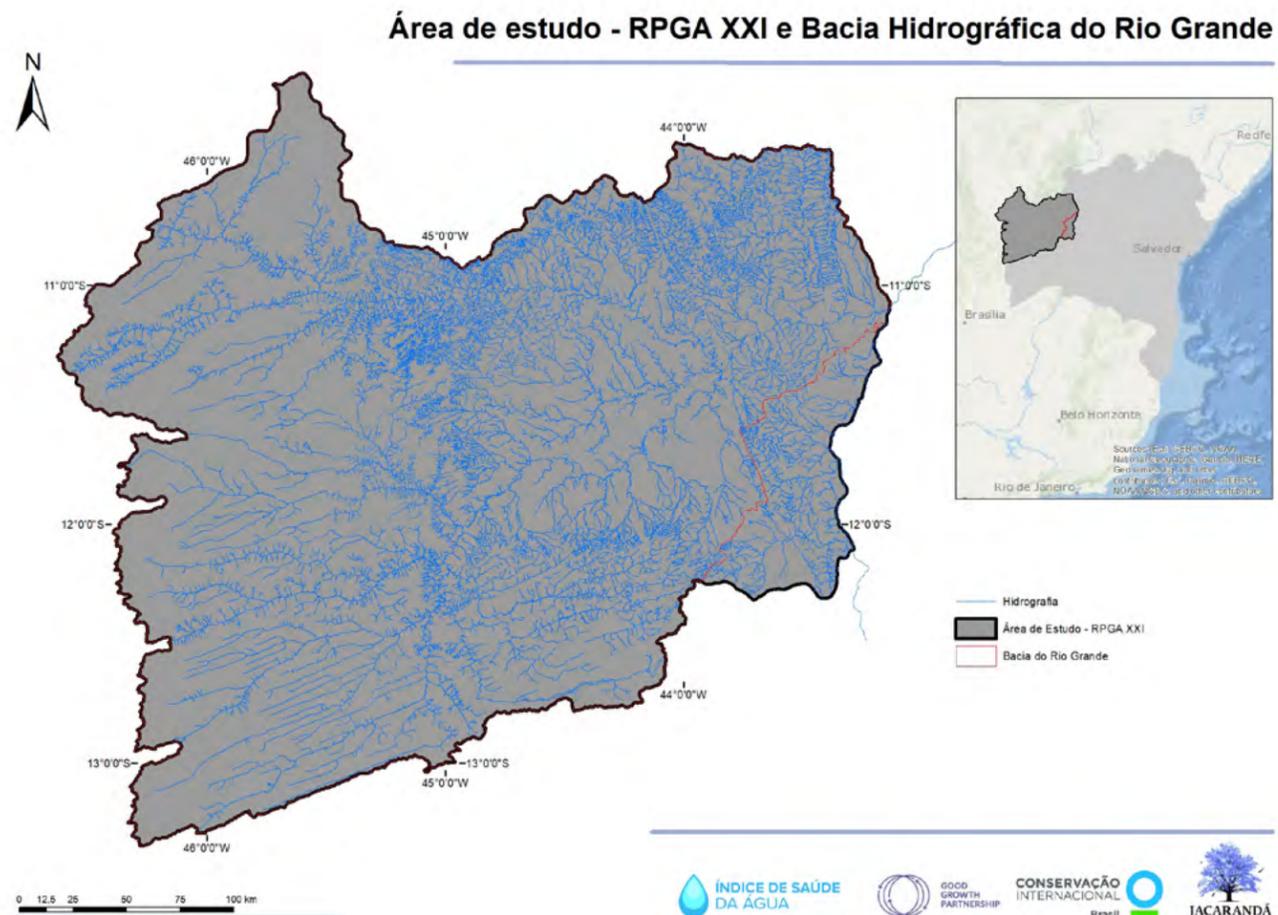
RPGA XXI BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRANDE

SUMÁRIO EXECUTIVO

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRANDE

A bacia hidrográfica do Rio Grande, no oeste da Bahia, constitui uma das principais e mais impactadas sub-bacias do MATOPIBA. O Rio Grande tem grande importância para a vazão do Rio São Francisco e sua bacia hidrográfica ocupa 13,2% do território estadual. Suas condições têm levantado preocupações sobre o uso adequado dos recursos naturais, em especial da água, essencial tanto para as atividades econômicas quanto para a sobrevivência de ecossistemas e comunidades humanas.

A fim de planejar a conservação da água na região, avaliando trade-offs e subsidiando o estabelecimento de prioridades, a Conservação Internacional (CI Brasil) realizou a aplicação do Índice de Saúde da Água (ISA) na bacia hidrográfica do Rio Grande para avaliar três componentes: Vitalidade do Ecossistema, Serviços Ecossistêmicos e Governança e Partes Interessadas. Neste relatório executivo são apresentados os resultados do ISA, bem como seus indicadores e componentes.



RESULTADOS PRINCIPAIS

- O componente de Serviços Ecossistêmicos apresentou a maior pontuação (62), indicando que a Bacia do Rio Grande está atendendo em parte os serviços esperados pelas partes interessadas, como populações urbanas e rurais, grandes produtores rurais e indústrias. O indicador de Provisão foi considerado o mais importante pelas partes interessadas, que atribuíram um peso de 0,50, em relação aos serviços de regulação e cultural. O indicador de Provisão foi também o que recebeu maior pontuação (89), determinado pelo subindicador de Confiabilidade do Fornecimento de Água e indicando que quase todas as demandas por água estão sendo atendidas na Bacia do Rio Grande.
- A contrapartida, no entanto, da alta provisão de recursos é a diminuição da quantidade de água, que obteve uma pontuação de 66, integrante do componente de Vitalidade do Ecossistema. Este valor indica que a Bacia do Rio Grande apresenta condições de quantidade de água já diminuídas em relação ao ideal. Os subindicadores de Desvio do Regime Natural de Vazão (63) e Esgotamento de Água Subterrânea (69) apontam já para um impacto nas águas superficiais e subterrâneas, principalmente no sudoeste da bacia hidrográfica.
- O componente de Vitalidade do Ecossistema recebeu uma pontuação (53) inferior ao de Serviços Ecossistêmicos, o que demanda atenção dos gestores e partes interessadas sobre a degradação da bacia e sua capacidade de fornecer serviços e benefícios no futuro. O menor subindicador foi de Espécies Invasoras (10), refletindo uma situação preocupante de introdução de espécies exóticas invasoras em ambientes aquáticos e ripários, que podem ameaçar a biota nativa.
- Os subindicadores de Naturalidade da Cobertura do Solo (65) e de Conservação e Patrimônio Cultural (13), merecem atenção, pois indicam que a área de estudo ainda possui uma cobertura de vegetação nativa considerável, porém muito pouco protegida efetivamente. Apesar da Bacia do Rio Grande ter um bom recobrimento de Unidades de Conservação (UCs), elas são em sua maior parte Áreas de Proteção Ambiental (APAs), que têm baixa efetividade na proteção dos ecossistemas nativos. É importante ressaltar que a lacuna de Unidades de Conservação na região é percebido como um ponto de atenção pelas partes interessadas, que atribuíram um peso de 0,83, com alto consenso. Desse modo, sugere-se a criação de novas UCs de Proteção Integral, especialmente com foco na biota aquática e nas espécies ameaçadas e endêmicas do oeste baiano.
- O componente de Governança e Partes Interessadas foi o que obteve a menor pontuação (41), indicando a necessidade de se fortalecer o comitê de bacia e os mecanismos de gestão e controle do uso da água na Bacia do Rio Grande. O aumento da pontuação deve ser uma prioridade para os tomadores de decisão na bacia hidrográfica. Dentre os subindicadores, Capacidade Financeira e Capacidade Técnica foram os que receberam as menores pontuações, de 27 e 28, respectivamente, demonstrando que os atores consideram os investimentos em gestão de recursos hídricos muito aquém do desejável na região e percebem que há uma falta de pessoal especializado e em quantidade adequada para a gestão dos recursos hídricos na região.
- Não foram encontrados dados suficientes para o cálculo e avaliação do subindicador de Biomassa para Consumo, sendo recomendável que se estimulem estudos sobre a pesca na região e monitoramento pesqueiro contínuo.

CONCLUSÕES

Os resultados da avaliação do Índice de Saúde da Água na Bacia do Rio Grande, no oeste da Bahia, apontam preocupação e atenção. Indica que a integridade do ecossistema tem sido prejudicada pelas ações humanas e que os serviços ecossistêmicos providos por ele podem ficar ameaçados num futuro próximo, caso medidas de conservação e recuperação não sejam implementadas. Governança e Partes Interessadas é, dentre os componentes, o que demonstra maior preocupação e que deve ser prioridade dos tomadores de decisão. Apesar de haver um comitê de bacia e estar sendo desenvolvido um Plano de Recursos Hídricos para a Região de Planejamento e Gestão das Águas - RPGA XXI, até o momento as partes interessadas percebem que os mecanismos de gestão e o ambiente não são favoráveis a uma boa governança da água, de modo a garantir a resolução de conflitos e a saúde da bacia hidrográfica.

Recomenda-se que o ISA seja reaplicado dentro de cinco ou dez anos, de forma a monitorar o desempenho de cada indicador e avaliar se a trajetória da bacia caminhará para uma recuperação das condições ecológicas e boa governança ou o contrário. Parece ser um momento decisivo para a definição do futuro da região se tornar sustentável ou sofrer os prejuízos da degradação dos ecossistemas e, por conseguinte, da sua capacidade de sustentar as comunidades humanas e o agronegócio na região.



Figura 2. Linha de base do Índice de Saúde da Água na Bacia do Rio Grande.

PARTE I: AVALIAÇÃO DA LINHA DE BASE

1. INTRODUÇÃO

A segurança hídrica é um dos maiores desafios da nossa sociedade contemporânea. Estima-se que, atualmente, 1,1 bilhão de pessoas não têm água em quantidade suficiente nem mesmo para garantir as suas necessidades básicas, e que até metade do século XXI de 2 a 7 bilhões de pessoas possam sofrer com falta desse recurso (MOREIRA & SILVA, 2010). Os problemas de escassez e distribuição dos recursos hídricos envolvem os crescentes conflitos de disponibilidade e demanda, a poluição dos ecossistemas aquáticos e a redução da recarga de aquíferos por alterações no uso do solo. Agravando essa situação, à medida que as mudanças climáticas avançam, a oferta finita de fluxo de água do planeta torna-se cada vez mais imprevisível (CONSERVATION INTERNATIONAL, 2021).

Diante desse cenário preocupante, é preciso avançar no conhecimento do estado de nossas bacias hidrográficas para poder agir em prol de sua conservação. Com esse objetivo, foi desenvolvido o Índice de Saúde da Água, uma ferramenta para apoiar gestores, entes públicos e outras partes interessadas no entendimento das condições de suas bacias hidrográficas e na definição de prioridades de ações e intervenções (VOLLMER et al, 2018).

Neste trabalho, o ISA foi avaliado na Região de Planejamento e Gestão das Águas - RPGA XXI, apresentado aqui como Bacia do Rio Grande, localizado no oeste da Bahia, com uma área de aproximadamente 82.655,56 km². A Bacia do Rio Grande está inserida no bioma Cerrado, reconhecido como o “berço das águas” do Brasil e também como a savana mais rica do mundo. Fazendo parte da Bacia do Rio São Francisco (Médio São Francisco), o Rio Grande representa 12,6% da área de drenagem desse rio federal, sendo a sua maior sub-bacia (PEREIRA, 2004) e a segunda mais importante na contribuição para sua vazão (MOREIRA E SILVA, 2010).

Sua área se sobrepõe também à parte baiana da região conhecida como MATOPIBA, acrônimo dos Estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, onde a fronteira agrícola do Brasil tem se expandido rapidamente. Sua bacia de drenagem é uma das mais impactadas, no MATOPIBA, pela produção de commodities agrícolas, em especial a soja, em larga escala baseada na irrigação e no uso de defensivos e fertilizantes artificiais. Por outro lado, a porção leste da RPGA é formada por uma maior extensão de áreas nativas, entremeando-se propriedades rurais com trechos de formações florestais e campestres. Para a sustentabilidade do agronegócio na região, em convivência harmônica com as comunidades humanas e demais seres vivos, é fundamental manter sadios os ecossistemas e a provisão de serviços ambientais relacionados aos recursos hídricos.

2. VITALIDADE DO ECOSISTEMA

O componente de Vitalidade do Ecossistema do Índice de Saúde da Água mede a integridade e o funcionamento dos ecossistemas (riachos, rios, zonas úmidas e florestas) dentro da bacia. Ecossistemas saudáveis são essenciais para fornecer água limpa, peixes, proteção contra inundações e uma variedade de outros benefícios dos quais as pessoas dependem. Os quatro principais indicadores dentro do componente de Vitalidade do Ecossistema medem: Quantidade de Água, Qualidade da Água, Condição da Bacia de Drenagem e Biodiversidade. **O valor obtido para o componente de Vitalidade do Ecossistema foi 53, considerado crítico.** Isso indica que a integridade ecológica e funcionamento dos ecossistemas de água doce da bacia estão sendo comprometidos e que maior pressão pode trazer prejuízos significativos fornecimento de serviços ecossistêmicos no futuro. A seguir, analisaremos os indicadores e subindicadores deste componente.

É importante ressaltar que, diferentemente dos outros componentes, os indicadores do componente de Vitalidade do Ecossistema não receberam pesos, pelo entendimento de que eles representam características inerentes ao ambiente ou ecossistema, não sendo passíveis de preferências pelas partes interessadas. Dessa forma, todos os indicadores receberam igual importância, participando cada indicador com 0,25 do valor final da componente. Do mesmo modo, não houve atribuição de pesos distintos para os subindicadores, participando cada um com igual peso na composição de seu respectivo índice.

2.1 Quantidade de Água

O indicador de Quantidade de Água mede a quantidade e o fluxo de água dentro da bacia, incluindo águas superficiais e subterrâneas. Os ecossistemas dependem dos padrões sazonais da água na bacia e, em muitos lugares, as pessoas também dependem das flutuações sazonais na quantidade de água. Mudar esse padrão natural é muitas vezes uma consequência, por exemplo, da construção de barragens para regular períodos de inundações e secas, que é uma compensação para o atendimento de necessidades humanas. No entanto, essas alterações também podem ter consequências negativas para a biodiversidade aquática e para as comunidades que dependem de um padrão de fluxo natural como, por exemplo, para a pesca. **Na Bacia do Rio Grande, este indicador obteve pontuação de 66, indicando que a bacia ainda apresenta boas condições de quantidade de água, porém já diminuída em relação ao ideal.** Esse indicador é formado pelos subindicadores de Desvio do Regime Natural de Vazão e de Esgotamento de Água Subterrânea, que serão descritos a seguir.

2.1.1 Desvio do Regime Natural da Vazão

O Desvio do Regime Natural de Vazão mede o grau em que as vazões atuais mudaram em relação às vazões naturais históricas. Reservatórios, agricultura e mudanças no uso do solo podem afetar o regime e volume dos fluxos superficiais, que, conseqüentemente, afetam os organismos aquáticos e os serviços ecossistêmicos nas porções inferiores da bacia. Tradicionalmente, o manejo dos recursos hídricos está voltado para suavização da variabilidade sazonal como, por exemplo, para reduzir os danos das inundações ou assegurar fornecimento de água mais adequado, e por isso a alteração do regime das condições naturais pode ser necessária para atender a demanda de algumas comunidades.

Nesta avaliação, o subindicador foi calculado a partir de um estudo específico de modelagem hidrológica, que obteve as vazões simuladas para a Bacia do Rio Grande. Considerou-se como cenário de “vazões não reguladas”, ou seja, próximo ao natural, as condições do período 1980 a 1993, correspondendo a uma situação anterior à expansão agrícola acelerada. Como cenário de “vazões reguladas” foram obtidas as vazões simuladas para o

período 2005 a 2016, representativo da forte influência da agropecuária na região. **A partir da comparação das vazões simuladas pelo modelo, obteve-se um valor de 63 para o subindicador de Desvio do Regime Natural de Vazão**, indicando um afastamento médio das vazões atuais em relação às vazões naturais na Bacia do Rio Grande como um todo.

Destaca-se, no entanto, a heterogeneidade obtida para esse subindicador entre as sub-bacias analisadas, observando-se maiores indicadores de desvio na porção sul da área de estudo, especialmente nas sub-bacias do Alto e Médio Rio Grande. As mudanças particulares em cada sub-bacia são decorrentes de uma sinergia de fatores: intensidade da alteração do uso do solo, volume e origem das captações para irrigação e mudanças na precipitação. O uso intensivo da água subterrânea também impacta nas vazões, em particular na época de seca, pois é ela que alimenta o fluxo de base neste período.

Com a finalidade de analisar melhor os efeitos da mudança de uso e cobertura do solo, optou-se por calcular o subindicador através de um cenário hipotético, que representa como seria a resposta hidrológica da bacia hidrográfica nas condições climáticas atuais, com as características pedológicas e de uso e cobertura do solo "naturais", pré-expansão agrícola. Comparando-se este cenário com o cenário de "vazões reguladas", obteve-se um valor de 67 para o subindicador de Desvio do Regime Natural de Vazão. O valor mais alto do índice, indicando uma situação de menor impacto, e portanto menores desvios, reflete o fato de que parte dos desvios entre o período pré e pós-expansão agrícola se devem também à diminuição de precipitação entre os períodos.

2.1.2 Esgotamento de Água Subterrânea

O Esgotamento de Água Subterrânea mede as mudanças na disponibilidade da água armazenada em aquíferos subterrâneos. Os recursos hídricos subterrâneos representam uma parcela significativa dentre os recursos hídricos disponíveis para utilização pelo homem e, normalmente, suas reservas são muito superiores às disponibilidades hídricas superficiais. A RPGA do Rio Grande situa-se sobre o Sistema Aquífero Urucuia, um reservatório subterrâneo, em sua maior parte não confinado, de importância fundamental para os recursos hídricos do oeste baiano e também para parte de estados vizinhos. Para cálculo do subindicador de armazenamento de águas subterrâneas, foi utilizado o balanço hídrico calculado no Plano de Recursos Hídricos da RPGA do Rio Grande. Foram considerados não aceitáveis valores de grau de comprometimento de águas subterrâneas superiores a 20%. Quatro unidades de balanço hídrico (UBs) apresentaram grau de comprometimento nesta faixa: Rio Branco, Rio de Ondas, Rio das Fêmeas e Rio Grande. O maior grau de comprometimento foi estimado para a UB do Rio das Fêmeas, no mês de junho (36%). **O valor final obtido para o subindicador foi de 69, podendo ser considerado regular**, porém, tendo em vista o valor obtido e o cenário de crescente demanda hídrica na bacia, recomenda-se realizar o monitoramento do subindicador nos próximos anos para avaliar as condições do aquífero.

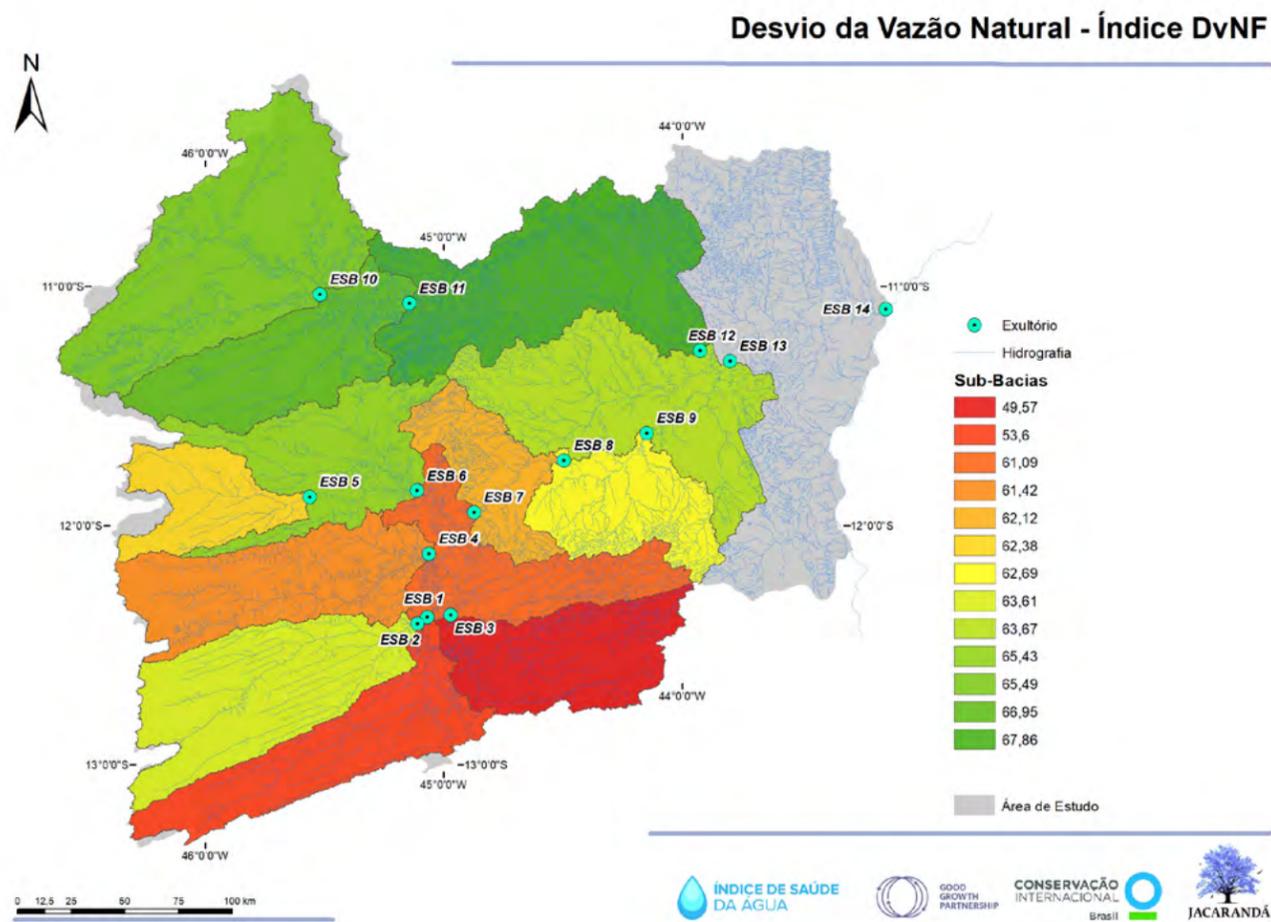


Figura 3. Mapa do subindicador de desvio do regime de vazão natural por sub-bacia.

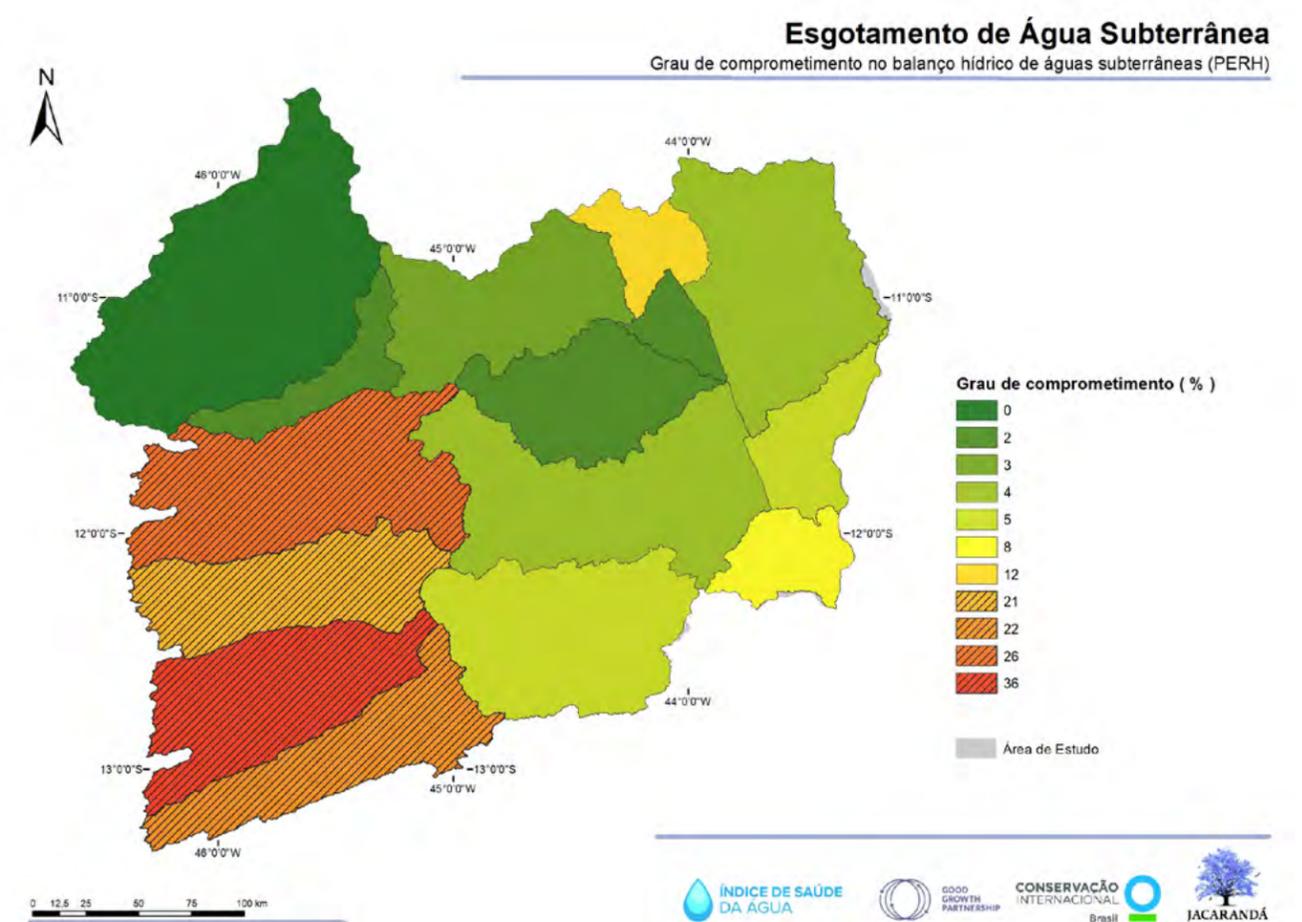


Figura 4. Mapa do esgotamento de águas subterrâneas, segundo o proxy de grau de comprometimento do balanço hídrico subterrâneo no mês mais crítico, Junho

2.2 Qualidade da Água

Qualidade da Água refere-se especificamente às concentrações de contaminantes em comparação com os limites requeridos para manter a biodiversidade aquática, independentemente dos impactos diretos na saúde e segurança humana. A poluição pode danificar diretamente a vida aquática e alterar o equilíbrio ecológico, por exemplo, desencadeando a proliferação de algas nocivas. Este indicador é composto somente por um subindicador, o Índice de Qualidade de Água e, portanto, a sua pontuação é a mesma deste último.

2.2.1 Índice de Qualidade da Água

O Índice de Qualidade da Água mede o quanto as concentrações de parâmetros de qualidade de água diferenciam-se de limiares necessários para manter a biodiversidade aquática. São selecionados os parâmetros considerados cruciais para a saúde ecológica dos ecossistemas de água doce. **O Índice de Qualidade da Água na Bacia do Rio Grande recebeu uma pontuação de 60, indicando uma qualidade mediana.** Os parâmetros avaliados foram: pH, oxigênio dissolvido (OD, em mg/L), nitratos (NO₃, em mg/L), fósforo total (TP, em mg/L), demanda biológica de oxigênio (DBO, em mg/L), turbidez (em µg) e coliformes termotolerantes (em número mais provável, 'NMP', por 100 ml). Os valores monitorados foram confrontados com os respectivos limites legais estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces do tipo Classe 1 e literatura científica (Allan e Castillo, 2007). A maioria das não conformidades observadas está relacionada aos parâmetros de oxigênio dissolvido (OD), seguido de pH. Em menor proporção, houve também valores acima dos permitidos pela legislação para demanda biológica de oxigênio (DBO) e Turbidez, em alguns pontos.

Os dados foram obtidos de 38 estações de monitoramento com dados disponíveis na RPGA do Rio Grande. Essas estações não estão igualmente distribuídas na área de estudo, mas concentram-se na região centro-sul. Seria importante ampliar as coletas em estações de monitoramento nas porções noroeste, sudoeste e leste da RPGA para um diagnóstico mais acurado. Sugere-se que seja feito um monitoramento desse indicador a médio prazo, de modo a permitir avaliar se essas condições serão mantidas, ou se os impactos antrópicos afetarão negativamente a qualidade da água na RPGA.

2.3 Condição da Bacia de Drenagem

A Condição da Bacia mede a extensão das modificações físicas tanto da cobertura da terra (por exemplo, florestas convertidas para a agricultura) e de córregos e rios (por exemplo, a construção de represas ou a expansão de canais), as quais podem afetar o fluxo e a qualidade da água, bem como o habitat para a vida aquática. A Condição da Bacia é medida através de três subindicadores: Modificação do Canal, Conectividade de Fluxo e Naturalidade da Cobertura da Terra. **Quando esses três subindicadores são combinados, a Bacia do Rio Grande, recebeu uma pontuação de 69, indicando um valor mediano.** Isso demonstra que, apesar da grande expansão agrícola no extremo oeste do estado, uma parte considerável da área de estudo ainda dispõe de vegetação nativa e cursos d'água livres, que podem ser mantidos através de estratégias de manejo e conservação.

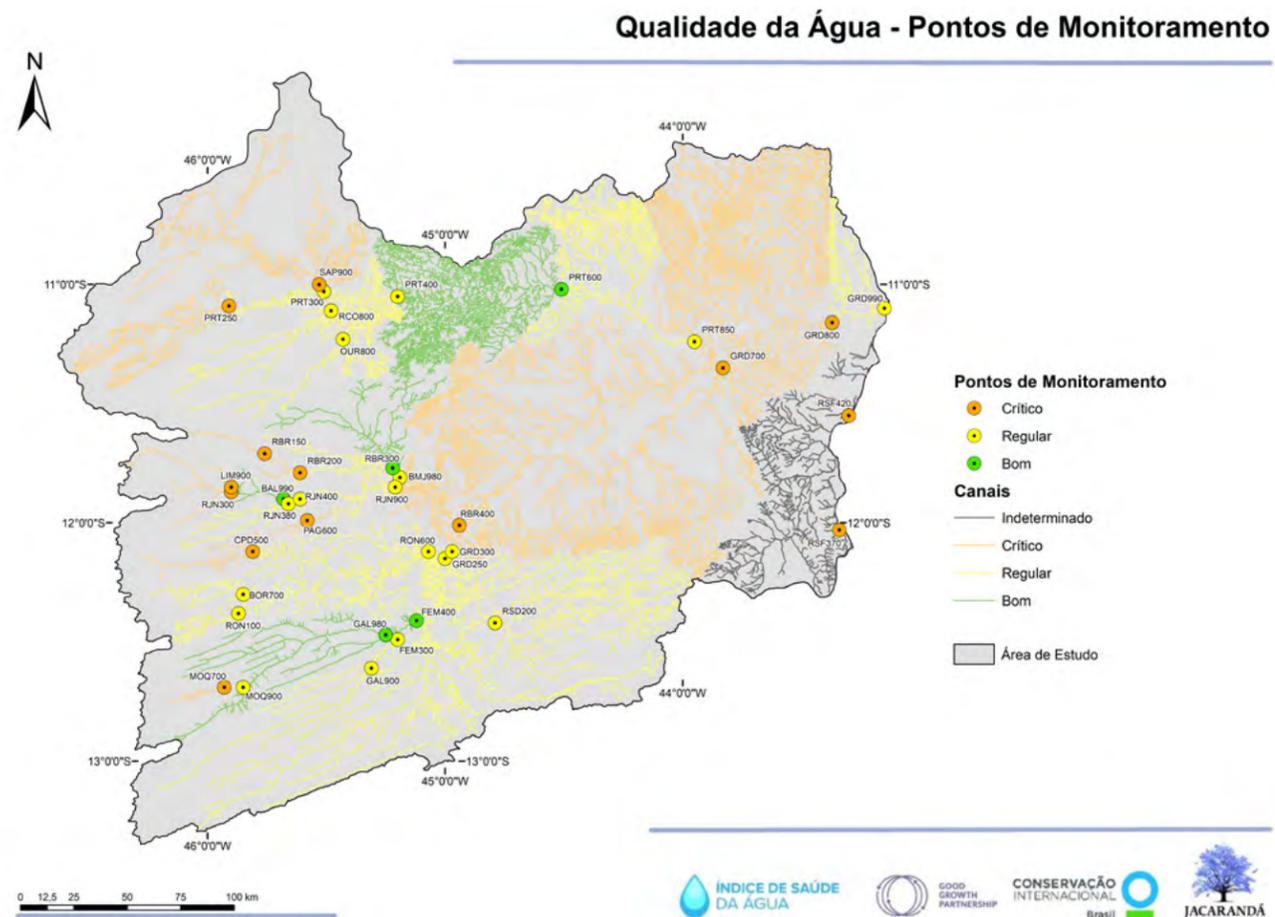


Figura 5. Mapa dos pontos de monitoramento da água na RPGA XXI, utilizados no trabalho.

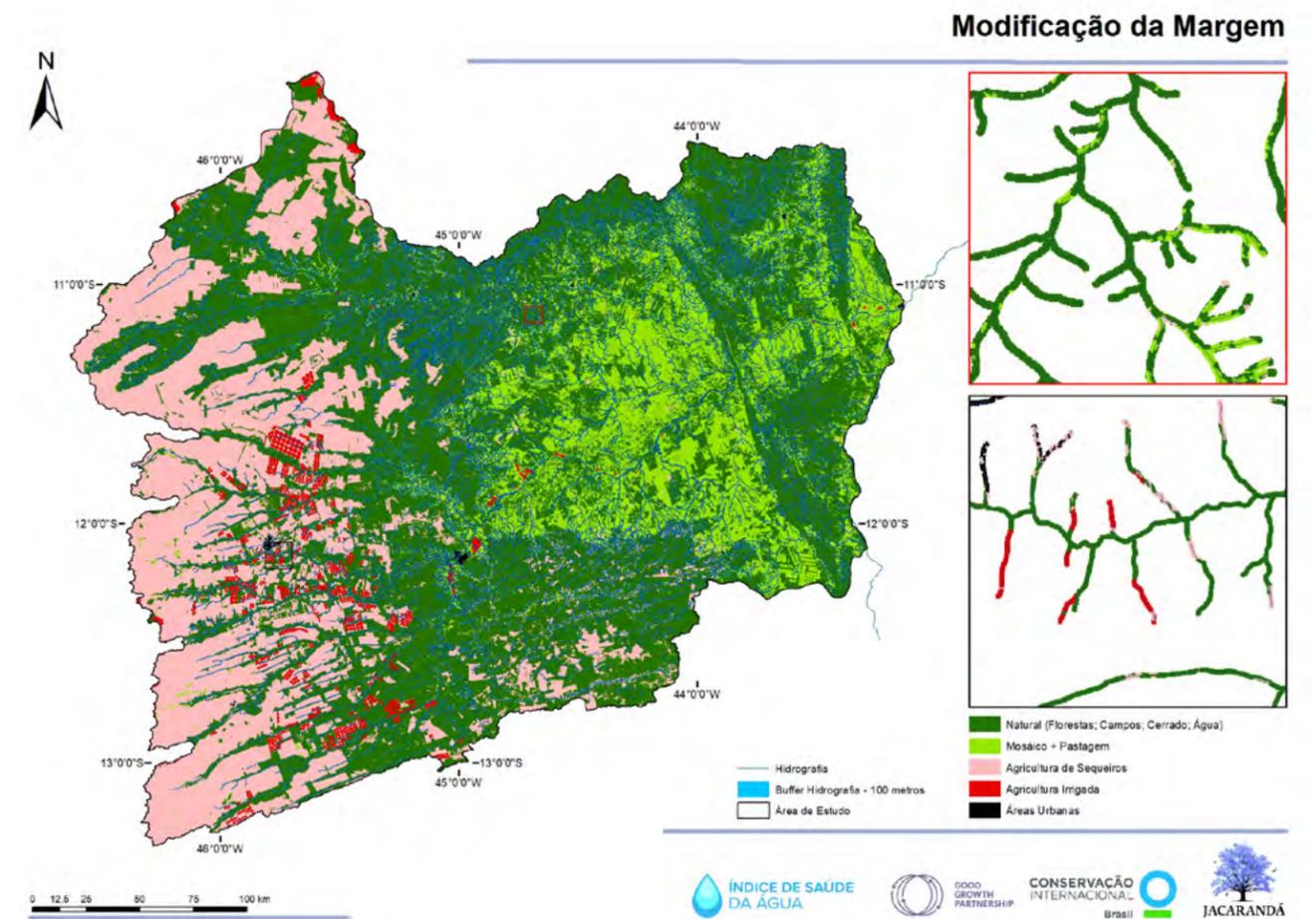


Figura 6. Mapa de modificação da margem, considerando-se o uso e cobertura do solo num buffer de 100m ao longo de cada margem dos rios.

2.3.1 Modificação da Margem

A Modificação da Margem mede a conectividade lateral que afeta a troca de material entre os rios e as planícies de inundação. A conectividade lateral afeta como os escoamentos atingem os canais e como materiais (e.g., nutrientes e sedimentos) são trocados.

Mudanças nesse padrão, seja por canalização ou inundação através de represas, afetam o estabelecimento da vegetação nativa e da vida selvagem (incluindo a desova de peixes e aves aquáticas), a biogeoquímica dos riachos, bem como a extensão das várzeas. Os resultados indicaram que a maior parte da drenagem está margeada por vegetação nativa (69,2%), porém quase um quarto está ocupada por sistemas transformados (24,1%).

A Modificação da Margem recebeu uma pontuação de 76, que pode ser considerado boa. É possível que esse resultado esteja associado à importância do Código Florestal para a conservação dos ecossistemas ripários no ambiente rural, no Brasil, através da instituição das Áreas de Preservação Permanente (APPs).

2.3.2 Conectividade de Fluxos

A Conectividade de Fluxos mede a fragmentação da rede de drenagem para espécies de peixes. A fragmentação da rede de drenagem é particularmente importante para o movimento da vida aquática, como peixes, mas também afeta o fluxo de materiais. A conectividade dos fluxos é afetada por obstruções naturais, como cachoeiras, e estruturas de engenharia, como barragens e represas. A conectividade longitudinal diminuída pode impactar negativamente a migração e a reprodução dos peixes e pode impedir que sedimentos e outros nutrientes sejam entregues a jusante para o delta. **Na Bacia do Rio Grande, esse subindicador recebeu uma pontuação de 66, indicando uma conectividade moderada dos fluxos.** Foram identificados 13 barramentos na bacia do Rio

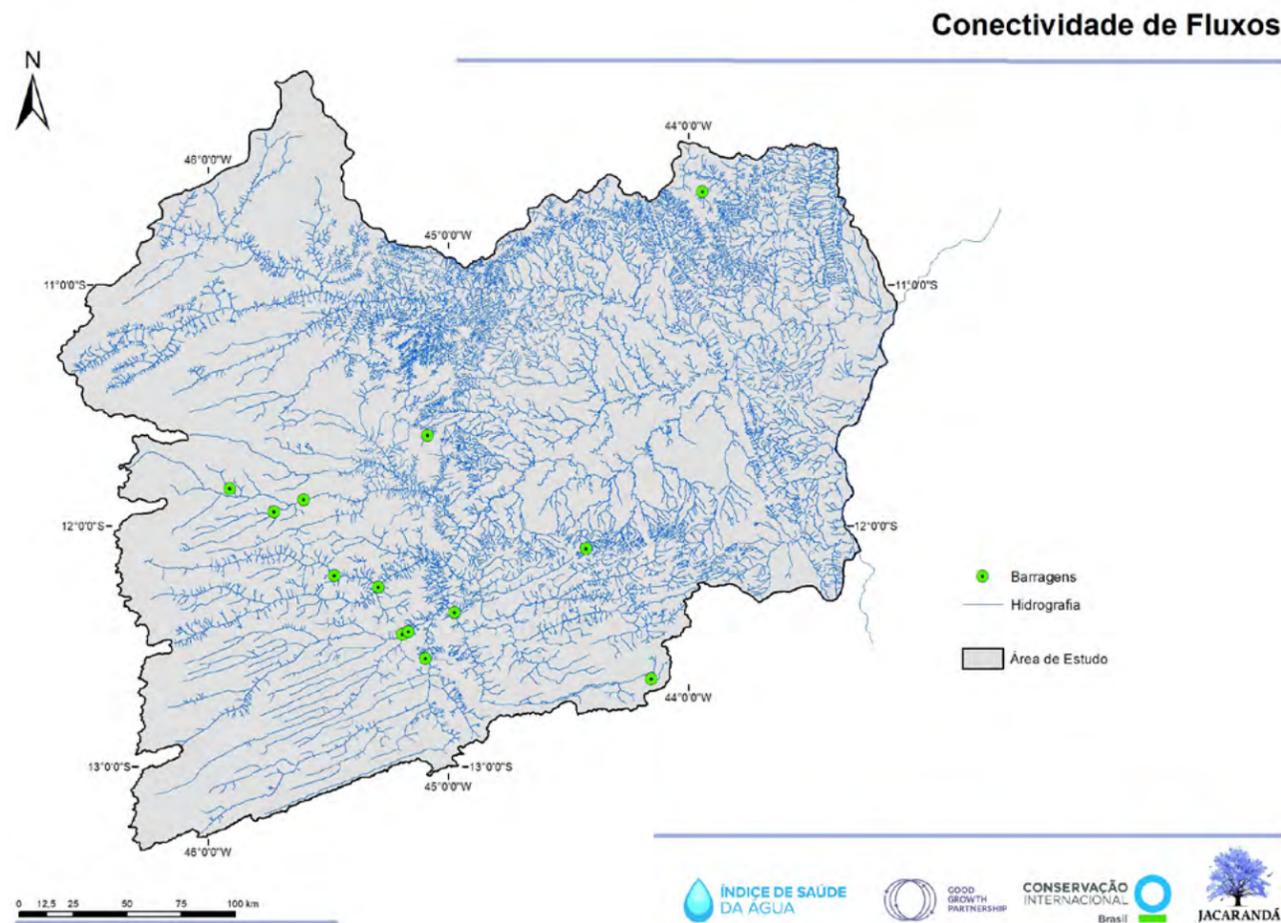


Figura 7. Barramentos identificados na área de estudo.

Grande, sendo duas para captação em propriedades agrícolas, cinco para abastecimento e seis para geração de energia (quatro PCHs, uma CGH e uma UHE). Para nenhuma foi encontrada informação de mecanismos de passagem para peixes.

Apesar da pontuação mediana, é importante ponderar que há diversos registros de conflitos relacionados à operação empreendimentos hidrelétricos no oeste baiano, em especial quanto às PCHs Sítio Grande e Alto Fêmeas. Dessa forma, é importante monitorar este subindicador, para avaliar o impacto da implantação de novos projetos de barragens, além de ser recomendável que esses novos sejam equipados de mecanismos de passagem para peixes, minimizando assim os impactos sobre a biodiversidade aquática.

2.3.3 Naturalidade da Cobertura do Solo

A Naturalidade da Cobertura do Solo mede o quanto a cobertura natural foi modificada por atividades humanas. Florestas e áreas úmidas são amortecedores naturais que regulam o fluxo e qualidade da água. Quando degradadas ou convertidas em pastagens, áreas agrícolas e áreas urbanas, o ecossistema perde a capacidade de regular o ciclo da água. Com base na análise do mapa de uso e cobertura, observou-se que cerca de metade da área de estudo ainda é coberta por vegetação nativa. Ainda assim, o mapeamento destaca o impacto da agricultura no extremo oeste da Bacia do Rio Grande. **O valor obtido para a Naturalidade da Cobertura do Solo na Bacia do Rio Grande foi de 65, que pode ser considerado mediano.** Isso indica que a área de estudo ainda possui uma cobertura considerável de vegetação nativa, em maior parte devido à situação da sua porção oeste, onde propriedades rurais de menor porte convivem com formações florestais, campestres e savânicas.

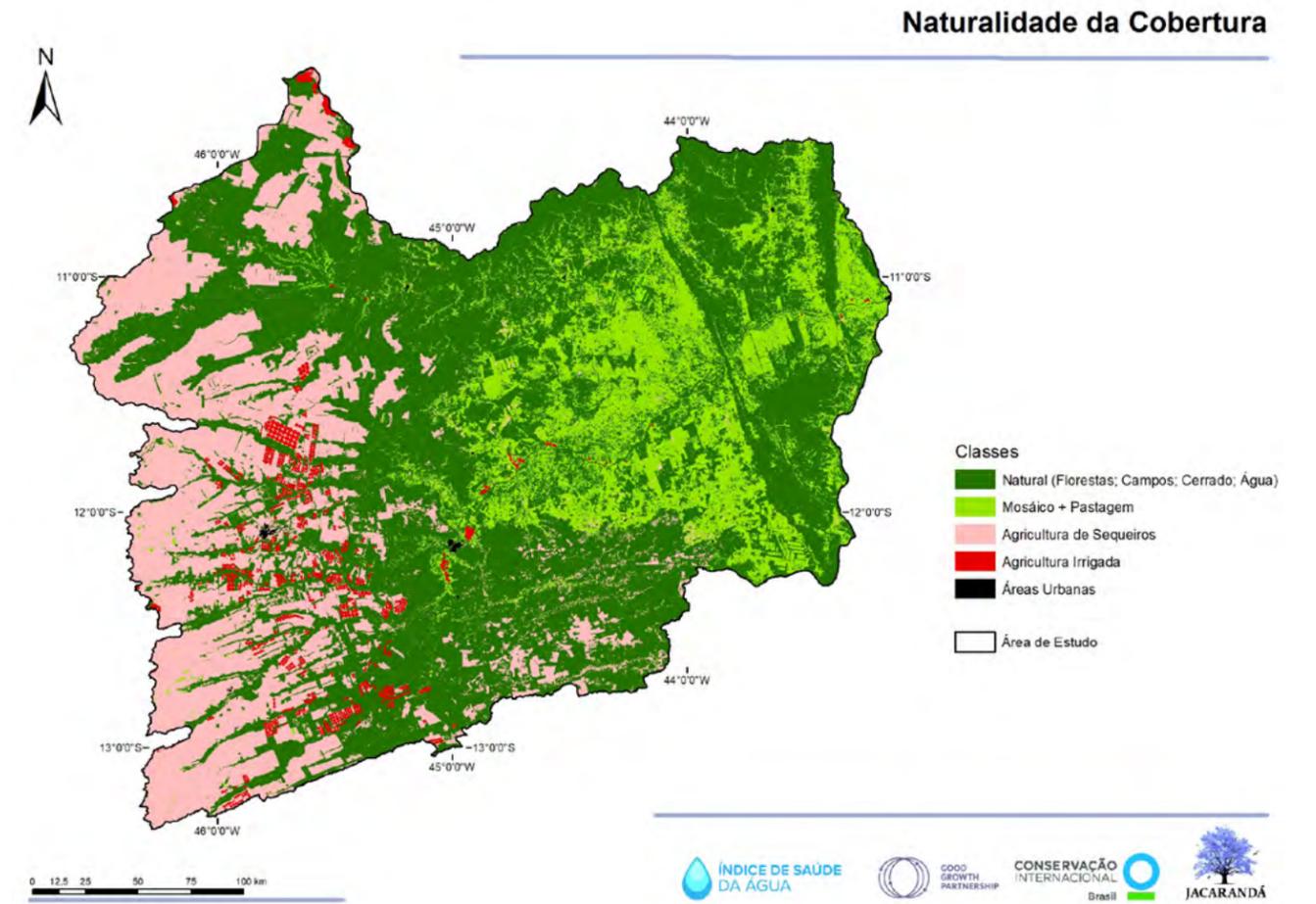


Figura 8. Mapa de uso e cobertura do solo usado para o cálculo de Naturalidade de Cobertura.

2.4 Biodiversidade

Biodiversidade refere-se ao estado e tendências das populações das espécies animais e vegetais que vivem diretamente nos cursos de água ou próximos deles. Dados sobre reduções em espécies nativas ou aumentos em espécies invasoras são usados como indicadores de degradação do ecossistema. Além disso, a biodiversidade aquática é muitas vezes associada positivamente a pesca e a serviços culturais, como a recreação. O indicador de Biodiversidade é dividido em dois subindicadores: Espécies de Interesse, que foca principalmente nas espécies vulneráveis e ameaçadas de extinção e Espécies Exóticas. **Quando combinados os dois subindicadores, a Bacia do Rio Grande recebeu uma pontuação de 29, muito crítica,** se considerarmos as condições de naturalidade da cobertura do solo da bacia. Por outro lado, ao se analisar a paisagem da área de estudo, observa-se que a fragmentação é significativa, devido ao padrão de ocupação do mosaico de agricultura e pastagem na porção leste e aos contornos irregulares das feições de vegetação nativa na porção oeste. A maior razão da baixa pontuação do índice parece ser a introdução de espécies exóticas no ecossistema, devido à expansão agrícola com monoculturas em larga escala. Cabe destacar, ainda, a carência de inventários locais de fauna e de flora, sendo recomendável que sejam realizados monitoramentos para avaliar a situação de espécies ameaçadas na RPGA.

2.4.1 Espécies de Interesse

Espécies de Interesse mede o quanto as espécies nativas de ambientes aquáticas ou ribeirinhos estão ameaçadas. Diminuição na diversidade das espécies é um sinal de alerta para a deterioração do ecossistema e pode corresponder também com declínios nos benefícios para as pessoas, como a pesca. O subindicador de Espécies de Interesse recebeu uma pontuação de 82, indicando boa saúde da bacia para as espécies nativa e que poucas estão ameaçadas, provavelmente devido à relativa alta cobertura de vegetação nativa na porção oeste da área de estudo. Este subindicador foi calculado como uma proporção das espécies vulneráveis (VU), em perigo (EN) ou criticamente ameaçadas (CR), em relação ao total avaliado na Bacia do Rio Grande (115).

2.4.2 Espécies Invasoras

Espécies Invasoras mede especificamente a presença de espécies exóticas introduzidas no ecossistema, tanto intencionalmente quanto acidentalmente, que são capazes de competir ou impor algum tipo de ameaça às espécies nativas. O aumento da quantidade e populações das espécies exóticas pode pressionar espécies nativas, degradar os ecossistemas e impactar negativamente a economia e saúde humana. Para o subindicador de espécies invasoras, obteve-se uma lista de 36 espécies, após consulta a bases de dados biológicos e avaliação de especialistas. 27 espécies são terrestres, que ameaçam a integridade dos ecossistemas florestais às margens dos rios e 9 espécies são aquáticas. **O valor obtido para este subindicador na Bacia do Rio Grande foi de 10, indicando uma saúde muito crítica em relação a Espécies Invasoras.** O resultado indica uma situação preocupante, que pode ser derivada da expansão do agronegócio na região, introduzindo espécies exóticas próximos aos cursos d'água e ameaçando a biota nativa.



Indicadores do Índice de Saúde da Água na bacia do rio Grande. (Tabela 1)

INDICADORES	SUBINDICADORES	PONTUAÇÕES
VITALIDADE DO ECOSSISTEMA		
Quantidade de Água	Desvio do Regime Natural da Vazão	63
	Esgotamento de Água Subterrânea	69
Qualidade de Água	Índice de Qualidade de Água	60
Condição da Bacia de Drenagem	Modificação da Margem	76
	Conectividade de Fluxos	66
	Naturalidade da Cobertura do Solo	65
Biodiversidade	Espécies de Interesse	82
	Espécies Invasoras	10
SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS		
Provisão	Confiabilidade do Fornecimento de Água	63
	Biomassa para Consumo	-
Regulação e Suporte	Regulação de Sedimentos	68
	Regulação de Qualidade da Água	75
	Regulação de Doenças	35
	Regulação de Inundações	84
Cultural	Conservação e Patrimônio Cultural	13
	Recreação	48
GOVERNANÇA & PARTES INTERESSADAS		
Ambiente Favorável	Estrutura para a Gestão de Bacias	39
	Regras para o Uso de Recursos	40
	Incentivos e Regulações	32
	Capacidade Técnica	28
	Capacidade Financeira	27
Compromisso das Partes Interessadas	Informações e Conhecimento	38
	Envolvimento na Tomada de Decisão	54
Efetividade	Execução e Conformidade	40
	Distribuição de Benefícios	49
	Conflito Relacionado à Água	59
Visão e Governança adaptativa	Mecanismos de Monitoramento	36
	Planejamento Abrangente e Manejo Adaptativo	47

3. SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS

O componente de Serviços Ecosistêmicos mede os benefícios relacionados à água, desde o fornecimento de água potável até energia hidrelétrica e proteção contra enchentes. Esses benefícios, muitas vezes fornecidos no lugar de ou como complemento à infraestrutura, são uma maneira de conectar as pessoas aos ecossistemas naturais dos quais elas dependem. Os Serviços Ecosistêmicos são comumente classificados de acordo com o modo como as pessoas os experimentam, e isso se reflete nos três principais indicadores: Provisão (bens extraídos do ecossistema), Regulação e Suporte (processos “de fundo” que ocorrem nos ecossistemas, em outras palavras, o funcionamento dos ecossistemas) e Cultural (experiências que as pessoas obtêm dos ecossistemas). **Combinando os três indicadores principais, o componente de Serviços Ecosistêmicos obteve um valor de 62 para a Bacia do Rio Grande.** O valor é considerado regular e indica que a bacia atualmente está atendendo em parte os serviços ou benefícios esperados pelas pessoas. É importante ressaltar que os indicadores e subindicadores de Serviços Ecosistêmicos foram ponderados de acordo com a importância relativa dada pelas partes interessadas, que atribuíram 0,50 de peso ao indicador de Provisão, 0,35 ao de Regulação e Suporte e 0,15 ao indicador Cultural.

Recomenda-se o acompanhamento desses indicadores para avaliar se a RPGA do Rio Grande apresentará uma melhora ou diminuirá sua capacidade de fornecimento adequado dos serviços ambientais. Isso é importante tanto para a conservação do ecossistema quanto para a manutenção de uma boa eficiência no agronegócio da região, já que eventuais problemas no fornecimento de água e na regulação de eventos de inundação e processos erosivos impactariam diretamente no setor. As comunidades humanas residentes na região também podem ser direta e indiretamente afetadas por surtos epidêmicos, inundações e piora na qualidade da água.

3.1 Provisão

Serviços de Provisão referem-se aos benefícios físicos principalmente água e peixe que as pessoas obtêm dos ecossistemas aquáticos. Estes produtos ecosistêmicos são insumos essenciais para o desenvolvimento econômico e são fundamentais para a segurança alimentar e a segurança do abastecimento de água. O indicador de Serviços de Provisão tem dois subindicadores: Confiabilidade do Fornecimento de Água Relativa à Demanda e Biomassa para Consumo, aos quais as partes interessadas atribuíram, respectivamente, pesos 0,71 e 0,29, demonstrando maior preocupação com o fornecimento de água do que com o estoque pesqueiro. Por não terem sido encontrados dados quantitativos sobre a pesca para a região, o indicador acabou sendo formado apenas pelo subindicador de Confiabilidade no Fornecimento de Água. **O indicador de Provisão obteve uma pontuação de 89, que pode ser considerado boa, indicando que a bacia está sendo capaz de prover os recursos necessários às comunidades humanas e às atividades econômicas da região.** Destaca-se a necessidade de monitoramento deste indicador e complementação com estudos sobre a pesca na região, pela falta de dados de biomassa para consumo.

3.1.1 Confiabilidade do Fornecimento de Água Relativo à Demanda

Confiabilidade do Fornecimento de Água Relativa à Demanda mede a capacidade atual da bacia para atender a demanda de água de vários setores, em todos os lugares, apesar da variabilidade sazonal. Isso inclui quantidades mínimas de água para manutenção ecológica, conhecidas como fluxos ambientais. Diminuição na confiabilidade corresponde à aumento de insegurança hídrica, degradação ecológica ou consumo insustentável de água subterrânea para compensar a escassez de água na superfície. **A Bacia do Rio Grande recebeu uma pontuação de 89, indicando que quase todas as demandas por água são atendidas na bacia.** É importante ressaltar, no entanto, a variação deste subindicador entre as sub-bacias. Observou-se que as UBs mais críticas são as do sudoeste da área de estudo, coincidindo com as que também estão em pior situação para o subindicador de Esgotamento de Água Subterrânea, e se sobrepondo parcialmente às sub-bacias com maior Desvio do Regime Natural de Vazão. Também é nessa região,

aproximadamente, que se concentram os pivôs de irrigação e onde está situada a maior parte dos barramentos da RPGA do Rio Grande, indicando uma forte pressão nessa região da área de estudo.

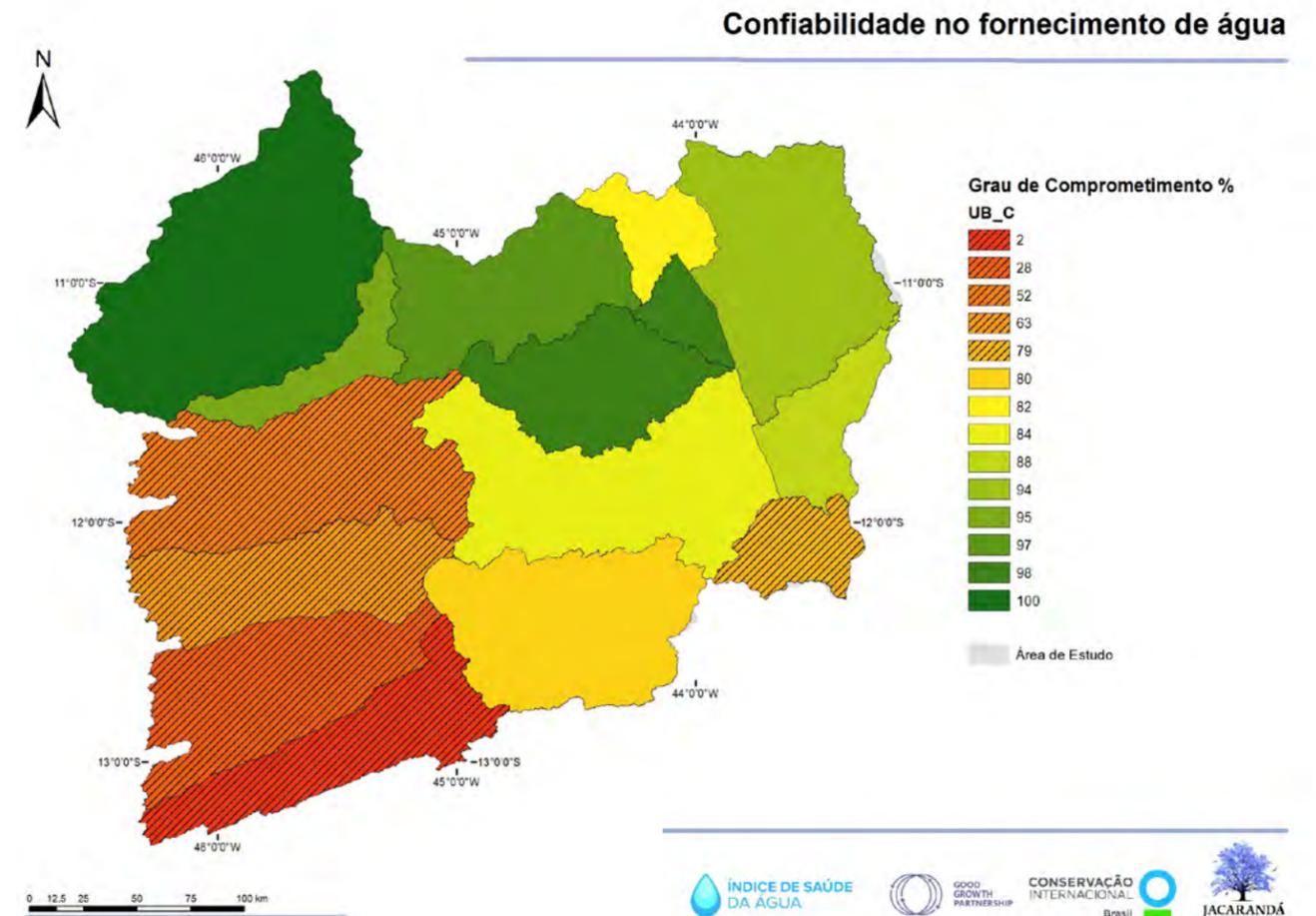


Figura 9. Mapa da Confiabilidade do fornecimento de água por unidade de balanço hídrico.

3.1.2 Biomassa para Consumo

Biomassa para Consumo avalia a quantidade de biomassa (biota de água doce) que é usada ou adquirida para consumo. Atualmente, não há dados disponíveis sobre o consumo de pescados produzidos naturalmente na Bacia do Rio Grande. Por meio de contato com representantes de cooperativa pesqueira e do órgão ambiental, além de pesquisa bibliográfica, **foram obtidos relatos de diminuição da pesca ao longo de toda a Bacia do Rio São Francisco, porém não há dados quantitativos para suportar essa afirmação.** Por esse motivo, este subindicador não pôde ser calculado. No Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Grande (HYDROS-ENGEPLUS, 2020), são apresentados também diversos relatos de percepção da diminuição da pesca e é reforçado, que, apesar da pesca ser uma importante atividade na Bacia do Rio Grande e na Bacia do Rio São Francisco, existem poucos dados sobre produção de pescado, número de pescadores e embarcações. Recomenda-se que seja feito o monitoramento da pesca na região, a fim de melhor se compreender se o estoque de pescado está sofrendo impactos em virtude das ações antrópicas ao longo de toda a Bacia do Rio Grande, e eventuais efeitos secundários na Bacia do Rio São Francisco..

3.2 Regulação e Suporte

Os serviços de Regulação e Suporte referem-se aos processos naturais que apoiam o abastecimento de água e a pesca (por exemplo, mantendo a água limpa e fluída) e oferecem proteção contra enchentes e outros perigos. As decisões de gestão dos recursos hídricos muitas vezes ignoram os processos naturais que ajudam a regular a água em um ecossistema, mas a substituição desses serviços “gratuitos” pela infraestrutura construída pode ser dispendiosa. O indicador de Regulação e Suporte compreende quatro subindicadores: Regulação de Sedimento, Regulação da Qualidade da Água, Regulação de Doenças e Regulação de Inundações. As partes interessadas atribuíram a cada um desses indicadores os pesos, respectivamente de 0,29, 0,39, 0,16 e 0,16, demonstrando que as suas maiores preocupações são com erosão e assoreamento e com a qualidade dos recursos hídricos. **O indicador de Regulação e Suporte obteve valor de 66 para a RPGA do Rio Grande, que pode ser considerado mediano.** Dentre os subindicadores, Regulação de Doenças apresentou a pior pontuação (35), indicando a necessidade de atenção no controle de agravos relacionados à água e à transmissão por vetores que necessitam da água para sua reprodução. O subindicador de Regulação de Inundações apresentou a melhor pontuação (84), porém esse resultado carece de confirmação por dados mais representativos, como discutido adiante.

3.2.1 Regulação de Sedimentos

Regulação de Sedimentos mede a capacidade do ecossistema de moderar o fluxo de sedimentos oriundos de sistemas terrestres para os riachos e depositá-los nas planícies de inundação ou nas saídas a jusante. Demasiados sedimentos a jusante podem

comprometer a capacidade dos reservatórios de armazenar água ou degradar a qualidade da água, enquanto que muito pouco sedimento distribuído a jusante priva a vida aquática e terras agrícolas de nutrientes críticos. **Regulação de Sedimentos recebeu uma pontuação de 68, indicando que a RPGA do Rio Grande ainda apresenta condições de regular os processos erosivos e de assoreamento.** Porém, como o subindicador foi baseado em um mapa de estimativa de produção de sedimentos para todo o Brasil, recomenda-se que estudos de campo sejam feitos na região, a fim de melhor investigar processos de transporte e deposição de sedimentos no ecossistema aquático. Com base na literatura técnica, foi considerado como limite aceitável o valor máximo de produção de sedimentos na ordem de 70 t/km².ano.

3.2.2 Regulação da Qualidade da Água

Regulação de Qualidade da Água refere-se à capacidade do ecossistema para moderar as concentrações de diferentes parâmetros de qualidade da água em termos de potabilidade para consumo humano e outros usos dados a água. Os ecossistemas naturalmente “filtram” muitos poluentes da água, mas essa capacidade pode ser facilmente superada pelo volume de poluentes liberados pela atividade humana. **A Regulação de Qualidade da Água, assim calculada, obteve pontuação de 75, um valor que pode ser considerado bom,** indicando que a bacia, de modo geral, está sendo capaz de depurar elementos de poluição originários das atividades humanas.

À semelhança do subindicador de Qualidade da Água do componente Vitalidade do Ecossistema, o subindicador de Regulação da Qualidade da Água foi calculado com base nos seguintes parâmetros: pH, oxigênio dissolvido (OD, em mg/L), nitratos (NO₃, em mg/L), fósforo total (TP, em mg/L), demanda biológica de oxigênio (DBO, em mg/L), turbidez (em µg) e coliformes termotolerantes (em número mais provável, ‘NMP’, por 100 ml), monitorados na rede de 38 estações presentes na RPGA do Rio Grande. Para este subindicador de Serviços Ecossistêmicos, porém considerou-se os parâmetros legais aplicáveis a águas doces de Classe 2. O parâmetro com mais não conformidades foi Oxigênio Dissolvido, que não atingiu o limite mínimo aceitável em 95 instâncias. Em seguida, o parâmetro pH apresentou 64 não conformidades, e Coliformes Termotolerantes, 60.

3.2.3 Regulação de Doenças

Regulação de Doenças mede a exposição da população a doenças associadas à água. Os ecossistemas de água doce desempenham um papel importante na transmissão e na contenção de patógenos e vetores associados a diversas doenças comuns como dengue, malária e febre amarela. Estas doenças são uma das principais causas de internações em todo o mundo, e seu risco para as pessoas aumenta com as modificações humanas nos ecossistemas de água doce (por exemplo, construção de barragens, poluição, desmatamento da mata ciliar). **A pontuação para Regulação de Doenças na Bacia do Rio Grande foi de 35, indicando baixa capacidade da bacia em regular as doenças associadas à água** e alertando para a necessidade de melhoria das condições de saúde pública na região. Destaca-se a importância da qualidade da água, da estrutura de saneamento e da manutenção da vegetação nativas às margens dos rios como medidas para melhorar este cenário. O subindicador obtido é resultado da agregação das pontuações para as seguintes doenças avaliadas: Chikungunya, dengue, esquistossomose, febre amarela, leishmaniose (visceral e tegumentar), leptospirose e febre Zika.

Os menores índices foram obtidos para Chikungunya (7) e febre Zika (11), que podem ser consideradas enfermidades recentes. O surto de Zika vírus em 2015, no Brasil, foi amplamente noticiado, tendo atingido intensamente o estado da Bahia. Em seguida estão Diarreia, com pontuação 12, e Dengue, com 28. Os demais agravos apresentaram índices acima de 60, indicando estarem mais bem regulados na área de estudo.

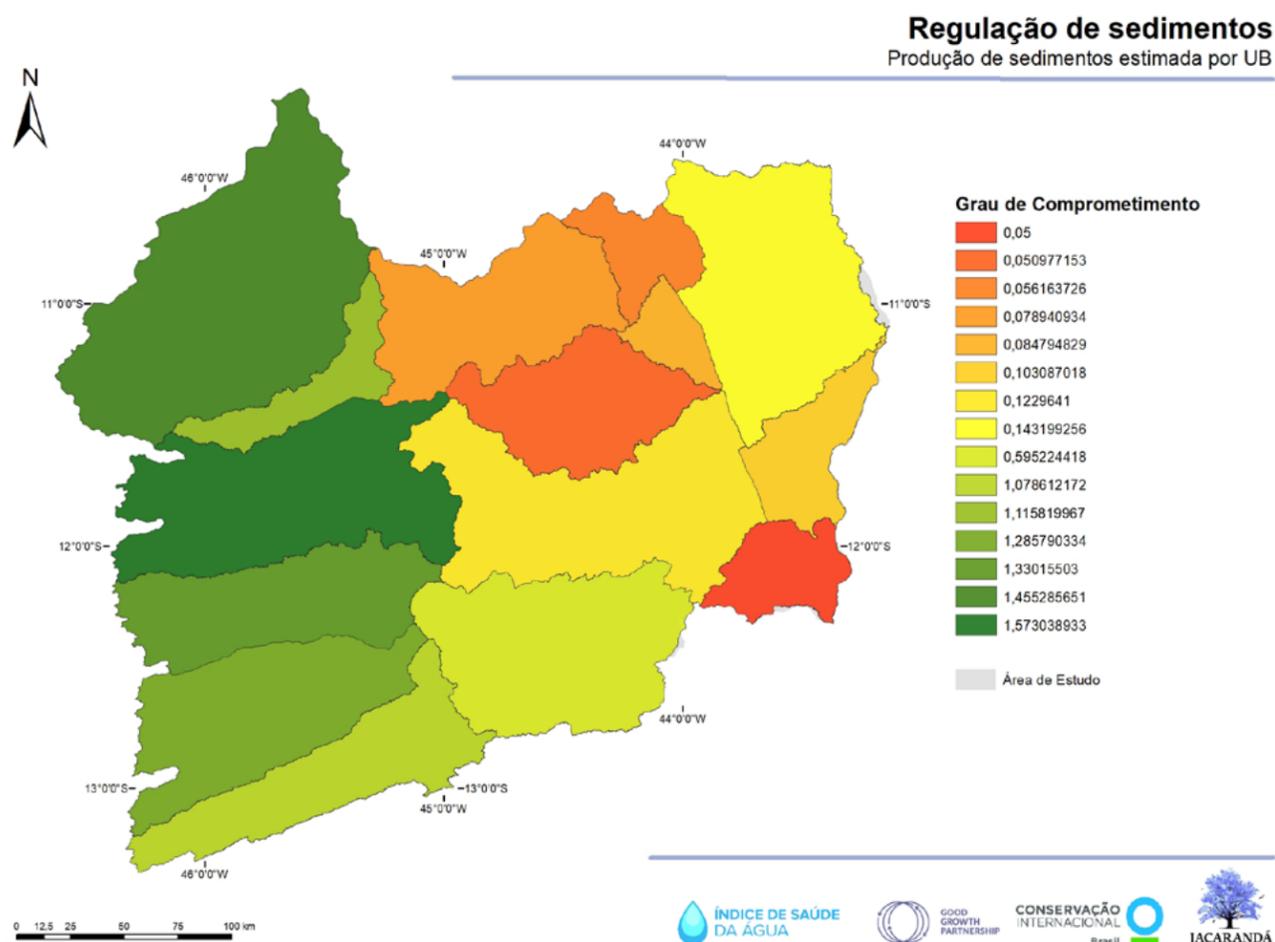


Figura 10. Mapa de produção de sedimentos (Campagnoli, 2006), usado para cálculo de Regulação de Sedimentos.

3.2.4 Regulação de Inundações

Regulação de Inundações mede a capacidade do ecossistema de reduzir o volume de escoamento superficial através da diminuição das vazões de pico a jusante e/ou absorção das águas de inundação. As práticas usuais de impermeabilização do solo durante o processo de urbanização diminuem a infiltração da água, aumentando as enchentes nos períodos de chuva. **Na Bacia do Rio Grande, o subindicador de Regulação de Inundações obteve pontuação de 84, que pode ser considerado bom**, indicando que a RPGA apresenta condições de regular inundações. Por outro lado, este valor não parece refletir a realidade da região, pois são comuns os relatos de enchentes nos municípios e comunidades da região e, portanto, o resultado pode estar refletindo uma grande lacuna de informações disponíveis sobre inundações na área de estudo. Destaca-se que os registros de inundações são mais frequentes nas áreas urbanas, não pelo fato de inexistirem nas áreas rurais, mas sim por uma maior facilidade de notificação dos acontecimentos em cidades. Na área de estudos, as manchas urbanas são em geral pequenas, destacando-se a de Luís Eduardo Magalhães e de Barreiras, de modo que o subindicador de Inundações pode não estar retratando a real a situação da região, devido a uma subnotificação das ocorrências.

3.3 Cultural

Os Serviços Culturais referem-se aos benefícios não-materiais que as pessoas experimentam dos ecossistemas aquáticos, tais como sua beleza cênica, oportunidades recreativas e culturais ou realização espiritual. Esses serviços culturais estão ligados aos benefícios da saúde física, emocional e mental, bem como às oportunidades de desenvolvimento econômico (como o

ecoturismo) — os ecossistemas de água doce, em particular, são frequentemente associados à identidade cultural de uma sociedade. O indicador é composto pelos subindicadores de Recreação e de Áreas de Conservação, aos quais as partes interessadas atribuíram, respectivamente, os pesos de 0,17 e 0,83, demonstrando uma clara preocupação quanto à conservação ambiental da região. **Quando combinados, o indicador Cultural recebeu uma pontuação de 16, a menor dentre todas as calculadas.** Esse resultado foi provocado pelo baixo valor calculado para o subindicador de Áreas de Conservação (13), associado a seu alto peso no cálculo do indicador, além da pontuação também relativamente baixo para o subindicador de Recreação (48).

3.3.1 Conservação e Patrimônio Cultural

Conservação e Patrimônio Cultural mede o grau em que os ecossistemas de água doce estão preservados por sua importância cultural, incluindo importância biológica. Locais de conservação e patrimônio cultural estão relacionados com valores culturais, religiosos e científicos de uma sociedade. **Ao se calcular o subindicador de Conservação e Patrimônio Cultural, obteve-se uma pontuação de 13, uma pontuação muito crítica**, que demonstra que a Bacia do Rio Grande carece de uma rede de áreas protegidas que sejam efetivas e integradas, de modo a promover a preservação dos recursos hídricos e a conectividade de habitats. A RPGA do Rio Grande possui 10 Unidades de Conservação, 76 Sítios Arqueológicos, 2 RPNs, 1 Terra Indígena e 6 Áreas Quilombolas, que também foram considerados para o cálculo do subindicador. Segundo os cálculos, há um total de 34.135 km de rios na área de estudo, sendo que aproximadamente 21% (7.218 km) estão em áreas protegidas. Por outro lado, a maior parte da extensão dessas áreas protegidas

Regulação de Inundações

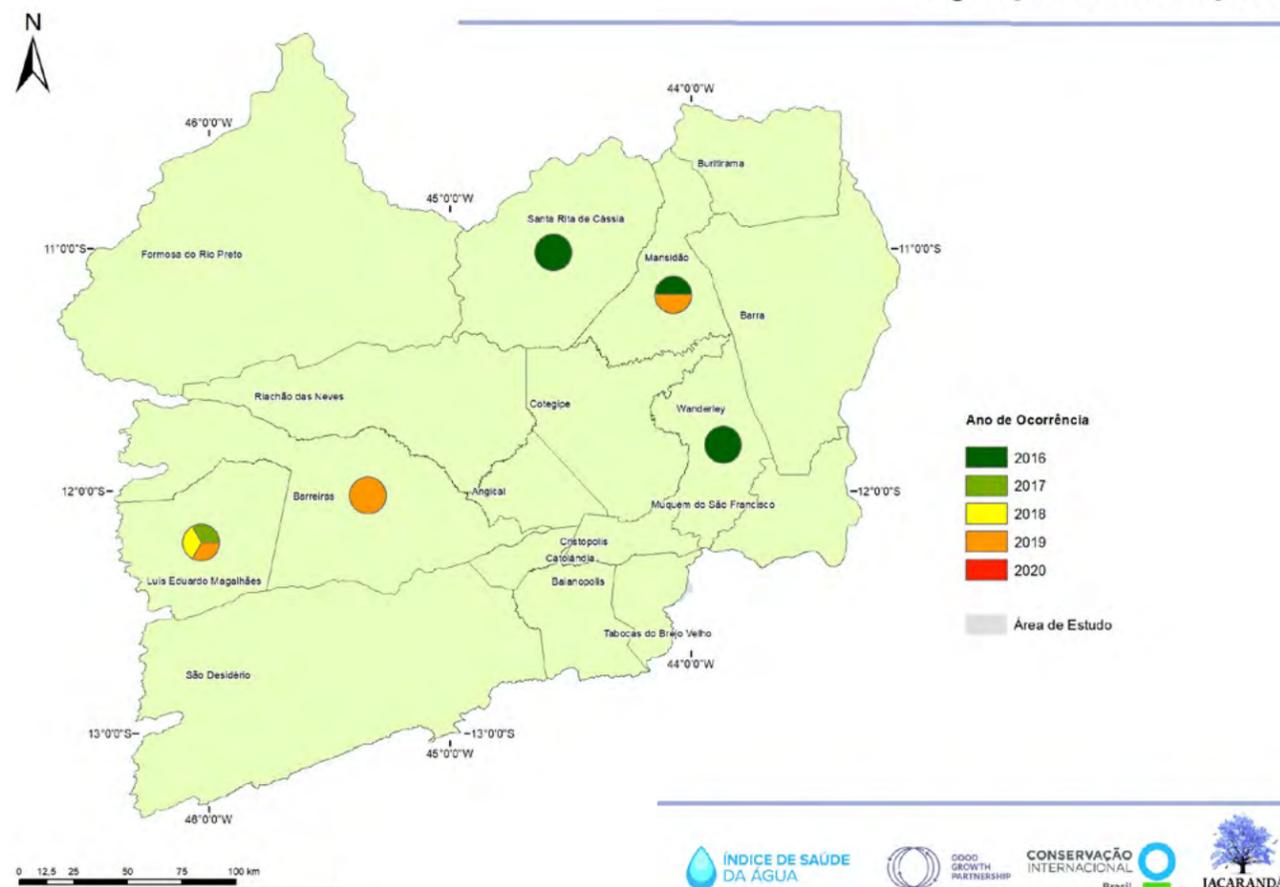


Figura 11. Mapa da incidência de inundações na área de estudo, por município.

Patrimônio - Áreas de Conservação

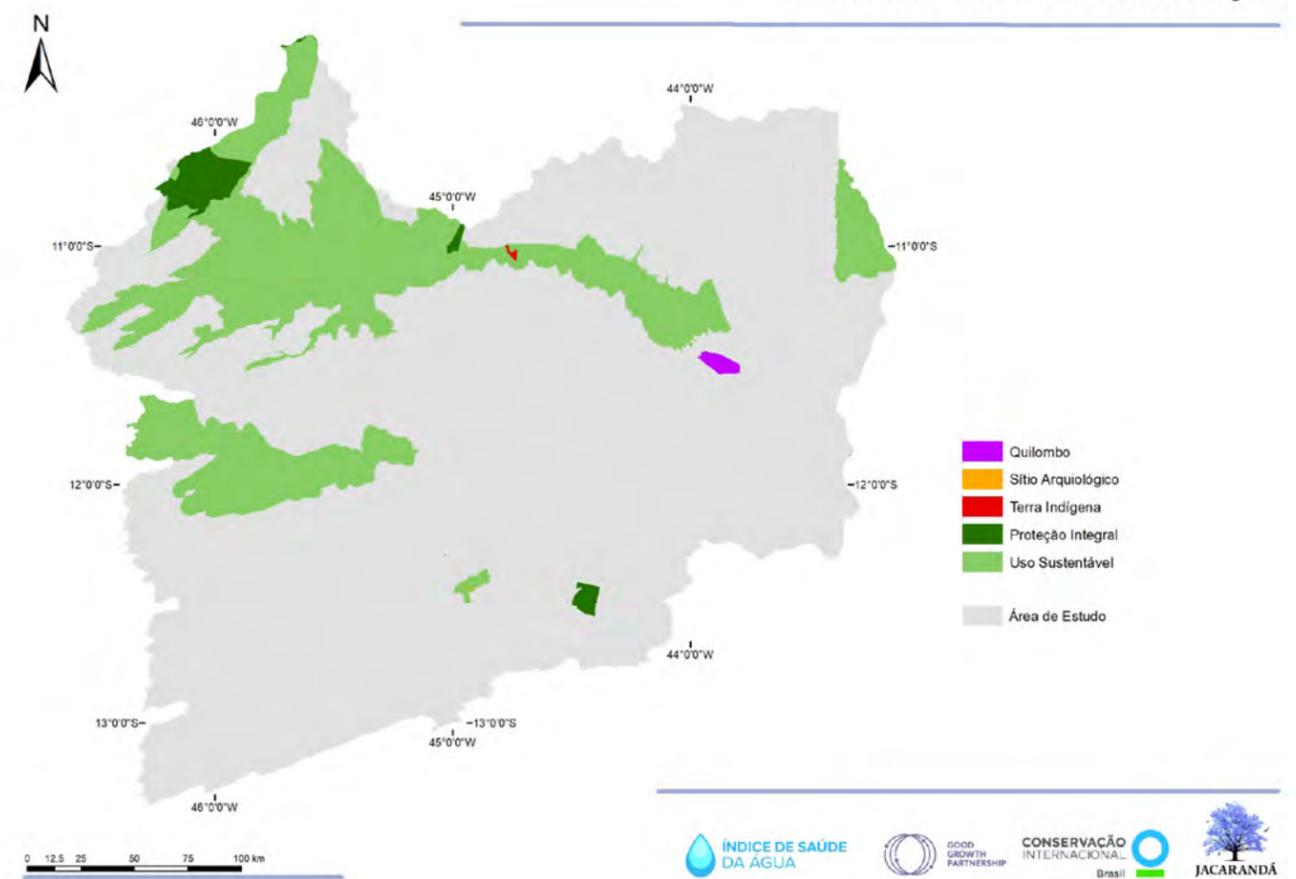


Figura 12. Mapa das Áreas Protegidas presentes na RGA XXI.

são constituídas por APAs, um tipo de Unidade de Conservação de Uso Sustentável que permite propriedades privadas e usos econômicos em seu interior, a depender das diretrizes de cada Plano de Manejo. Dessa forma, embora 21% dos rios estejam teoricamente protegidos, sabe-se que essa proteção pode não ser efetiva.

3.3.2 Recreação

Recreação mede o quanto as pessoas gastam seu tempo em atividades recreativas relacionadas com a água. Para o cálculo deste subindicador, foi estimado o potencial de recreação com base nos atrativos turísticos da região relacionados à água, sua acessibilidade, a naturalidade de sua cobertura vegetal e a presença de áreas protegidas. **O subindicador de Recreação obteve uma pontuação de 48, que pode ser considerada crítica**, indicando que a área de estudo ainda possui pouco potencial de oferecer serviços de recreação associados à água doce. Se aplicada gestão e infraestrutura adequada, esse potencial pode ser usado a favor da sustentabilidade da região, fomentando turismo sustentável e a conservação dos recursos hídricos, ecossistemas ripários e patrimônio espeleológico e arqueológico.

Na pesquisa sobre os atrativos turísticos da região, foi observado que os Rios de Fêmeas, de Ondas e o Rio Grande apresentam vários trechos que são usados pelos moradores e turistas para banho e prática de esportes, como rafting e canoagem e provavelmente outros cursos d'água da RPGA também são usados para essas finalidades, de forma muitas vezes informal e não quantificada.



© MANUEL MESSIAS CASTRO

4. GOVERNANÇA E PARTES INTERESSADAS

O componente de Governança e Partes Interessadas avalia as estruturas e os processos pelos quais as pessoas tomam decisões relacionadas aos recursos hídricos. Em contraste com os indicadores dos componentes de Vitalidade do Ecossistema e Serviços Ecossistêmicos, onde os dados são rotineiramente coletados e os métodos de medição são amplamente conhecidos, a medição da governança é uma área emergente sem abordagens padronizadas. Os tópicos também são mais subjetivos, o que significa que a percepção das pessoas é uma fonte válida de informação. Para coletar essas informações, uma pesquisa foi conduzida com as partes interessadas da Bacia do Rio Grande, que representam os setores do governo, da sociedade civil e o setor privado. Combinando os resultados da pesquisa, dos subindicadores e indicadores, **a Bacia do Rio Grande teve uma pontuação de 41 para o componente de Governança e Partes Interessadas**. Essa pontuação é considerada crítica e foi a menor obtida dentre os três componentes do Índice de Saúde da Água, indicando que sua melhoria deve ser prioridade para os tomadores de decisão na Bacia do Rio Grande. É importante notar também que os indicadores e subindicadores deste componente foram ponderados pelas partes interessadas, que revelaram uma preferência parecida para o Envolvimento das Partes Interessadas (0,31) e Ambiente Favorável (0,30). Visão e Governança Adaptativa recebeu um peso de preferência de 0,24 e Efetividade de 0,14.

4.1 Ambiente Favorável

O Ambiente Favorável refere-se às políticas, regulamentos, mecanismos de mercado e normas sociais que existem para ajudar a governar e gerir os recursos hídricos. Juntos, esses atributos determinam quais direitos e ativos estão protegidos dentro de uma bacia hidrográfica, bem como se dá a sua gestão em face de conflitos. **Combinando os cinco subindicadores apresentados abaixo, a Bacia do Rio Grande recebeu uma pontuação de 35, considerada crítica** e apontando que melhorias significativas nas regras, instituições e mecanismos de mercado devem ser feitas para favorecer a conservação e gestão dos recursos hídricos na bacia. Entre os subindicadores, as partes interessadas atribuíram pesos semelhantes aos de Gestão dos Recursos Hídricos (0,27) e Direitos de Uso dos Recursos Hídricos (0,28). Essas preferências foram seguidas por Incentivos e Regulações (0,21), Capacidade Técnica (0,12) e Capacidade Financeira (0,11).

4.1.1 Estrutura para a Gestão da Bacia

A Estrutura para a Gestão da Bacia mede o grau em que as instituições são responsáveis por desempenhar funções como a coordenação dentro da bacia, planejamento e desenvolvimento de infraestruturas, mobilização de recursos financeiros e proteção dos ecossistemas. A Estrutura para a Gestão da Bacia é um conjunto complexo de

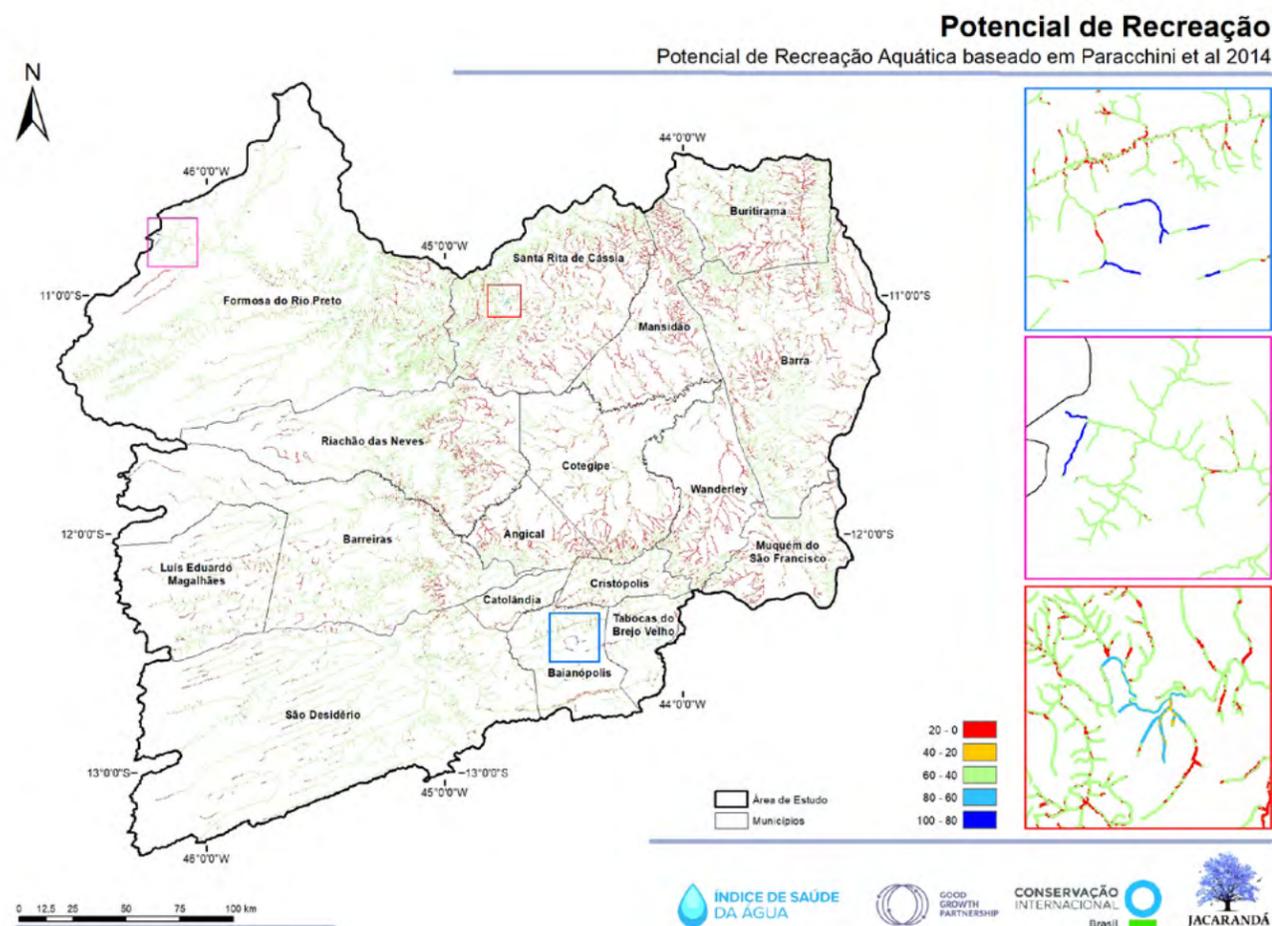


Figura 13. Mapa de potencial de Recreação relacionada à Água Doce, calculado para a RPGA do Rio Grande

tarefas, geralmente envolvendo vários órgãos públicos e outras partes interessadas. A coordenação frágil entre esses grupos pode levar a resultados ineficientes, injustos ou ineficazes. **Na Bacia do Rio Grande, este subindicador foi avaliado pelas partes interessadas com a pontuação de 39, indicando que a gestão dos recursos hídricos está bastante aquém do necessário.** São urgentes, portanto, medidas de fortalecimento de instituições, especialmente as colegiadas, como o comitê de bacia, que sejam capazes de coordenar as ações para implementação das políticas, mobilização de recursos financeiros e o desenvolvimento de infraestruturas necessárias para conservação dos recursos hídricos e diminuição dos conflitos.

4.1.2 Regras para o Uso dos Recursos

As Regras para o Uso dos Recursos medem a clareza dos direitos da água e dos recursos relacionados à água. As regras claras e exequíveis, sejam formais ou informais (por exemplo, direitos da comunidade), são importantes para o uso eficiente dos recursos hídricos e por sua distribuição equitativa em toda a bacia. **A Bacia do Rio Grande recebeu uma pontuação de 40 para este subindicador, bastante baixa,** indicando que as partes interessadas percebem uma fragilidade da estrutura de diretrizes de gestão dos recursos hídricos, como para alocação de água entre diversos setores e jurisdições administrativas, para captação de água subterrânea, manejo do uso do solo e proteção dos recursos hídricos, entre outras. Isso pode ocorrer pela falta de regras ou pela falta de clareza no seu entendimento, dificultando sua aplicação por parte dos agentes fiscalizadores e seu cumprimento por parte dos próprios usuários.

4.1.3 Incentivos e Regulações

Incentivos e Regulações referem-se à disponibilidade de diferentes instrumentos de gestão, como avaliações de impacto ou incentivos financeiros, que podem ser aplicados para promover a atividade humana com um impacto negativo mínimo sobre a água e recursos ambientais relacionados. Em princípio, uma maior diversidade de instrumentos de gestão significa mais flexibilidade para projetar soluções e, ao mesmo tempo, produzir respostas eficientes. **Na Bacia do Rio Grande, a pontuação foi de 32 para o subindicador de Incentivos e Regulações,** indicando que as partes interessadas percebem que estudos de impacto socioambiental, incentivos financeiros, esquemas de mercado, programas de reconhecimento honorário e políticas de zoneamento territorial são bastante incipientes para apoiar uma boa gestão dos recursos hídricos. Dentre as ferramentas, as partes interessadas pontuaram menos a disponibilidade de programas de reconhecimento honorário em gestão de recursos hídricos, havendo alto consenso sobre a ausência de reconhecimento, por exemplo, de indústrias com bom desempenho ou de governos locais que praticam boa gestão da água.

4.1.4 Capacidade Técnica

Capacidade técnica refere-se à adequação da força de trabalho, em termos de número, nível de habilidade e oportunidades de treinamento, para cumprir funções técnicas relacionadas à gestão de recursos hídricos e, não necessariamente, ao nível de tecnologia disponível. Mesmo com capacidade financeira suficiente, a escassez de habilidades técnicas pode dificultar o desenvolvimento eficiente e sustentável dos recursos hídricos. **O subindicador de Capacidade Técnica foi avaliado pelas partes interessadas com pontuação de 28, uma das menores do Componente de Governança.** Os três aspectos avaliados (quantidade de pessoal, nível de especialização e oportunidades de treinamento) foram indicados como não satisfatórios, havendo alto consenso entre as partes interessadas. A fim de reverter esse cenário, recomenda-se a criação e disponibilização gratuita de cursos capacitadores em áreas afins à engenharia ambiental e à gestão de recursos hídricos, tanto para agentes dos órgãos reguladores como para a comunidade em geral da região.

4.1.5 Capacidade Financeira

A Capacidade Financeira mede até que ponto os investimentos necessários são feitos para apoiar o desenvolvimento e a proteção dos recursos hídricos. A infraestrutura hídrica (por exemplo, barragens, estações de tratamento) tem altos custos, enquanto instrumentos econômicos como preços da água ou taxas de poluição podem ser aplicados para consumidores ou usuários (incluindo indivíduos e corporações) para ajudar a compensar esses altos custos e financiar medidas adicionais. O investimento público pode ser necessário para assegurar o financiamento adequado para salvaguardas, proteção do ecossistema e remediação. **A Capacidade Financeira recebeu uma pontuação de 27 na Bacia do Rio Grande, a menor dentre os subindicadores de Governança e Partes Interessadas,** demonstrando que os atores consideram os investimentos em gestão de recursos hídricos muito aquém do desejável na região. Recomenda-se a articulação por parte do governo e do terceiro setor, com objetivo de mobilizar fundos para investimento em conservação ambiental, pagamento por serviços ambientais relacionados à água, melhoria da rede de monitoramento de qualidade e quantidade da água e no próprio tratamento de águas residuais, dentre outros eixos de atuação que podem resultar na melhoria da gestão hídrica da RPGA. Em especial, cabe destacar a necessidade de se concluir o processo de implementação da cobrança pelo uso da água e do Fundo Estadual de Recursos Hídricos da Bahia.

4.2 Compromisso das Partes Interessadas

O indicador de Compromisso das Partes Interessadas refere-se a todas as formas em que os atores interagem uns com os outros dentro da bacia e o grau de transparência e responsabilidade que envolve essas interações. Embora o engajamento das partes interessadas ocorra de diferentes maneiras ao redor do mundo, geralmente é considerado como um princípio-chave da boa governança da água assegurar que toda a gama de preocupações seja considerada antes que decisões importantes sejam tomadas, para evitar possíveis conflitos e garantir uma distribuição equitativa dos benefícios. **O indicador de Compromisso das Partes Interessadas obteve uma pontuação geral de 44, considerado crítico.** Está dividido em subindicadores de Acesso e Informação e Participação nos Processos de Tomada de Decisão, aos quais as partes interessadas atribuíram, respectivamente, os pesos de 0,56 e 0,44.

4.2.1 Informação e Conhecimento

Informação e Conhecimento mede a acessibilidade dos dados sobre quantidade e qualidade da água, gestão de recursos e desenvolvimento. Mesmo nos casos em que os dados são coletados rotineiramente, se eles não estão disponíveis para aqueles interessados em pesquisa ou análise, as decisões podem ser consideradas menos transparentes. O acesso aos dados também ajuda as comunidades a responsabilizar os tomadores de decisão (por exemplo, para determinar se uma determinada política ou projeto está entregando os resultados esperados). **Na RPGA do Rio Grande, foi atribuído pelas partes interessadas o valor de 38 para este subindicador,** considerado crítico e indicando a necessidade das informações serem mais acessíveis às partes interessadas, como dados de qualidade e quantidade, outorgas e estudos, assim como serem melhor aplicadas na tomada de decisões voltadas para a gestão dos recursos hídricos.

4.2.2 Envolvimento nos Processos de Tomada de Decisões

A Participação nos Processos de Tomada de Decisão mede a extensão da participação das partes interessadas em alguns aspectos dos processos de tomada de decisão e na medida em que têm voz no ciclo de políticas e planejamento. Embora existam diferentes níveis de comprometimento “adequado”, uma maior participação é geralmente associada a uma melhor transferência de informações, planos e políticas mais específicos e equitativos, transparência e prestação de contas, além de redução de conflitos. **O subindicador de Participação nos Processos de Tomada de Decisão apresentou pontuação de 54, a**

segunda maior para os subindicadores de Governança na RPGA do Rio Grande. Isso indica que as partes interessadas percebem que estão envolvidas nos processos decisórios, mas ainda há necessidade de melhoria. Cita-se como principal exemplo de espaço de decisão coletiva o comitê de bacia, que pode ser aprimorado de modo a garantir um diálogo equitativo entre as partes interessadas e ser provido dos recursos necessários à implantação das decisões tomadas no colegiado. De todos os aspectos analisados, a capacidade das partes interessadas (mulheres e homens) oferecerem comentários antes das principais decisões serem tomadas foi o que recebeu maior pontuação, mas foi também o que houve maior divergência entre os entrevistados. Recomenda-se que este item seja melhor avaliado e discutido com os atores da bacia hidrográfica.

4.3 Efetividade

Efetividade refere-se aos resultados das políticas relacionadas com a água e as decisões de investimento—está se alcançando realmente o que se pretendia fazer? No mundo todo, muitas vezes há uma lacuna entre a política e a prática, entre o que é esperado com base em uma decisão complexa e o que realmente acontece. Os subindicadores da Efetividade tentam avaliar se as decisões estão tendo os efeitos pretendidos: Execução e Conformidade; Distribuição de Benefícios dos Serviços Ecossistêmicos e Conflitos relacionados à Água. Combinando os três subindicadores, **Efetividade recebeu uma pontuação de 47, indicando uma situação crítica e sinalizando a necessidade de sua melhoria.** Na ponderação, as partes interessadas atribuíram maior importância ao subindicador de Execução e Conformidade (0,41), seguido de Distribuição de Benefícios (0,32) e Conflitos Relacionados à Água (0,27).

4.3.1 Execução e Conformidade

Execução e Conformidade mede o grau em que as leis são respeitadas e acordos se executam. A “lacuna de cumprimento” pode refletir uma capacidade reguladora insuficiente ou falta de responsabilidade, o que enfraquece a eficácia das leis e políticas. **A Bacia do Rio Grande recebeu uma pontuação de 40 para Execução e Conformidade, considerada crítica** e indicando que é necessária maior atenção ao acompanhamento do cumprimento de metas estabelecidas em legislação. As partes interessadas percebem que os cinco tipos de diretrizes analisadas (de captação de água superficial, de captação de água subterrânea, de exigência de vazão, de qualidade da água e de uso do solo) são igualmente pouco executadas, porém atribuíram uma nota maior para a execução das normas de captação de água subterrânea. Recomenda-se, no entanto, que este item específico seja melhor discutido entre as partes interessadas em função do baixo consenso da nota.

4.3.2 Distribuição de Benefícios dos Serviços Ecossistêmicos

Distribuição de Benefícios dos Serviços Ecossistêmicos refere-se aos impactos das decisões sobre a gestão dos recursos hídricos, com especial atenção para os diferentes segmentos da sociedade: rural, urbano, migrantes sem registo de trabalho locais, e aqueles empregados em setores dependentes de recursos, como os pescadores. Os serviços dos ecossistemas relacionados com a água são, pela sua natureza, desigualmente distribuídos numa bacia, por isso devem ser tomadas medidas (como o desenvolvimento de reservatórios e redes de distribuição de água) para garantir que os recursos sejam alocados equitativamente. **A Bacia do Rio Grande recebeu uma pontuação de 49 para este subindicador, um valor ainda crítico,** indicando que na bacia hidrográfica não se percebe uma distribuição equitativa dos serviços ecossistêmicos, principalmente entre as populações economicamente vulneráveis.

4.3.3 Conflito Relacionado à Água

Conflito Relacionado à Água reflete as tensões entre as partes quando há competição por recursos escassos como a água. A tensão aumenta em batalhas legais ou pode prevenir a resolução de conflitos violentos e, portanto, pode atrasar ou enfraquecer decisões dentro da bacia. Aqui, restringiu-se a disputas sobre a alocação de água, o acesso, a

poluição e o desenvolvimento de infraestruturas. **O Conflito Relacionado à Água na Bacia do Rio Grande recebeu uma pontuação de 59,** a maior pontuação dentre todos os subindicadores de Governança e Partes Interessadas, porém ainda baixa. Esse resultado indica que as partes interessadas consultadas consideram que atualmente há tensões em decorrência do uso dos recursos hídricos na região. É importante destacar que este subindicador está relacionado a outros de Serviços Ecossistêmicos. Desse modo, uma melhoria na saúde geral da bacia tende a melhorar a capacidade de provisão de serviços, enquanto um aumento na pressão sobre os recursos naturais poderá comprometer esses mesmos serviços, acentuando os conflitos, que precisarão ser gerenciados.

4.4 Visão e Governança Adaptativa

Visão e Governança Adaptativa mede a capacidade de coletar e interpretar informações e, em seguida, usar essas informações para estabelecer políticas, desenvolver planos para a bacia e adaptar-se a mudanças nas circunstâncias. O gerenciamento eficaz dos recursos hídricos requer formas flexíveis e integradas de governança para lidar com as condições às vezes mutantes e a incerteza associada à mudança climática e outros desafios emergentes. Portanto, o planejamento estratégico é um aspecto importante e é um dos subindicadores aqui, assim como os mecanismos de monitoramento e aprendizado estabelecidos, que permitem atualizar e adaptar os planos estratégicos à medida que as circunstâncias mudam. **A Bacia do Rio Grande recebeu uma pontuação de 41, considerada crítica.** Entre os subindicadores de Visão e Governança Adaptativa, as partes interessadas atribuíram maior peso ao subindicador de Planejamento Integral e Gerenciamento Adaptativo (0,53), seguido de Mecanismos de Monitoramento (0,47).

4.4.1 Mecanismos de Monitoramento

Mecanismos de Monitoramento referem-se à qualidade e uso do monitoramento físico, químico e biológico dos recursos hídricos da bacia para orientar políticas e processos de planejamento. Idealmente, as decisões sobre o gerenciamento dos recursos hídricos são baseadas em dados e informações sólidas, mas isso requer a coleta dessas informações (o que implica custos) e a compreensão dessas informações pelos tomadores de decisão. **Mecanismos de Monitoramento recebeu, na RPGA do Rio Grande, a pontuação de 36, considerado crítico,** sendo necessárias ações para corrigir problemas relacionados, como aumento da rede de estações de monitoramento da qualidade da água e melhoria dos mecanismos de acompanhamento de outorgas e vazões. Sugere-se, também, a importância de se retomar a análise do ISA da RPGA periodicamente, a fim de se avaliar a evolução dos indicadores e subindicadores de saúde da bacia.

4.4.2 Planejamento Integral e Gerenciamento Adaptativo

Planejamento Integral e o Gerenciamento Adaptativo mede até que ponto o planejamento estratégico abrangente (ou seja, a contabilização do uso da terra e da água e o desenvolvimento da infraestrutura) ocorre dentro da bacia. Ter planos abrangentes, com objetivos bem definidos e prioridades de desenvolvimento de recursos a longo prazo, pode ajudar a estabelecer uma visão para atender de forma sustentável às necessidades de água. Entretanto, mais importante, esses planos devem ser capazes de se ajustar à medida que as circunstâncias mudam, quando novas informações são disponibilizadas ou quando eventos imprevistos ocorrem. **Planejamento Integral e Gerenciamento Adaptativo recebeu uma pontuação de 47.** Este subindicador é muito importante, pois as bacias, através de seus comitês, precisarão cada vez mais estar prontas para medir, analisar e planejar com segurança a conservação de seus recursos e processos, sobretudo tendo em vista as mudanças aceleradas no contexto socioeconômico e os eventos extremos em função das mudanças climáticas. É importante destacar que o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC, 2014) indica que haverá diminuição da ocorrência de chuvas em grande parte das regiões Central, Norte e Nordeste do país, e que os eventos extremos de secas e estiagens prolongadas, principalmente nos biomas da Amazônia, Cerrado e Caatinga, devem se acentuar a partir da metade do século 21.

5. CONCLUSÃO

Em termos de resultados dos componentes do Índice de Saúde da Água na Bacia do Rio Grande, o componente de Serviços Ecossistêmicos (62) apresentou a maior pontuação, seguido do componente de Vitalidade do Ecossistema (53) e de Governança e Partes Interessadas (41). Com base nesses resultados, é possível concluir que há uma pressão e ameaça à integridade ecológica da bacia hidrográfica para o acesso a determinados serviços ecossistêmicos relacionados à água pelas populações e usuários. Isso pode ser evidenciado pela alta pontuação do subindicador de Confiabilidade de Fornecimento de Água (89), indicando que quase todas as demandas estão sendo atendidas, enquanto os subindicadores de Desvio do Regime Natural de Vazão (63) e Esgotamento de Água Subterrânea (69) apontam já para um impacto na quantidade de água, principalmente no sudoeste da bacia hidrográfica.

Por outro lado, as pontuações medianas da maioria dos subindicadores de Vitalidade do Ecossistema apontam que **ainda é possível adotar um modelo de desenvolvimento e expansão agrícola na região mais sustentável, através de ações de restauração, conservação e boas práticas agrícolas, de forma a garantir o fornecimento de serviços ecossistêmicos no longo prazo**. O subindicador de Naturalidade da Cobertura do Solo (65) demonstra que a área de estudo ainda possui uma cobertura de vegetação nativa considerável, porém que carece de medidas e instrumentos de proteção efetivos. A pontuação do subindicador de Conservação e Patrimônio Cultural (13), foi o mais crítico dentro do componente de Serviços Ecossistêmicos, indicando que há uma lacuna de áreas protegidas efetivas para a conservação da biodiversidade e dos recursos hídricos na região, o que é percebido como um ponto de atenção pelas partes interessadas, que atribuíram um peso de 0,83, com alto consenso.

Governança e Partes Interessadas é, dentre os componentes, o que demonstra maior preocupação e que deve ser prioridade dos tomadores de decisão. Apesar de haver um comitê de bacia e estar sendo desenvolvido um Plano de Recursos Hídricos para a RPGA XXI, até o momento as partes interessadas percebem que os mecanismos de gestão e o ambiente não são favoráveis a uma boa governança da água, de modo a garantir a resolução de conflitos e a saúde da bacia hidrográfica.

Recomenda-se que o ISA seja reaplicado dentro de cinco ou dez anos, de forma a monitorar o desempenho de cada indicador e avaliar se a trajetória da RPGA XXI caminhará para uma recuperação das condições ecológicas e boa governança ou o contrário. Parece ser um momento decisivo para a definição do futuro da região se tornar sustentável ou sofrer os prejuízos da degradação dos ecossistemas e, por conseguinte, da sua capacidade de sustentar as comunidades humanas e o agronegócio na região.

Observou-se uma carência de informações a respeito de pesca e biodiversidade. Para saná-las, são necessários estudos e monitoramentos, com levantamento de dados primários, sobre a fauna e a flora locais, sobre os peixes e a pesca na bacia do Rio Grande e UPGRH7. Sugere-se também estudos locais sobre erosão e assoreamento dos corpos d'água.

Destaca-se, por fim, a importância dos estudos que estão sendo desenvolvidos quanto à provisão de águas subterrâneas e superficiais pelo Consórcio Águas do Oeste (PRH) e pela Universidade Federal de Viçosa (Projeto OBahia). As informações levantadas nesses estudos e suas recomendações, junto com os resultados desta aplicação do Índice de Saúde da Água pela CI Brasil, têm potencial de alavancar a gestão dos recursos hídricos e serviços ecossistêmicos na região, através do fornecimento de subsídios técnico-científicos.



© MANUEL MESSIAS CASTRO

PARTE II: MODELO HIDROLÓGICO

1. OBJETIVOS

O modelo hidrológico, desenvolvido para fins de cálculo do Desvio do Regime de Vazão Natural na Bacia do Rio Grande, teve como objetivo analisar e modelar o comportamento hidrológico da bacia, simulando um cenário das condições atuais de uso e cobertura do solo na região e comparando-o com um cenário representativo das condições anteriores à expansão acelerada do agronegócio.

2. RESULTADOS

O indicador de Desvio do Regime Natural de Vazão busca representar quão modificadas estão as vazões dos rios da bacia em relação à sua condição original, ou seja, sem ação antrópica. Neste estudo, o indicador foi calculado a partir de um estudo específico de modelagem hidrológica, que obteve as vazões simuladas para a Bacia do Rio Grande, considerando-se as condições do período de 1980 a 1993 como representativas das vazões não reguladas, e do período 2005 a 2016, como representativos das vazões reguladas.

Com base nesse estudo, concluiu-se que a Bacia do Rio Grande tem sofrido redução nas vazões e alterações em seu comportamento hidrológico. Essas mudanças têm se expressado de forma particular para cada sub-bacia, numa atuação sinérgica de fatores: intensidade das alterações no uso do solo, volume e origem das captações para irrigação, mudanças na precipitação, existência de reservatórios que regularizam a vazão, além do efeito das sub-bacias a montante. O uso intensivo da água subterrânea também impacta nas vazões, em particular na época de seca, pois é ela que alimenta o fluxo de base desse período. Portanto, a exploração da água subterrânea na Bacia do Rio Grande também causa uma redução maior da vazão superficial ao final do período de estiagem para as sub-bacias que têm pivôs instalados. Os resultados obtidos na modelagem hidrológica indicaram que as ações antrópicas têm um papel importante como causa da redução de vazões na bacia.

Os desvios de vazão calculados mostraram grande heterogeneidade entre as sub-bacias do Rio Grande. Esse resultado condiz com o esperado para a bacia, tendo em vista as suas diferenças locais, tanto sob o ponto de vista hidrológico quanto de uso e ocupação do solo. De maneira geral, todas as sub-bacias modeladas sofreram desvios moderados.

APÊNDICE PARTE I: MÉTODOS PARA O CÁLCULO DOS INDICADORES

A documentação completa dos métodos para o Índice de Saúde de Água (ISA) está disponível em ISA Manual do Usuário, que pode ser acessado através do site (freshwaterhealthindex.org) em três idiomas (português, espanhol e inglês). Abaixo são apresentados detalhes dos métodos e dados usados para a avaliação da bacia do rio Grande. É importante ressaltar que todos os subindicadores foram agregados ao nível dos indicadores e estes foram agregados ao nível dos componentes.

VITALIDADE DO ECOSISTEMA

Desvio do Regime Natural da Vazão

O Desvio do Regime de Vazão Natural mede o grau em que as vazões atuais de água se diferenciam das vazões naturais históricas através do cálculo da Proporção Anual Alterada de Desvio de Vazão (AAPFD) (GEHRKE ET AL., 1995, GIPPEL ET AL., 2011). Quanto maior o AAPFD, maior a alteração da vazão em relação as condições naturais. Nesta avaliação, foi realizada modelagem da vazão hídrica da Bacia Hidrográfica do Rio Grande para o período atual (2005 a 2016) e para o cenário representativo das condições antes da intensa expansão agrícola ocorrida após a década de 1990 (1980 a 1993). Para isso, foi utilizado o Modelo de Grandes Bacias – MGB (COLLISCHONN, 2020). Os dados de entrada no modelo hidrológico estão apresentados no Apêndice Parte II.

As vazões foram simuladas por sub-bacia, e os resultados foram preparados calculando-se as vazões médias mensais simuladas para os dois cenários, e importando-os para o FHI Tool. O cálculo do índice de desvio do regime de vazão natural se baseou na proporção anual alterada de desvio de vazão, proposta originalmente por Gehrke et al. (1995) e adaptada por Gippel et al. (2011). Para esse cálculo, foram utilizadas as médias mensais das vazões simuladas não regulada (cenário pré-expansão agrícola, dados simulados de 1980 a 1993) e regulada (cenário pós expansão agrícola, dados simulados de 2005 a 2016).

Para analisar melhor os efeitos da ação humana sobre o desvio da vazão, construiu-se um cenário hipotético, que permitiu isolar a mudança no regime das precipitações. Este cenário considerou as características de uso e cobertura do solo e pedológicas de 1980 a 1993, porém mantidas as condições climáticas de 2005 a 2016 e depois foi comparado com o cenário recente, pós-expansão agrícola.

Esgotamento de Água Subterrânea

Esgotamento de Água Subterrânea é calculado como a proporção da área total do aquífero na bacia que enfrenta diminuição. Definiu-se para este subindicador usar os dados de grau de comprometimento derivados do balanço hídrico subterrâneo, com base em demandas estimadas, obtidos no plano de bacia, Nota Técnica nº 10 (HYDROS-ENGEPLUS, 2020). Esses dados representam porcentagem de comprometimento das águas subterrâneas por Unidade de Balanço Hídrico, considerando-se a vazão necessária (demanda hídrica estimada por setor) e a disponibilidade hídrica (reserva explotável subterrânea). Como todas as UB da RPGA apresentaram-se entre <20% e de 20% a 50% de comprometimento, foram consideradas como área sob esgotamento de água subterrânea as UBs com grau de comprometimento de balanço hídrico subterrâneo entre 20% e 50% para pelo menos um mês no ano (usando demandas estimadas). Para se chegar ao subindicador desejado, foi obtida a proporção entre o somatório das áreas dessas Unidades de Balanço com valores acima da linha de corte escolhida, e a área total da RPGA, conforme equação abaixo. Onde a é a área onde problemas de esgotamento foram identificados, e A é a área da sub-bacia/bacia sendo estudada.

$$GwSD = \left(1 - \frac{\sum a}{A} \right) * 100$$

Índice de Qualidade da Água

O Índice de Qualidade da Água mede o quanto os parâmetros de qualidade de água diferenciam-se dos valores necessários para o funcionamento dos ecossistemas aquáticos e é calculado usando o método CCMW modificado (Canadian Council of Environment Ministries, 2001). Este método incorpora três elementos: 1) Escala: o número de variáveis que não atendem aos limites de qualidade da água; 2) Frequência - o número de vezes que esses objetivos não são atingidos; e 3) Amplitude - em que medida os objetivos não são alcançados. O índice produzido é um número entre 0 (pior qualidade da água) e 100 (melhor qualidade da água) que é usado como uma pontuação para o ISA.

O Índice de Qualidade da Água na Bacia do Rio Grande foi calculado com base nos seguintes parâmetros: pH, oxigênio dissolvido (OD, em mg/L), nitratos (NO₃, em mg/L), fósforo total (TP, em mg/L), demanda biológica de oxigênio (DBO, em mg/L), turbidez (em µg) e coliformes termotolerantes (em número mais provável, 'NMP', por 100 ml). Os valores desses parâmetros foram obtidos no portal do SEIA-BA (Sistema Estadual de Informações Ambientais e de Recursos Hídricos), para os últimos cinco anos disponíveis na base, num total de 38 estações de monitoramento presentes na RPGA do Rio Grande.

Os valores obtidos nessa base foram confrontados com os limites legais estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces do tipo Classe 1, que são classificadas como aquelas adequadas ao abastecimento para consumo humano, à recreação por contato primário, à irrigação de hortaliças e frutas consumidas diretamente, e à proteção de comunidades aquáticas, inclusive em Terras Indígenas. Para os parâmetros nitrato e fósforo total, os valores foram confrontados com os limites apresentados em Allan e Castillo (2007).

Modificação da Margem

A Modificação da Margem foi avaliada através da perda de vegetação ripária como uma aproximação para a modificação da margem dos rios. Para avaliação deste subindicador foi utilizado o mapeamento de cobertura e uso do solo da UFV – Projeto OBahia (2021), considerado mais acurado para a área de estudo. Na porção da RPGA não coberta por esse mapeamento (UPGRH7), o mapa de uso e cobertura do solo foi completado com o mapeamento do Mapbiomas (2021) para o ano mais próximo disponível no momento do levantamento.

Feita essa composição, as classes de uso e cobertura foram reagrupadas para se tornarem compatíveis com as categorias definidas no FHI Tool. Essas novas categorias foram ponderadas coletivamente em oficina, para atribuição na nota de grau de naturalidade, utilizando-se dos métodos de apoio à decisão Jogo de Cartas e AHP (Analytic Hierarchy Process; SAATY, 1977). Especificamente para a Bacia do Rio Grande, foram consideradas os seguintes valores: 100 para vegetação natural; 38 para sistema cultural assistido (mosaico de agricultura e pastagem); 24 para sistema modificado de pastagens e silvicultura; 16 par agricultura de sequeiro; 4 para agricultura irrigada; e 0 para sistema completamente artificial, como áreas urbanas. Os resultados, juntamente com o mapa de cobertura de solo, foram então inseridos no aplicativo do ISA para o cálculo automático do subindicador de Modificação da Margem. O FHI Tool analisa a porcentagem de cada classe de uso e cobertura do solo num buffer de 100 m em torno da rede hidrográfica.

Conectividade de Fluxos

A Conectividade de Fluxos foi avaliada através do índice de conectividade dendrítica (DCI em inglês). Foi assumido que a “transitabilidade”, ou seja, a capacidade de um peixe atravessar uma barragem na Bacia do Rio Grande em qualquer direção é zero, tanto para peixes potádromos ou diádromos. Para este subindicador, utilizou-se o geodado de hidrografia da ANA e os pontos de barramentos unificados a partir de dados do inventário de barragens do INEMA e geodados do SIGEL-ANEEL. Uma vez que a RPGA do Rio Grande contém duas sub-bacias, a do Riachos Largo e do Riacho Canoa (UPGRH 7), que não estão diretamente conectadas à bacia do Rio Grande, o subindicador foi calculado em duas etapas. Primeiramente, foi calculado o índice de

conectividade hídrica da bacia hidrográfica do Rio Grande, usando o FHI Tool. Em seguida, considerando que a UPGRH7 não possuía nenhum barramento identificado, foi atribuído a ela o índice de 100. Em seguida, os valores para a bacia do Rio Grande e a UPGRH7 foram agregados por média ponderada pela extensão de rios em cada uma dessas unidades geográficas.

Dessa forma, foi inserido no FHI Tool o arquivo shapefile de barragens registradas no INEMA e na ANEEL (CGH, PCH e UHE), bem como o shapefile de hidrografia da ANA. Quanto à capacidade de passagem da ictiofauna, foi atribuído valor zero para todas as barragens, uma vez que nos levantamentos não se obteve nenhuma informação a respeito de escadas ou outros equipamentos para passagem de peixes. Por se tratar de área de estudo distante do litoral, foi usada a parametrização DCIp (potadromous value) 1; DCId (diadromous value) 0.

Naturalidade da Cobertura do Solo

Assim como para Modificação da Margem, para este subindicador também foi escolhido o mapeamento da UFV – Projeto Obahia (2021), sendo complementado pelo do Mapbiomas (2021) na região da UPGRH7. O reagrupamento das classes de uso e cobertura e os pesos atribuídos foram os mesmos utilizados naquele subindicador. Em seguida, o mapa de uso e cobertura é inserido no modelo, preenchida na janela do FHI Tool a correspondência entre pesos, classes e valores de pixel, e o subindicador é automaticamente calculado pelo aplicativo, com base na metodologia de Cote et al (2009).

Espécies de Interesse

Espécies de Interesse mede o grau de ameaça das espécies de ambientes aquáticos (peixes, anfíbios, crustáceos, moluscos, insetos e plantas). Como não há dados de monitoramento contínuo de espécies para a Bacia do Rio Grande, este subindicador representa a proporção de espécies com algum tipo de ameaça em relação à diversidade total de espécies avaliadas. Para cálculo do subindicador de espécies de interesse, foram utilizadas listas de espécies de ocorrência ou de distribuição geográfica esperada para a área de estudo. Essas listas foram obtidas na plataforma SIBBr (2020), IUCN Red List (2021) e Birdlife Foundation (2020), além dos estudos do Plano de Bacia da RPGA XXI (Consórcio Hydros e Engeplus, 2020) do Plano de Manejo do Parque Municipal de Barreiras (PM Barreiras, 2020). Os conjuntos de espécies foram unificados, restando 115 espécies de ocorrência indicada para a RPGA, diretamente dependentes da água doce. Foram considerados no cálculo do subindicador: plantas aquáticas, peixes, anfíbios, moluscos aquáticos, artrópodes da classe Odonata, mamíferos e aves aquáticos. Destas, 99 são classificadas como em situação menos preocupante (LC), 10 como deficientes de dados (DD), três como vulneráveis (VU), uma como ameaçada (EN) e duas como criticamente ameaçadas (CR).

Espécies Invasoras

Esse subindicador mede a predominância de espécies invasoras. Como não há dados de monitoramento contínuo de espécies invasoras para a bacia do rio Grande, o cálculo é diretamente proporcional ao número total de espécies invasoras presentes na área de estudo, segundo a equação abaixo

$$I_{IN,i} = \begin{cases} 1 - \frac{n_{IN,i}}{10}, & \text{for } 0 \leq n_{IN,i} \leq 8 \\ 0.1, & \text{for } n_{IN,i} \geq 9 \end{cases}$$

Onde n_{IN,i} é o número de espécies invasoras e indesejadas na bacia, no tempo t = i.

Para contagem do total de espécies invasoras na RPGA do Rio Grande, foi obtida, junto ao Instituto Hórus, a planilha com dados de espécies invasoras registradas na base I3N – Invasive Species Network (HÓRUS, 2004), com ocorrência para a Bahia, que foram recortados para a área de estudo. Conforme recomendação de especialistas da CI Brasil acrescentou-se a elas espécies invasoras agrícolas que representam ameaça aos ecossistemas nativos aquáticos e ripários, resultando em um total de 27 espécies.

SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS

Para os subindicadores de Serviços Ecosistêmicos associados a Provisão e Regulação e Suporte, as pontuações foram calculadas com base em fatores espaciais, temporais e de magnitude de uma determinada variável. A abordagem analítica usada para o ISA é análoga a estruturas de avaliação de elementos de risco (Covello e Merkhoher, 2013) para obter um processo sistemático de avaliação para serviços ecosistêmicos e usa elementos do método usado no Canadian Water Quality Index (Conselho Canadense de Ministérios do Meio Ambiente, 2001). Quando os dados estavam disponíveis, todos os três fatores (descritos abaixo) foram calculados para cada subindicador no componente de Serviços Ecosistêmicos.

F1 mede a dimensão espacial do sistema para fornecer o serviço ecosistêmico:

$$F_1 = \left(\frac{\text{Número de unidades espaciais que não atenderam à demanda pelo menos uma vez}}{\text{Número total de unidades espaciais}} \right) * 100 \quad (\text{eq. 1})$$

Nota: a unidade espacial é definida como as unidades de localização (por exemplo, município e sub-bacia) para as quais os dados estão disponíveis.

F2 mede a dimensão temporal para avaliar com que frequência o sistema não pode fornecer o serviço ecosistêmico:

$$F_2 = \left(\frac{\text{Número de instâncias em que a demanda não foi atendida}}{\text{Número total de instâncias}} \right) * 100 \quad (\text{eq. 2})$$

Nota: a instância é definida como o número total de unidades espaciais pelo número total de períodos de tempo para os quais os dados estão disponíveis.

F3 mede a magnitude do desvio quando o serviço não é atendido (equações 3-6).

$$F_3 = \left(\frac{nse}{nse+1} \right) * 100 \quad (\text{eq. 3})$$

$$nse = \frac{\sum_{i=0}^n Ex_i}{\text{Número total de instâncias}} \quad (\text{eq. 4})$$

Quando o objetivo não está longe da meta, a excursão (Ex) na equação 4 é definida como:

$$Ex_i = \left(\frac{\text{objetivo}_i}{\text{valor da instancia}_i} \right) - 1 \quad (\text{eq. 5})$$

Como alternativa, quando o objetivo n

$$Ex_i = \left(\frac{\text{valor da instancia}_i}{\text{objetivo}_i} \right) - 1 \quad (\text{eq. 6})$$

A pontuação do Indicador de Serviço Ecosistêmico (ESI) de acordo com as seguintes regras:

Regra 1: Se for possível somente determinar F1 (evidência baixa):

$$ESI_1 = 100 - F_1 \quad (\text{eq. 7})$$

Regra 2: Se for possível somente determinar F1 e F2 (evidência média):

$$ESI_2 = 100 - \sqrt{F_1 * F_2} \quad (\text{eq. 8})$$

Regra 3: Se for possível determinar todas as três (evidência alta):

$$ESI_3 = 100 - \sqrt{F_1 * F_3} \quad (\text{eq. 9})$$

Confiabilidade do Fornecimento de Água Relativo à Demanda

Na Nota Técnica nº 10 do Plano da Bacia do Rio Grande foram obtidos os dados de balanço hídrico por Unidade de Balanço (UB). Foram utilizados os valores de Grau de Comprometimento por unidade de balanço hídrico, que representam a soma das demandas superficiais e subterrâneas em relação ao volume de recurso hídrico disponível (vazão outorgável superficial mais a reserva explotável subterrânea). Na Nota Técnica estão

disponíveis dois quadros de Grau de Comprometimento do Balanço Hídrico: i) calculado com base em demandas estimadas e ii) calculado com base na soma das vazões outorgadas. Para uso no Índice de Saúde da Água da bacia, foi escolhido o valor baseado em demandas estimadas, porque as outorgas estão sujeitas a maior imprecisão, uma vez que há usos não outorgáveis, usos não regularizados e há divergências entre as vazões outorgadas e o uso efetivo dos recursos hídricos. Esse entendimento é corroborado na própria Nota Técnica (HYDROS-ENGEPLUS, 2020). Os dados de Grau de Comprometimento foram então inseridos e formatados de acordo com a planilha modelo do ISA, invertendo-se os valores para obtenção do subindicador de Confiabilidade no Fornecimento (“Confiabilidade no fornecimento” = 100% - “Grau de Comprometimento”). Esses dados foram inseridos no FHI Tool para cálculo do subindicador para a área de estudo. Foi considerado como mínimo aceitável a confiabilidade de 80%.

Regulação de Sedimentos

Para este subindicador, foi utilizado o geodado de Produção de Sedimentos de Campagnolli (2006). Trata-se de mapa utilizado pela ANEEL para avaliação do potencial de assoreamento de reservatórios no país. Apresenta uma estimativa de produção de sedimentos para o Brasil, apresentando cinco classes de produção (< 5 t/km².ano; de 5 a 70 t/km².ano; de 70 a 200 t/km².ano; de 200 a 400 t/km².ano e > 400 t/km².ano). Para se chegar ao indicador desejado, a partir do geodado foi estimada, para cada unidade de balanço hídrico, a produção de sedimentos correspondente. O cálculo foi feito com base na porcentagem das áreas sob cada categoria de Produção de Sedimentos e nas médias dos intervalos correspondentes. No caso dos limites superior e inferior, utilizou-se o valor de referência em lugar da média (Equação 2).

$$PS_{UB} = \frac{(\lim \sup PS_{C_1} \times \text{Área}_{C_1}) + (PS_{C_2} \times \text{Área}_{C_2}) + (PS_{C_3} \times \text{Área}_{C_3}) + (PS_{C_4} \times \text{Área}_{C_4}) + (\lim \inf PS_{C_5} \times \text{Área}_{C_5})}{\text{Área}_{UB}}$$

Onde:

PS = média entre os limites superior e inferior de cada intervalo das cinco categorias de produção de sedimentos

UB= unidade de balanço

A produção estimada de sedimentos foi então inserida no aplicativo, na unidade de t/ha.ano, e foi estipulado como limite máximo aceitável, 0,7t/ha.ano, ou 70 t/km².ano, com base na consulta de bibliografia específica sobre o tema (CARVALHO et al, 2000; PANAGOS et al. 2015; LENSE et al., 2019; CAMPAGNOLLI, 2006).

Regulação da Qualidade da Água

O subindicador de Regulação da Qualidade da Água foi calculado com base nos seguintes parâmetros: pH, oxigênio dissolvido (OD, em mg/L), nitratos (NO₃, em mg/L), fósforo total (TP, em mg/L), demanda biológica de oxigênio (DBO, em mg/L), turbidez (em µg) e coliformes termotolerantes (em número mais provável, ‘NMP’, por 100 ml). Os valores desses parâmetros foram obtidos no portal do SEIA-BA (Sistema Estadual de Informações Ambientais e de Recursos Hídricos) para as 38 estações de monitoramento de qualidade da água operadas pelo INEMA, nos últimos cinco anos disponíveis. De modo diferente do subindicador de Qualidade da Água do componente Vitalidade do Ecossistema, para o subindicador de Regulação da Qualidade da Água foram considerados os limites definidos na Resolução CONAMA 357/2005 para corpos hídricos de água doce Classe 2. Essa classe corresponde aos seguintes usos dos recursos hídricos: abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e aquicultura e pesca. Para coliformes termotolerantes, consideramos o limite estabelecido nessa resolução, que coincide com o nível satisfatório

de qualidade da água doce destinada à balneabilidade segundo a Resolução CONAMA 274/2000, de até 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% das amostras. No caso, consideramos como não-conforme qualquer ponto que superasse 1 mil coliformes termotolerantes por 100 mililitros.

Regulação de Doenças

A Regulação de Doenças foi avaliada com os dados de incidência de casos de doenças relacionados à água (dengue, chikungunya, febre zika, febre amarela, leishmaniose visceral e tegumentar, leptospirose e esquistossomose) nos 17 municípios da Bacia do Rio Grande¹. A taxa de incidência de casos foram obtidos no banco de dados do Sistema Único de Saúde - DATASUS e na base da Secretaria de Saúde da Bahia - SESAB, considerando uma série histórica de cinco anos mais recente disponível. Os limiares epidêmicos (número de casos a partir do qual se considera haver surto num local e tempo determinados) foram calculados com base em uma adaptação do método de Cullen (CULLEN et al 1984, BRAZ et al 2006). O valor de referência, portanto, corresponde a uma aproximação do limiar epidêmico real, ou limite superior de controle (LSC), utilizado em epidemiologia, calculado extraindo-se a média e o desvio padrão da taxa de casos anuais por habitante, num universo amostral de cinco anos retrospectivos e em seguida, somando-se a média à 1,96 vezes o desvio-padrão.

$$VR = X + 1,96 DP$$

Onde:

VR = Valor de referência para limiar epidêmico

X = média da ‘taxa anual de casos por habitante’, para a doença em análise, considerando-se os cinco anos retrospectivos.

DP = desvio padrão da ‘taxa anual de casos por habitante’, para a doença em análise, considerando-se os cinco anos retrospectivos.

Taxa anual de casos por habitante = N° de casos no ano / população municipal no Censo 2010

Para calcular o subindicador, foi necessário agregar o índice por agravo. Isso foi feito importando, no aplicativo, a planilha com a taxa de caso anuais por habitante, e definindo-se como limites aceitáveis os valores de referência de limiar epidêmico para cada ano e município. Para a incidência de diarreia, foram utilizados como aproximação os dados de coliformes termotolerantes do monitoramento de qualidade de água do INEMA, por não haver dados disponíveis para esse agravo e o limite para Classe 1 de águas doces, ou seja, 200 coliformes por 100 ml. Assim, foi calculado no FHI Tool o subindicador para cada doença, e finalmente feita a média geométrica para obtenção o valor global do subindicador.

Regulação de Inundações

Regulação de Inundações foi avaliado com base nos dados de ocorrência, obtidos na base de dados do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres Naturais (S2ID), do Ministério da Integração Nacional (2021). Foram consultadas as séries históricas, por município, das declarações de Estado de Calamidade Pública (ECP) e Situações de Emergência (SE); e dos danos registrados sobre alagamentos e inundações no Arquivo Digital do sistema integrado, que inclui dados de relatórios e jornais. Complementarmente, foram consultadas informações sobre incidência de Leptospirose, por município da área de estudo, do banco de dados do DATASUS e SESAB. Todos os registros foram consolidados por município para o período entre 01/01/2016 e 31/12/2020, a fim de se obter o panorama mais completo de evidências de inundações. O cálculo foi realizado no nível F2, assumindo-se o valor zero como limiar, ou seja, que nenhuma inundação ocorra.

1. Os município inseridos na Bacia do Rio Grande são: Angical, Baianópolis, Barra, Barreiras, Buritirama, Catolândia, Cotegipe, Cristópolis, Formosa do Rio Preto, Luís Eduardo Magalhães, Mansidão, Muquém do São Francisco, Riachão das Neves, Santa Rita de Cássia, São Desidério, Tabocas do Brejo Velho e Wanderley.

Conservação e Patrimônio Cultural

O subindicador de áreas de conservação baseia-se na proporção de trechos de rio dentro de áreas protegidas, comparando-se ao objetivo de 17% estabelecido pela meta de Aichi para a Diversidade Biológica. Para o cálculo desse subindicador foram utilizados os geodados de Unidades de Conservação e outras Áreas Protegidas de diversas fontes oficiais (INEMA, ICMBio, FUNAI, IPHAN, INCRA, Fundação Palmares) e a rede de drenagem, recortados para a área de estudo. Como sítios arqueológicos eram representados por pontos no geodado de origem, enquanto são necessários polígonos para o cálculo do índice, adotamos um raio de 250m no entorno de cada sítio como sua área de proteção, usando por analogia o que a legislação vigente estipula para proteção de cavidades naturais. Cada tipo de área protegida foi ponderado em oficina, segundo sua eficiência para proteção do patrimônio natural, utilizando-se os métodos de Jogo de Cartas e AHP (Analytic Hierarchy Process; SAATY, 1977). Os pesos assim obtidos coletivamente foram então normalizados para a escala 0 a 100 e inseridos na planilha eletrônica, onde foram calculadas por UPGRH, as proporções de trechos de rios dentro de áreas protegidas, multiplicadas pelos respectivos pesos. Os valores foram então agregados para a bacia utilizando-se média ponderada pela extensão de rios de cada UPGRH, conforme equações abaixo.

$$\text{PoR} = ((\text{P.PI} * \text{PI}) + (\text{P.US} * \text{US}) + (\text{P.TI} * \text{TI})) / \text{RL} * 100$$

Onde :

PoR = Proporção ponderada de rios protegidos

P.PI = peso atribuído a Unidades de Conservação de Proteção Integral e Sítios arqueológicos

PI = extensão de rios dentro de UCs de Proteção Integral e Sítios arqueológicos

P.US = peso atribuído a Unidades de Conservação de Uso Sustentável, Quilombos e RPPNs

US = extensão de rios dentro de UCs de Uso Sustentável, Quilombos e RPPNs

P.TI = peso atribuído a Terras Indígenas

TI = extensão de rios dentro de Terras Indígenas

RL = Extensão de rios total (protegidos ou não)

$$\text{CS} = 117 * \text{PoR} / (\text{PoR} + 17)$$

Onde :

CS = subindicador de Conservação e Patrimônio Cultural

PoR = Proporção ponderada de rios protegidos

Recreação

Recreação mede o quanto as pessoas gastam seu tempo em atividades recreativas relacionadas com a água. Como não se pôde obter dados consistentes quantitativos sobre a visitação para todos os atrativos, optou-se por utilizar metodologia de Paracchini et al. (2014) para estimativa de potencial de recreação ao ar livre, que pode ser considerado proxy para o ecoturismo. Esse método apresenta um modelo para cálculo de um mapa de potencial de recreação, com base em atrativos relacionados à água, sua proximidade a estradas, existência de áreas protegidas e naturalidade da cobertura do solo. Os geodados de entrada para essa metodologia foram os pontos dos atrativos turísticos (Jacarandá, 2020); rede de drenagem (INEMA, 2019); rodovias (IBGE, 2017), unidades de conservação (INEMA, 2020; ICMBIO, 2020) e cobertura do solo (UFV, 2020; MAPBIOMAS, 2019).

Inicialmente, para o cálculo do potencial de recreação, a lista de atrativos da região foi transformada em pontos, através de busca de suas localizações com auxílio das plataformas Google Earth, Google Maps, Tripadvisor e outras fontes disponíveis na internet. Em seguida, procedeu-se ao cálculo de Water attractiveness, que representa a acessibilidade dos atrativos em relação a sua proximidade a estradas. Foi calculado de forma inversamente



© MANUEL MESSIAS CASTRO

proporcional à distância, de maneira que ao ponto mais distante de uma estrada (19km) foi atribuído valor mínimo da escala (=0), e ao de menor distância, valor máximo de atratividade (=100). Assim, o valor do pixel representa o grau de acessibilidade de cada atrativo turístico relacionado a água.

Em seguida, os mapas de Naturalidade da Cobertura do Solo e de Áreas Protegidas foram normalizados com os pesos atribuídos coletivamente nas oficinas, normalizados para a escala de 0 a 100.

Foi então realizada a soma dos mapas de Naturalidade, Áreas Protegidas e Water attractiveness, utilizando álgebra de mapas em formato raster no software de modelagem Dinamica EGO (SOARES-FILHO, RODRIGUES e COSTA, 2009). De modo a dar foco no tema água, o mapa resultante foi recortado num buffer de 100 m ao longo da hidrografia, obtendo-se o potencial de recreação específico para o entorno dos cursos d'água da área de estudo. Finalmente, para agregar os valores de pixel num único índice correspondente ao subindicador desejado, foram obtidas as estatísticas dos valores de pixel.

GOVERNANÇA E PARTES INTERESSADAS

Os indicadores de Governança e Partes Interessadas foram determinados pelo método de pesquisa, que consiste na aplicação de um questionário de percepção com 54 perguntas, utilizando-se uma escala de 5 pontos. Os questionários de percepção foram aplicados individualmente com as partes interessadas, com o apoio de uma equipe de consultores para mobilização das mesmas. Devido à pandemia da Covid-19, os questionários foram adaptados para uma plataforma online, de modo que as partes interessadas pudessem fornecer suas respostas anonimamente, respeitando o distanciamento social. Os resultados obtidos foram sistematizados em planilha digital, calculando-se as principais estatísticas das respostas: média, variância e média ponderada pelos pesos atribuídos, chegando-se ao valor final do subindicador agregando-se os resultados pela média geométrica. No total, 30 atores participaram da pesquisa, representando setores do governo, da sociedade civil e usuários, com conhecimentos sobre as questões de governança da Bacia do Rio Grande.

PONDERAÇÃO

A avaliação da prioridade relativa que as partes interessadas dão aos indicadores e subindicadores dos componentes de Serviços Ecossistêmicos e Governança e Partes Interessadas foi realizada através do Processo Analítico de Hierarquia (AHP) (SAAD, 1990). Esse questionário também foi aplicado com cada parte interessada, através de plataforma online, onde os respondentes puderam realizar uma série de comparações pareadas e depois avaliar a força de suas preferências.

APÊNDICE PARTE II: MÉTODO PARA O MODELO HIDROLÓGICO

Modelo de Grandes Bacias (MGB)

Para simular o comportamento hidrológico da bacia do Rio Grande a fim de estudar as alterações hidrológicas causadas pelas mudanças de uso e cobertura da terra nas vazões do Rio Grande e tributários, foi utilizado o modelo hidrológico MGB (Modelo de Grandes Bacias), desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (COLLISCHONN et al., 2020). O modelo MGB permite simular os processos hidrológicos em bacias de grandes extensões, com dimensões acima de alguns milhares de km² até a escala continental sendo, portanto, adequado ao caso da bacia hidrográfica do Rio Grande, que possui área de drenagem de aproximadamente 75.000 km².

A primeira versão do MGB foi apresentada por Collischonn (2001) e Collischonn et al. (2007), que vem sendo modificada ao longo do tempo com várias melhorias conceituais introduzidas por Buarque et al. (2008), Paiva, Collischonn e Tucci (2011), Pontes et al. (2017) e Fleischmann et al. (2018). Por ter sido desenvolvido no contexto brasileiro, o modelo MGB apresenta melhor adequação para simular as condições biofísicas típicas no Brasil do que modelos desenvolvidos para o hemisfério norte.

O modelo MGB é classificado como um modelo semi-distribuído, que combina variáveis biofísicas para simular a hidrologia da bacia com base em “unidades de resposta hidrológica” (URHs), regiões de certa homogeneidade no comportamento hidrológico (COLLISCHONN et al., 2020). A delimitação das unidades de resposta hidrológica ocorre por meio da interseção dos mapas de tipologia de solos, uso e cobertura da terra e de delimitação das microbacias, obtida a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE). Os processos simulados no modelo MGB incluem o balanço de energia solar na superfície, a interceptação de água da chuva, o balanço de água no solo, a percolação da água para o aquífero e a geração dos escoamentos superficial, subsuperficial e subterrâneo.

Método, dados de entrada e calibração do modelo hidrológico

A etapa de delimitação da bacia hidrográfica do Rio Grande e das sub-bacias consideradas no modelo MGB foi realizada com base no modelo digital de elevação, sendo adotado o MDE do SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) versão 4, com resolução espacial de 30 metros ou 0.0002778 arcos de segundo. O MDE SRTM Versão 4 encontra-se hospedado nos servidores do portal Earthdata <<https://earthdata.nasa.gov/>>, um dos repositórios para armazenamento de informações espaciais de responsabilidade da agência espacial americana NASA. Devido a estes fatores, as sub-bacias consideradas nesta modelagem hidrológica não coincidem exatamente com as unidades de balanço hídrico (UBs) ou unidades de planejamento e gestão de recursos hídricos (UPGRHs) adotadas no Plano de Recursos Hídricos da RPGA do Rio Grande, embora as unidades hidrográficas utilizadas neste trabalho sejam bastante aproximadas aos limites das UPGRHs delimitadas pelo Consórcio Hydros-Engeplus (HYDROS-ENGEPLUS, 2020).

A delimitação da rede de drenagem e microbacias foi feita com o IPH-HydroTools (SIQUEIRA et al., 2016), disponível na forma de complemento do QGIS, considerando uma área de drenagem mínima de 20 km² e adotando trechos de rio de 10 km de comprimento para fins de segmentação, conforme o indicado no manual do MGB. A discretização obtida apresentou um total de 2.176 trechos de rio e 2.177 microbacias, agregados em 14 sub-bacias hidrográficas.

Na modelagem hidrológica do Rio Grande, as características geomorfológicas para pontos observados foram obtidas a partir dos dados de Resumo de Descarga de estações fluviométricas da Agência Nacional de Águas inseridas na bacia hidrográfica. Os dados de

largura e profundidade dos cursos d'água foram relacionados com a área de drenagem a montante de cada estação fluviométrica.

O MGB utiliza como um dos dados de entrada um mapa de uso e cobertura do solo, para que a modelagem leve em conta parâmetros locais específicos de escoamento e infiltração. Os mapas utilizados para representar os cenários pré e pós expansão agrícola foram obtidos da Universidade Federal de Viçosa, em escala 1:150.000 (OBAHIA, 2021). O mapa pedológico empregado para definição das Unidades de Resposta Hidrológica foi elaborado pelo Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA) do Estado da Bahia, no âmbito do Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH; INEMA, 2004), em escala 1:1.000.000.

Os dados pluviométricos utilizados para a modelagem hidrológica consistem em séries históricas de chuva diárias obtidas na plataforma HidroWeb (ANA, 2019). Tendo em conta o objetivo do presente estudo, dois períodos foram selecionados para a modelagem, o primeiro deles (1980 a 1996) para simular as condições representativas de uma época anterior à grande expansão agrícola regional, enquanto o segundo período (2005 a 2018) reflete as condições de uma etapa posterior à expansão agrícola. A escolha dos períodos a serem utilizados na simulação leva em conta uma série de critérios: (1) consoantes com as condições de uso e cobertura do solo representativas para o estudo; (2) série histórica com a menor quantidade possível de falhas de dados; (3) compatibilidade com as séries de dados observados de vazões para fins de calibração e validação do modelo; (4) suficientemente longas para viabilizar as etapas de calibração e validação. Assim sendo, os dados pluviométricos consistem naqueles referentes aos períodos supracitados, da seguinte forma:

- 1980 - 1996: dados dos primeiros quatorze anos (1980-1993) utilizados para a calibração do modelo e os três últimos anos (1994-1996) para validação; e
- 2005 - 2018: dados dos primeiros onze anos (2005-2016) utilizados para a calibração do modelo e os anos 2017-2018 para validação.

Os dados de vazões diárias observadas nas estações fluviométricas são utilizados na modelagem hidrológica para comparação com os dados de vazões simuladas, na etapa de calibração e na etapa de validação do modelo. Para este estudo, portanto, buscamos obter dados de vazões fluviais através da plataforma Hidroweb (ANA, 2019) coincidentes com as séries históricas pluviométricas.

Na bacia hidrográfica do Rio Grande foram identificadas 95 estações fluviométricas, porém apenas 14 delas (15%) possuem dados de vazão para o período 1980–2020. Devido à proximidade entre as estações 46543000 e 46550000, esta última acabou sendo desconsiderada. Dessa forma, foram utilizadas 13 estações fluviométricas, que serviram de base também para a delimitação das sub-bacias. O cálculo da evapotranspiração no modelo MGB requer os seguintes dados climatológicos: temperatura (°C), umidade relativa do ar (%), velocidade do vento (m/s), pressão atmosférica (kPa) e insolação (horas de sol por dia). De acordo com Collischonn et al. (2020), o modelo MGB é menos sensível à variação diária dos dados climatológicos no processo de estimativa da evapotranspiração e, por esse motivo, é possível utilizar valores de normais climatológicas a partir dos dados das estações em substituição aos dados diários. Diante disso, foram adotados os dados de normais climatológicas da base interna do MGB, calculadas para 394 estações, para o período 1960-1990, pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET para todo o Brasil.

Visão geral do processo de calibração do modelo hidrológico

O modelo foi calibrado de forma específica para cada um dos períodos, assim denominados: modelo calibrado para o período pré-expansão agrícola: Modelo Cenário 1; e modelo calibrado para o cenário atual, pós expansão agrícola: Modelo Cenário 2. O Modelo Cenário 1, dessa forma, foi parametrizado com dados de uso do solo de 1990, dados climáticos e fluviométricos do período 1980 a 1993 e os parâmetros de solo calibrados para esse mesmo período. O Modelo Cenário 2, por sua vez, foi parametrizado com dados de uso

do solo de 2015, dados climáticos e fluviométricos do período 2005 a 2016, parâmetros de solo calibrados com base nesse segundo período. As simulações foram feitas para a mesma série temporal dos dados de entrada, rodando-se o modelo para os 13 anos sequenciais.

Após o processo de calibração é realizada a etapa de validação, que tem por objetivo verificar a capacidade do modelo em responder adequadamente nas simulações com dados diferentes daqueles utilizados na calibração. Dessa forma, pode-se avaliar o quanto o modelo é capaz de representar os processos na bacia para simular vazões em outros períodos. Neste estudo, os dois modelos (Cenários 1 e 2) foram validados através da simulação dos anos seguintes àqueles utilizados para a calibração, mantendo-se os ajustes de parâmetros obtidos na calibração. A validação do Cenário 1 foi realizada utilizando-se como dados de entrada as precipitações observadas no período de 1994 a 1996, nas mesmas estações pluviométricas (13 estações) cujos dados foram utilizados na calibração do modelo, simulando as vazões para esse período. A validação do modelo 2 foi realizada com a aplicação das precipitações observadas no período de 2017 e 2018 e simulando as vazões para este mesmo intervalo de tempo. Mais detalhes sobre as fontes de dados e processamentos realizados podem ser obtidos no relatório técnico do projeto de modelagem hidrológica (JACARANDÁ, 2021).

Construção de cenário hipotético

A finalidade da modelagem hidrológica foi avaliar o quanto as vazões atuais mudaram em relação às vazões naturais históricas para diferentes pontos da bacia hidrográfica. Sabe-se que, na Bacia do Rio Grande, a ação antrópica está diretamente relacionada à mudança de cobertura do solo e ao aumento da demanda hídrica, portanto, o subindicador foi calculado comparando-se os Modelos Cenários 1 e 2 diretamente, conforme explicado anteriormente. Por outro lado, sabe-se que a região vem sofrendo uma redução no volume de precipitações desde 1980, na ordem de 12% entre 1980 e 2015 (Pousa et al. 2019), o que impacta também o regime hidrológico e a recarga de aquífero.

Com o objetivo de analisar melhor os efeitos que poderiam ser atribuídos à ação humana sobre o desvio da vazão, optou-se por calcular o subindicador analisando-se um cenário hipotético, que permitiu isolar a influência da mudança no regime das precipitações. Esse cenário, denominado neste trabalho como Cenário 3, teve como dados de entrada o uso do solo de 1990 (representando a situação “natural” ou pretérita), os parâmetros de solo calibrados para o período 1980 a 1993, porém mantidas as condições climáticas do período 2005-2016. O Cenário 3 representa, dessa forma, como seria a resposta hidrológica da bacia nas condições climáticas atuais, caso não houvesse ocorrido a expansão agrícola (Tabela 2). Assim, o cálculo do indicador de desvio do regime de vazão para a bacia do Rio Grande foi realizado com base na comparação das vazões obtidas entre os Modelos Cenários 1 x 2 e entre o Modelo Cenário 2 e Cenário 3.

Descrição dos ajustes dos cenários definidos no estudo. (Tabela 2)

CENÁRIO	AJUSTES DO MODELO	PERÍODO
Modelo Cenário 1	Dados meteorológicos	1980-1993
	Mapa de uso do solo	1990
	Parâmetros do solo calibrado para:	1980-1993
Modelo Cenário 2	Dados meteorológicos	2005-2018
	Mapa de uso do solo	2015
	Parâmetros do solo calibrado para:	2005-2018
Cenário 3 (hipotético)	Dados meteorológicos	2005-2018
	Mapa de uso do solo	1990
	Parâmetros do solo calibrado para:	1980-1993

BIBLIOGRAFIA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Hidroweb: Sistemas de informações hidrológicas. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/>. 2019. Acessado em: 20/04/2021

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA), 2021. Catálogo de Metadados da ANA. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/search?keyword=Ottobacia>. Acessado em : 05/09/2021

BAHIA. SECRETARIA DE SAÚDE DA BAHIA - SESAB. Cenário Epidemiológico da Bahia. Apresentação Técnica. 2019. Disponível em: <http://www.saude.ba.gov.br/suvisa/vigilancia-epidemiologica/observatorio-de-vigilancia-epidemiologica/>. Acessado em: 01 de março de 2020.

BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE. Banco de dados do Sistema Único de Saúde-DATASUS. Disponível em <http://www.datasus.gov.br>. Acessado em: 22/03/2021.

BRAZ, Rui Moreira; ANDREOZZI, Valeska Lima; KALE, Pauline Lorena. Detecção precoce de epidemias de malária no Brasil: uma proposta de automação. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, v. 15, n. 2, p. 21-33, 2006.

BUARQUE, Diogo Costa; PAZ, A. R.; COLLISCHONN, Walter. Extração automática de parâmetros físicos de bacias hidrográficas a partir do MNT para utilização em modelos hidrológicos. II Simpósio de Recursos Hídricos do Sul-Sudeste, 2008.

CAMPAGNOLI, F. The production of the sediment of the South America Continent: propose of mapping of the erosion rates based on geological and geomorphological aspects. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, Ano 7, N.1, 2006.

CARVALHO, N.O.; FILIZOLA JUNIOR, N.P.; SANTOS, P.M.C.; LIMA, J.E.F.W. Guia de avaliação de assoreamento de reservatórios - Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL - 132p, 2000.

COLLISCHONN, Walter. Simulação hidrológica de grandes bacias. Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2001.

COLLISCHONN, Walter et al. The MGB-IPH model for large-scale rainfall—runoff modelling. *Hydrological Sciences Journal*, v. 52, n. 5, p. 878-895, 2007.

COLLISCHONN, Walter et al. Manual de Referência Teórica do MGB. HGE, IPH, UFRGS, 2020.

CONAMA, Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA.

CONAMA, Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA; “Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências.” CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment). 2001. Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: CCME Water Quality Index 1.0, User’s Manual. In: Canadian environmental quality guidelines, 1999, Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg.

CONSERVATION INTERNATIONAL. Índice de Saúde da Água - Manual do Usuário (versão em Português). Versão 1.1. 6 de outubro de 2017.

CONSERVATION INTERNATIONAL, 2019. Índice de Saúde da Água - Bacia do Guandu - Rio de Janeiro, Brasil. Relatório técnico. Novembro de 2019.

CONSERVATION INTERNATIONAL. User Manual Version 1.2.1, 14 de Agosto de 2021. Disponível em: <https://www.freshwaterhealthindex.org/tool/index.html>. Acessado em: 08/09/2021

COTE, David et al. A new measure of longitudinal connectivity for stream networks. *Landscape Ecology*, v. 24, n. 1, p. 101-113, 2009.

Covello, V. T. e Merkhoher, M. W. (2013). Risk assessment methods: approaches for assessing health and environmental risks. Springer Science and Business Media.

CULLEN, J. R. et al. An epidemiological early warning system for malaria control in northern Thailand. *Bulletin of the World Health Organization*, v. 62, n. 1, p. 107, 1984.

FLEISCHMANN, Ayan et al. Modelling hydrologic and hydrodynamic processes in basins with large semi-arid wetlands. *Journal of Hydrology*, v. 561, p. 943-959, 2018.

GEHRKE, P. C. et al. River regulation and fish communities in the Murray Darling river system, Australia. *Regulated Rivers: Research & Management*, v. 11, n. 3, 4, p. 363-375, 1995.

GIPPEL, C. J. et al. River health assessment in China: comparison and development of indicators of hydrological health. *International Water Centre: Brisbane, Australia*, 2011.

HÓRUS, INSTITUTO. Base de dados de espécies exóticas invasoras do Brasil, Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental, Florianópolis – SC. 2004. Disponível em: <http://bd.institutohorus.org.br/www>. Acessado em: 27/01/2021.

HYDROS-ENGEPLUS, CONSÓRCIO ÁGUAS DO OESTE. Nota técnica nº 10. DISPONIBILIDADE TOTAL E BALANÇO HÍDRICO. Plano de Recursos Hídricos e Proposta de Enquadramento dos Corpos de Água da RPGA do Rio Grande, 2020.

INEMA - Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Solos, Estado da Bahia - Plano Estadual de Recursos Hídricos. Vetor 1:1.000.000 - 2004.

IUCN 2021. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2021-1. Disponível em: <https://www.iucnredlist.org>. Acessado em: 04/02/2021.

JACARANDA SOLUÇÕES AMBIENTAIS LTDA. Modelagem hidrológica para cálculo do subindicador de desvio de vazão - Bacia do Rio Grande / BA. Relatório Técnico. Belo Horizonte, 2021

LENSE, Guilherme Henrique Expedito et al. Estimates of soil losses by the erosion potential method in tropical latosols. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 43, 2019.

MOREIRA, Michel Castro; SILVA, DD da; SILVA, Michael Pereira da. Atlas hidrológico da bacia hidrográfica do rio Grande. Barreiras: Gazeta Santa Cruz, 2010.

OBAHIA Servidor de Mapas do Oeste da Bahia. Plataforma multidisciplinar de acesso aberto. Estudo do potencial hídrico da região oeste da Bahia: quantificação e monitoramento da disponibilidade dos recursos do aquífero Uruçuia e superficiais nas bacias dos rios Corrente e Grande. Disponível em: <http://obahia.dea.ufv.br/>. Acessado em: 01/12/2021.

PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS (PBMC). Base científica das mudanças climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 1 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas [Ambrizzi, T., Araujo, M. (eds.)]. COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 464 pp. 2014.

PAIVA, Rodrigo CD; COLLISCHONN, Walter; TUCCI, Carlos EM. Large scale hydrologic and hydrodynamic modeling using limited data and a GIS based approach. *Journal of Hydrology*, v. 406, n. 3-4, p. 170-181, 2011.

PAIVA, R.F.P.S.; SOUZA, M.F.P. Associação entre condições socioeconômicas, sanitárias e de atenção básica e a morbidade hospitalar por doenças de veiculação hídrica no Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 34, p. e00017316, 2018.

PANAGOS, Panos et al. Estimating the soil erosion cover-management factor at the European scale. *Land use policy*, v. 48, p. 38-50, 2015.

PARACCHINI, Maria Luisa et al. Mapping cultural ecosystem services: A framework to assess the potential for outdoor recreation across the EU. *Ecological indicators*, v. 45, p. 371-385, 2014.

PEREIRA, S. B. Evaporação no lago de sobradinho e disponibilidade hídrica no rio São Francisco. Viçosa, MG: UFV, 2004. 105 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

PIMENTA, Fernando Martins et al. Historical Changes in Land Use and Suitability for Future Agriculture Expansion in Western Bahia, Brazil. *Remote Sensing*, v. 13, n. 6, p. 1088, 2021.

PONTES, P. R. M., FAN, F. M., FLEISCHMANN, A. S., DE PAIVA, R. C. D., BUARQUE, D. C., SIQUEIRA, V. A., ... & COLLISCHONN, W. MGB-IPH model for hydrological and hydraulic simulation of large floodplain river systems coupled with open source GIS. *Environmental modelling & software*, 94, 1-20, 2017.

PROJETO MAPBIOMAS – Coleção v5.0 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. Disponível em: <https://mapbiomas.org/>. Acessado em 01/12/2020.

RODRIGUES, D.O; DA SILVA, M.N.; CERQUEIRA, B.M. S. Abordagem Interdisciplinar das Parasitoses Intestinais em Pré-Escolares Residentes no Oeste da Bahia, Brasil. *Singular Saúde e Biológicas*, N.1, 2020.

S2ID. SISTEMA INTEGRADO DE INFORMAÇÕES SOBRE DESASTRES. Disponível em: <https://s2id.mi.gov.br/>. Acessado em: 30/03/2021.

SAATY, Thomas L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of mathematical psychology*, v. 15, n. 3, p. 234-281, 1977.

SEIA – SISTEMA ESTADUAL DE INFORMAÇÕES AMBIENTAIS E RECURSOS HÍDRICOS. Monitoramento Ambiental. Relatórios do Monitora. Disponível em: <http://www.seia.ba.gov.br/monitoramento-ambiental/qualidade-das-guas>. Acessado em: 01/12/2020.

SIBBr - SISTEMA DA INFORMAÇÃO SOBRE A BIODIVERSIDADE BRASILEIRA. Disponível em: <https://sibbr.gov.br/>. Acessado em: 18/03/2021.

SIGEL. SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS DO SETOR ELÉTRICO. ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: <https://sigel.aneel.gov.br/portal/home/index.html> Acessado em: 10/03/2021.

SIQUEIRA, V. A.; COLLISCHONN, W.; FAN, F. M.; CHOU, S. C. Ensemble flood forecasting based on operational forecasts of the regional Eta EPS in the Taquari-Antas basin. *RBRH*, v. 21, p. 587-602, 2016.

SOARES-FILHO, Britaldo S. et al. Modeling environmental dynamics with Dinamica EGO. Centro de Sensoriamento Remoto. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, Minas Gerais, v. 115, 2009.

VOLLMER, Derek et al. Can we take the pulse of environmental governance the way we take the pulse of nature? Applying the Freshwater Health Index in Latin America. *Ambio*, v. 50, n. 4, p. 870-883, 2021.

VOLLMER, Derek et al. Integrating the social, hydrological and ecological dimensions of freshwater health: The Freshwater Health Index. *Science of the Total Environment*, v. 627, p. 304-313, 2018.

YANG, Kun et al. Global distribution of outbreaks of water-associated infectious diseases. *PLoS Negl Trop Dis*, v. 6, n. 2, p. e1483, 2012.



**GOOD
GROWTH
PARTNERSHIP**

**CONSERVAÇÃO
INTERNACIONAL**

Brasil

