FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIS ROESSLER

# Impactos cumulativos de hidrelétricas na sub-bacia do Rio Turvo e Rio da Prata

## Relatório Técnico – Versão Publicação

Grupo de Trabalho instituído pela ORDEM DE SERVIÇO n.º 276/2024 – DT


Hidróloga Amanda Wajnberg Fadel (DECONT) – coordenação

Bióloga Anita Macedo de Campos (DIGEN)

Geólogo Celso Pagano Galli (DIGEN)

Bióloga Juliana Gonçalves da Silva (DIGEN)

Geólogo Leonardo Gruber (DIGEN)

Eng. Química Lídia Caroline Goedtel (DIGEN)

Geógrafa Nina Rosa Lages (DIGEN)

Bióloga Simoni Rossi de Matos (DIGEN)



PORTO ALEGRE, OUTUBRO DE 2024

# Sumário

1. INTRODUÇÃO ..... 3
1.1 Objetivo ..... 3
1.2 Estudos anteriores ..... 3
1.3 Impactos cumulativos ..... 6
1.3.1 Definições ..... 6
1.3.2 Contexto e justificativa ..... 6
1.4 Impactos na Qualidade da Água ..... 8
2. METODOLOGIA APLICADA ..... 9
2.1 Descritivo da sub-bacia do Rio Turvo e do Rio da Prata ..... 11
2.2 Componente de eficiência ambiental (CEA) ..... 14
2.2.1 Indicador Área Reservatório / Potência (IAP) ..... 14
2.2.2 Indicador Extensão Alague / Potência (IEAP) ..... 14
2.2.3 Indicador Trecho de Vazão Reduzida (ITVR) ..... 14
2.2.4 IAP máximo para sub-bacia Turvo-Prata ..... 15
2.3 Componente de fragilidade ambiental (CFA) ..... 15
2.3.1 Usos recreativos de água, paisagens notáveis e infraestrutura existente ..... 15
2.3.2 Qualidade da água ..... 16
2.3.3 Zonas de interesse protecional ..... 16
2.3.4 Espécies de interesse à conservação ..... 17
2.3.5 Qualidade do habitat terrestre ..... 18
2.3.6 Qualidade habitat aquático ..... 18
3. RESULTADOS E RECOMENDAÇÕES ..... 19
3.1 Regulações e orientações do GT ..... 20
3.1.1 Zonas de restrição a empreendimentos hidrelétricos ..... 21
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... 24

# 1. INTRODUÇÃO

Em 4 de março de 2024, foi instituído grupo de trabalho para avaliar a capacidade suporte da sub-bacia dos rios Turvo e Prata para a instalação de empreendimentos de geração de energia por fonte hídrica (GT Turvo). A publicação da Ordem de Serviço n.º 276/2024 – DT definiu o objetivo de avaliar os impactos cumulativos e sinérgicos no Rio Turvo e da Prata em relação aos empreendimentos de geração de energia a partir de fonte hídrica, considerando aqueles já licenciados e aqueles a licenciar, reconhecendo a capacidade de suporte dos recursos hídricos referidos, frente à demanda atual. Os registros do referido grupo de trabalho constam no Processo Administrativo Eletrônico do Estado do Rio Grande do Sul (PROA) nº 24/0567-0000110-3.

A demanda de avaliação conjunta dos possíveis impactos dos empreendimentos surge diante da existência de inventário hidrelétrico aprovado pela ANEEL e da abertura de solicitação de licenciamento junto à FEPAM para a sub-bacia. Reforça-se também pelas fragilidades ambientais já detectadas na região, conforme Relatório de Avaliação Integrada da Bacia do Taquari-Antas (FEPAM, 2001; FEPAM, 2012; Becker, 2017), bem como indicativos obtidos através dos estudos apresentados nos processos de licenciamento da atividade de geração de energia a partir de fonte hídrica (CODRAM 3510,20), conforme Resolução CONSEMA nº 372/2018.

Atualmente existem 16 empreendimentos em licenciamento na bacia hidrográfica do Rio da Prata, incluindo as sub-bacias dos rios Turvo, Ituim e Telha, o que despertou a necessidade de um entendimento sobre os impactos cumulativos desses empreendimentos, caso todos fossem licenciados. Traduzindo-se na motivação do atual grupo de trabalho: analisar cumulativamente os impactos dos empreendimentos previstos, frente os já existentes.

## 1.1 Objetivo

Conforme definido na Ordem de Serviço n.º 276/2024 – DT, o objetivo principal do Grupo de Trabalho criado seria de avaliar os impactos cumulativos e sinérgicos no Rio Turvo e da Prata em relação aos empreendimentos de geração de energia a partir de fonte hídrica, considerando os já licenciados e a licenciar, definindo a capacidade de suporte dos recursos hídricos referidos, frente à demanda atual.

A partir disso, foi também definido a intenção de avaliar a qualidade e a prioridade de conservação dos ambientes naturais na região de interesse, visando responder às seguintes perguntas:

- Quais os empreendimentos mais impactantes dentre os planejados?
- Quais os recursos ambientais mais vulneráveis e, logo, mais sensíveis às alterações e impactos dos empreendimentos?
- Quais áreas possuem impactos mais cumulativos?
- Quais os trechos hídricos mais importantes a serem preservados?

## 1.2 Estudos anteriores

O primeiro estudo de consolidação de dados e avaliação integrada da bacia do Taquari-Antas publicado no "DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA BACIA DO TAQUARI-ANTAS, RS: DIRETRIZES REGIONAIS PARA O LICENCIAMENTO AMBIENTAL DAS HIDRELÉTRICAS - Trecho médio e superior" (FEPAM, 2001), desenvolvidos por pesquisadores da UFRGS e UNISINOS em parceria com os analistas da FEPAM, já indicavam empreendimentos hidrelétricos com viabilidade ambiental limitada na região. A Figura 1

apresenta as regiões identificadas em 2001 com criticidade ambiental; nota-se que a sub-bacia Turvo-Prata já apresentava na época criticidade em relação ao uso antrópico, qualidade da água e ictiofauna.

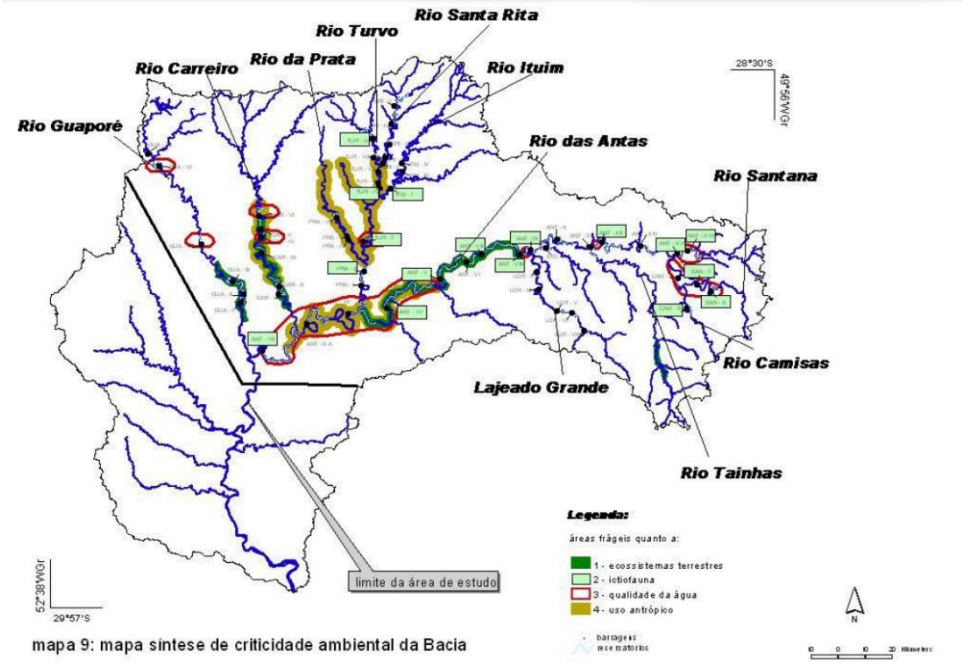


*Figura 1: Mapa síntese de criticidade ambiental da bacia (FEPAM, 2001).*

Em 2012, o estudo "Bacia do Taquari-Antas - Diagnóstico ambiental e orientações para conservação, gestão ambiental e licenciamento" (BECKER, F. G., PERELLÓ, L. F., PINEDA, 2012), conduzido por analistas da FEPAM, pesquisadores da UFGRS, UFSM e PUCRS e outros colaboradores, buscou atualizar o estudo anterior de 2001, analisando novamente questões ambientais decorrentes da pressão pela instalação de empreendimentos geração de energia por fonte hídrica na Bacia Hidrográfica do Taquari-Antas, decorrentes desde a publicação do seu inventário pela ANEEL em 1993. O estudo ressalta que "*embora o impacto ambiental de pequenos empreendimentos hidrelétricos possa ser eventualmente pequeno, o acúmulo de empreendimentos na bacia passa a ter impactos cumulativos relevantes e abrangentes, e de complexa avaliação*". A partir disto, foram definidas diretrizes atualizadas para o licenciamento, considerando o diagnóstico de aspectos ambientais relevantes (habitats terrestres e aquáticos, aspectos socioeconômicos, turismo, fauna e qualidade das águas) associados às pressões ambientais na bacia. Os principais resultados para a bacia hidrográfica do Rio da Prata (número 25 no referido estudo), compatível com a área de estudo do presente GT, são três áreas de preservação de remanescentes florestais, duas zonas de alta criticidade ambiental (áreas A, B e C na Figura 2) e dois locais de interesse atrativo turístico (Figura 3), bem como situação atual de manutenção de qualidade da água nos recursos hídricos de interesse para geração de energia na bacia.

Este estudo foi academicamente publicado em 2017 (Becker, F. G. et al., 2017), assim como resultou na "NOTA TÉCNICA: Avaliação Ambiental Regional na Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas para fins de Licenciamento de Empreendimentos Hidrelétricos" (FEPAM, 2017; atualização de Junho de 2019).

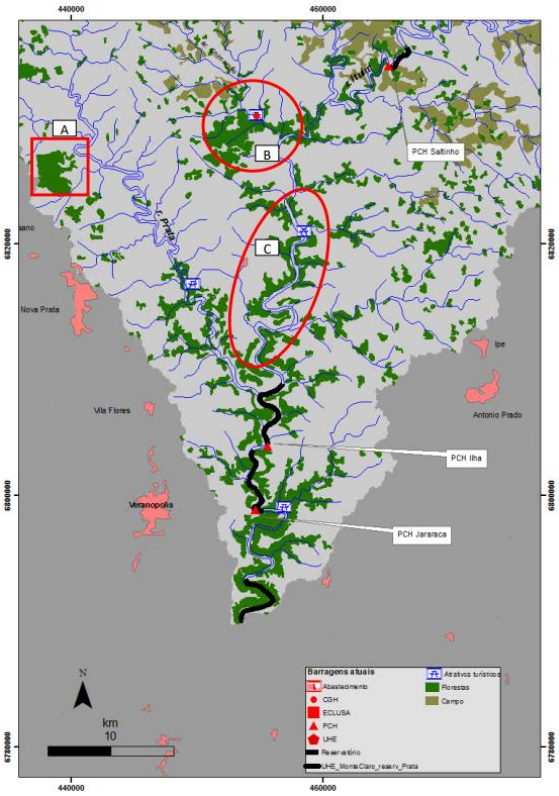


Figura 2: Áreas de destaque para prioridade de proteção (BECKER, F. G., PERELLÓ, L. F., PINEDA, 2012).

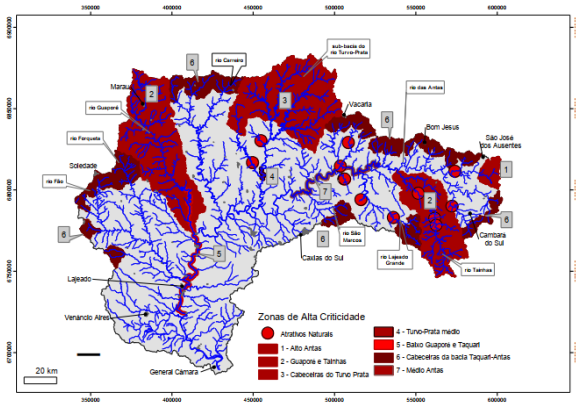


Figura 54. Zonas de Alta Criticidade Ambiental na bacia hidrográfica do rio do Taquari-Antas. Os círculos indicativos dos Atrativos Naturais são apenas ilustrativos, indicando as localizações. As zonas 1, 2 e 3 são parcialmente coincidentes com a zona 6 (Cabeceiras)

Figura 3: Zonas de criticidade ambiental (FEPAM, 2017).

Posteriormente, mais bacias hidrográficas no estado do RS tiveram a execução de estudos e diretrizes, cujos resultados foram georreferenciados e reunidos no "Mapa de Diretrizes para o Licenciamento Ambiental de PCHs e CGHs no RS". Publicado na Resolução CONSEMA nº 388 de 08/11/2018, a qual baliza o licenciamento ambiental de hidrelétricas no RS, o referido mapa apresenta os rios e trechos aptos e inaptos para o licenciamento de empreendimentos hidrelétricos em cursos hídricos com fragilidade ambiental definidos nos respectivos estudos.

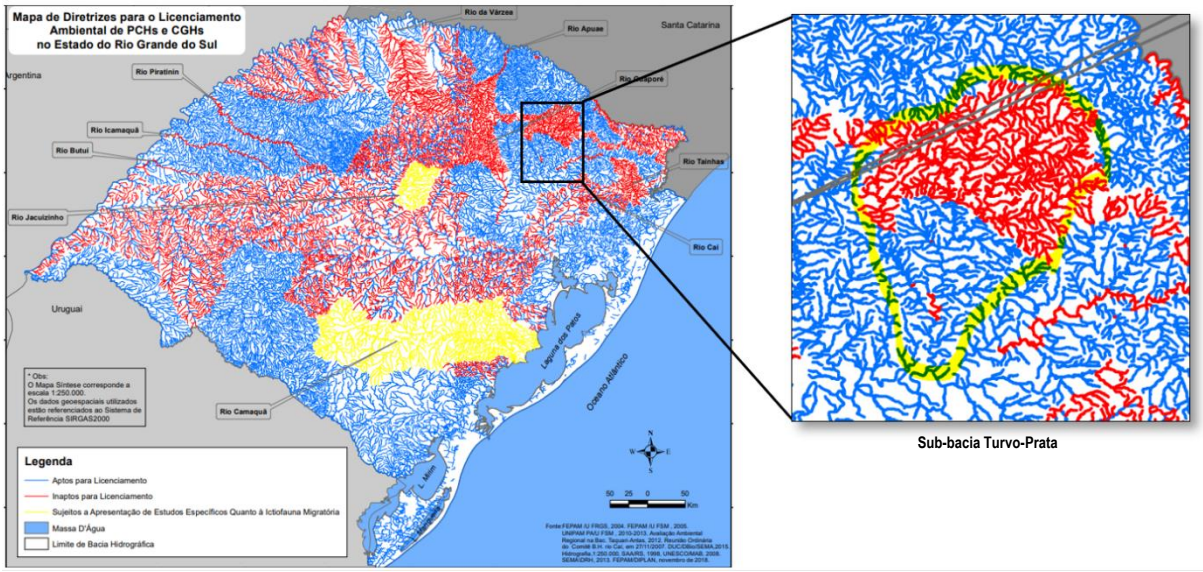


Figura 4: Mapa de Diretrizes da Resolução CONSEMA nº 388/2018, com destaque para a área de estudo (CONSEMA, 2018).

## 1.3 Impactos cumulativos

### 1.3.1 Definições

Para SANCHEZ (2023), o conceito de impactos cumulativos é:

> *Impactos que resultam de efeitos aditivos causados por outras ações - do passado, do presente ou razoavelmente previsíveis - juntamente com o projeto ou grupo de projetos, plano ou programa em análise, e de efeitos sinérgicos que resultam da interação entre os efeitos de um projeto ou grupo de projetos, plano ou programa sobre componentes selecionados do ambiente.*

**Impactos aditivos** são aqueles que se somam, sendo que os impactos finais são maiores que os de cada atividade isolada, acumulando-se assim sobre determinado componente ambiental ou social, aumentando sua intensidade, duração ou extensão espacial, resultando em impactos de maior magnitude. Enquanto **impactos sinérgicos** são os resultantes da interação entre diferentes impactos, que interagem sobre determinado componente ambiental ou social, resultando em outro impacto distinto dos interagentes. Ambos são impactos cumulativos, tanto pela soma (aditivo), quanto pela interação (sinérgico), resultando em acumulação (temporal, espacial e em outras escalas como bioacumulação e fragmentação) de danos sobre os componentes ambientais afetados.

**Componentes ambientais** são atributos ambientais e sociais, que sofrem influência dos impactos, considerados importantes para compreender o contexto e os processos ocorrendo no local de estudo. Os componentes selecionados devem ser relacionados com os impactos mais significativos do projeto avaliado, e dos demais usos na região, e dependem da escala do estudo; podendo ser qualquer recurso ambiental, bem cultural, infraestrutura, sistema socioecológico ou agrupamento humano.

Impactos cumulativos podem ser analisados com distintos enfoques, objetivos e escalas, desde a mais abrangente avaliação regional de vários projetos e diferentes atividades, nesse contexto articulando-se com a Avaliação Ambiental Estratégica; passando por avaliações de diversos projetos da mesma tipologia em um determinado território, até a mais específica avaliação de impactos cumulativos de todas as estruturas de um mesmo projeto, usualmente grande e complexo.

Neste documento, é relatada a Avaliação de Impactos Cumulativos realizada na escala da sub-bacia hidrográfica dos rios Turvo e da Prata, na bacia hidrográfica Taquari-Antas, considerando todos os projetos de uma mesma atividade: geração de energia hidrelétrica, considerando os projetos já existentes e os planejados.

### 1.3.2 Contexto e justificativa

Atualmente existem 16 empreendimentos em licenciamento na área de estudo, além dos 11 empreendimentos já em operação ou instalação. As preocupações em relação aos impactos de tantos empreendimentos em sequência são de ordem cumulativa, frente aos quesitos de adição e de sinergia, considerando os componentes ambientais que são principalmente afetados. Quando muitas hidrelétricas na bacia se sucedem, os impactos podem assumir maiores proporções, tais como:

- Simplificação de comunidades aquáticas.
- Fragmentação de ambientes aquáticos.
- Fragmentação de ambientes terrestres e potencial abertura de novas frentes de impacto pelos acessos criados.

- Perda de habitat ou perda de qualidade de habitat, afetando espécies ameaçadas de extinção ou com importância para a conservação.
- Alteração do regime hídrico.
- Comprometimento da qualidade da água, com efeitos cumulativos e perda da capacidade de depuração do corpo hídrico.

Considerando um cenário em que todos os empreendimentos previstos fossem implantados, haveria uma significativa diminuição da qualidade do corredor ecológico florestal existente na região e que pode ser visualizado na Figura 5. Especificamente, haveria a perda quase total de microhabitats existentes diretamente no encontro entre a floresta e o rio, ambientes marginais que são essenciais para grande parte da biodiversidade, incluindo espécies ameaçadas de extinção. Essas florestas aluviais são mais úmidas, inundáveis em cheias, repletas de rochas, com condições ambientais muito distintas dos ambientes de encosta e dos topos de morro, e disponibilizam recursos importantes para o desenvolvimento pleno e a reprodução de diversos grupos de fauna. Tais microhabitats específicos na mata ripária, que são perdidos no alagamento e na supressão da floresta para a formação do reservatório, não são ecologicamente compensáveis pela destinação de outra porção de floresta que não seja específica da margem de rio.

Ao avaliar-se um projeto hidrelétrico isoladamente, é comum que no rio continue havendo outros trechos marginais sem intervenção em que as comunidades possam continuar se desenvolvendo naturalmente. Todavia, quando há tantos projetos consecutivos nos mesmos ambientes, existe a especial importância de se avaliar a real dimensão das perdas de habitat acumuladas no território.

Ainda, soma-se à pressão nos ecossistemas a conversão de uso do solo sofrida ao longo das décadas, com especial atenção à perda de habitats naturais. Tal situação pode ser verificada nos cenários apresentados pelo MapBiomas (Figura 5), em que a maior degradação notada é na cobertura campestre junto às áreas de ecótono entre floresta e campo, onde houve a expansão da silvicultura. Ainda, é evidente o expressivo avanço da sojicultura sobre outras culturas anuais, sobre a pastagem e sobre o mosaico de usos agropecuários.

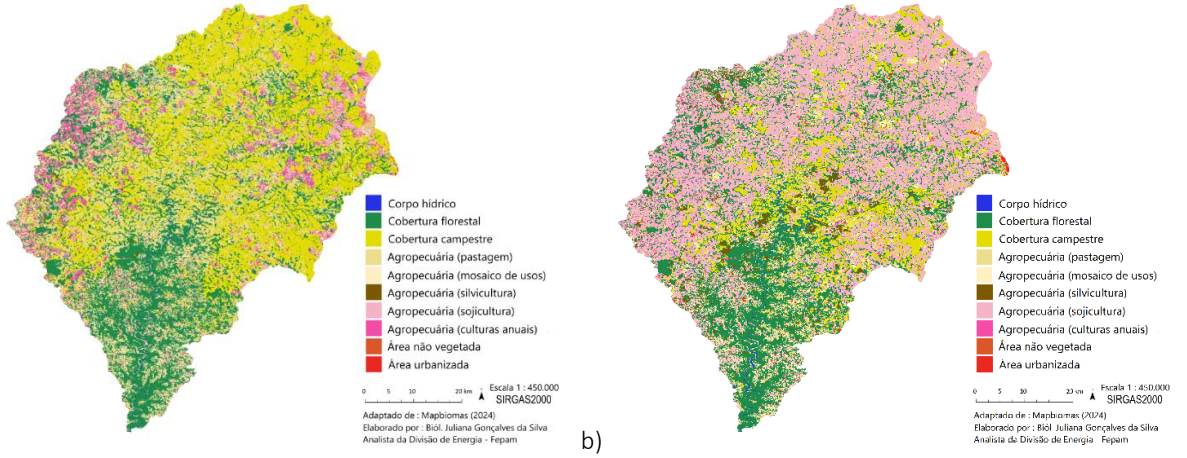


*Figura 5: Cobertura e uso do solo em (a) 1985 e em (b) 2022 (Fonte: MapBiomas).*

Evidencia-se que houve manutenção de um grande maciço florestal no período avaliado pelo MapBiomas, que se refere às margens dos rios Turvo e da Prata, e afluentes, na região objeto dos aproveitamentos hidrelétricos aqui analisados. A manutenção dessa floresta ao longo dos anos revela,

portanto, que há uma dinâmica natural protegendo essa floresta existente, uma vez que em grande parte da bacia houve forte perda de ambientes naturais. O elemento que está protegendo essa floresta, muito provavelmente, é a topografia acidentada que não permite acesso e estabelecimento de atividades degradantes em elevada proporção. Logo, um dos impactos cumulativos mais significativos nesse contexto seria a abertura de acessos para os empreendimentos, que, nessa região montanhosa, poderiam facilmente se tornar vetores e atrativos para outras atividades degradantes nas margens dos rios, como abertura de frentes de desmatamento, poluições, caça e pesca, entre muitos outros além da fragmentação em si.

Dessa forma, a partir do princípio da precaução, não há como garantir a manutenção do ambiente ecologicamente equilibrado em um cenário com todos esses projetos implantados. A única possibilidade de manter uma capacidade de suporte dos rios e seus ambientes associados na sub-bacia é por meio de uma regulação de modo que alguns trechos dos rios sejam preservados, limitando, para isto, o licenciamento ambiental de alguns empreendimentos.

Desse modo, a avaliação de impactos cumulativos teve sua motivação, e efetivo início, a partir da cenarização do território que seria ocupado caso todas as hidrelétricas planejadas fossem implantadas, além das que atualmente já estão operando ou em instalação (Figura 8). A análise cumulativa previu a realização de diferentes etapas, resumidas a seguir e detalhadas ao longo do relatório:

- Espacialização de todos os empreendimentos hidrelétricos, existentes e planejados, e suas respectivas estruturas de projeto;
- Avaliação de dados de projeto que refletissem o impacto proporcional de cada empreendimento, a partir do território impactado pelo projeto e da energia gerada;
- Busca pelas fragilidades ambientais da região de estudo;
- Seleção dos componentes ambientais e sociais, que pudessem ser espacializados e que fossem diretamente relacionados com os impactos socioambientais de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs);
- Análises entre as fragilidades dos ambientes e o impacto proporcional de cada projeto proposto;
- Proposição de um cenário regulado, dando subsídios à tomada de decisão e à redução de danos frente à capacidade de suporte dos recursos hídricos e ambientes associados.

## 1.4 Impactos na Qualidade da Água

Considerando o aspecto sinérgico-cumulativo de potenciais impactos relacionados com a instalação e operação de múltiplos barramentos, em série ou não, no mesmo recurso hídrico, foram aproveitados os dados de dois complexos com relativa abundância de dados pré e pós-enchimento de reservatórios. Nesse contexto, os rios Carreiro (bacia do Taquari-Antas) e Toropi-Guassupi (bacia do Ibicuí) apresentam boa representatividade dos dados disponíveis, com comparativos tanto das questões de uso do solo e classificação de uso conforme determinado pelos respectivos conselhos de bacia, quanto de relativa espacialização de trechos barrados. Por fim, os dados disponíveis para empreendimentos existentes nos rios da Prata, Turvo e Ituim foram utilizados na composição de matrizes de correlação de qualidade da água.

Junto ao Complexo Toropi, o critério de índice de correlação indica que, para o parâmetro Fósforo total, há um decréscimo da correlação entre os pontos de monitoramento após o enchimento do

reservatório da PCH Quebra Dentes (primeira a entrar em operação no complexo), reafirmando a estratificação no reservatório, com reservação do fósforo no coloide, e indicando que, comparativamente, os pontos à jusante passam a receber menor quantidade do nutriente.

Junto ao Complexo Carreiro, a comparação entre parâmetros para um mesmo mês revela que os maiores índices de correlação se dão entre temperatura e clorofila a (2019 a 01/02/2022), com tendência de correlação positiva entre sólidos dissolvidos totais e oxigênio dissolvido entre 2020 - 2021, sendo correlação negativa entre sólidos dissolvidos totais e demanda bioquímica de oxigênio, sugerindo que, de fato, o aumento de sólidos dissolvidos totais afeta a capacidade de suporte no rio durante este período. Os parâmetros temperatura da água, clorofila a e oxigênio dissolvido também apresentam correlação pouco antes dos eventos de mortandade de ictiofauna registrados.

# 2. METODOLOGIA APLICADA

A metodologia adotada teve por base os estudos já realizados para a região, em especial, aqueles que nortearam o reconhecimento das áreas de criticidade ambiental e de trechos livres de barramentos.

A partir dessas metodologias já desenvolvidas, foi aprimorada uma análise na qual pudesse fornecer uma avaliação sistêmica e integrada do impacto ambiental dos diversos empreendimentos planejados considerando os a escala de paisagem e de projeto concomitantemente. A base dessa avaliação considerou indicadores sinérgicos de eficiência do projeto do empreendimento hidrelétrico em contraponto à fragilidade do ambiente no qual ele pretende ser instalado. Ou seja, empreendimentos considerados mais eficientes em locais menos vulneráveis ambientalmente teriam maior probabilidade de sucesso no trâmite do licenciamento ambiental. Enquanto empreendimentos eficientes em áreas frágeis teriam seu processo de licenciamento direcionado a reconhecer essas fragilidades e mitigar os impactos previstos. Por fim, empreendimentos menos eficientes e em áreas com alta fragilidade ambiental, tenderiam a não ser aceitos.

A indicação pela inviabilidade ou continuidade do licenciamento do empreendimento hidrelétrico foi, portanto, avaliada por dois componentes. O primeiro componente tem relação com a eficiência de cada empreendimento em si, o qual leva em consideração os dados do projeto apresentado no âmbito do licenciamento ambiental (potência e área do reservatório) e a relação com a extensão do impacto direto no curso hídrico (extensão do alague e trecho de vazão reduzida). Já o segundo componente diz respeito à fragilidade do ambiente da área de estudo como um todo, a qual considera a sobreposição de intervenientes de relevante interesse social e ambiental (como usos da água, paisagens notáveis e infraestrutura existente), o diagnóstico das variáveis de qualidade ambiental (como qualidade da água, estágio sucessional das florestas, espécies e zonas de interesse protecional, habitats aquáticos – corredeiras e trechos livres, e habitats terrestres – conectividade florestal). As variáveis e elementos que estruturam cada componente estão elencados na Tabela 1.

*Tabela 1: Elementos que estruturam o Componente de Eficiência Ambiental (CEA) e o Componente de Fragilidade Ambiental (CFA).*

| Componente de Eficiência Ambiental (CEA) | | Componente de Fragilidade Ambiental (CFA) | |
|---|---|---|---|
| Dados de projeto | Potência | Intervenientes de relevante interesse social e ambiental | Usos da água |
| | Área do reservatório | | Paisagens notáveis |
| Impacto direto | Extensão do alague | Variáveis de qualidade ambiental | Qualidade da água em relação ao enquadramento |
| | Trecho de vazão reduzida (TVR) | | Espécies de interesse |
| | | | Zonas protecionais |
| | | Habitats aquáticos | Corredeiras |
| | | | Rios livres |
| | | Habitats terrestres | Conectividade florestal |
| | | | Estágio sucessional |

A relação entre os componentes está esquematizada na Figura 6. O componente de eficiência ambiental (CEA) produz uma tabela contendo um ranking dos melhores aos piores aproveitamentos, considerando a relação entre o dado de projeto e o impacto direto nos cursos hídricos. Já o componente de fragilidade ambiental (CFA) é traduzido no formado de mapeamento das variáveis indicadas, compondo um mapa único contendo as informações compiladas a partir do levantamento do GT.

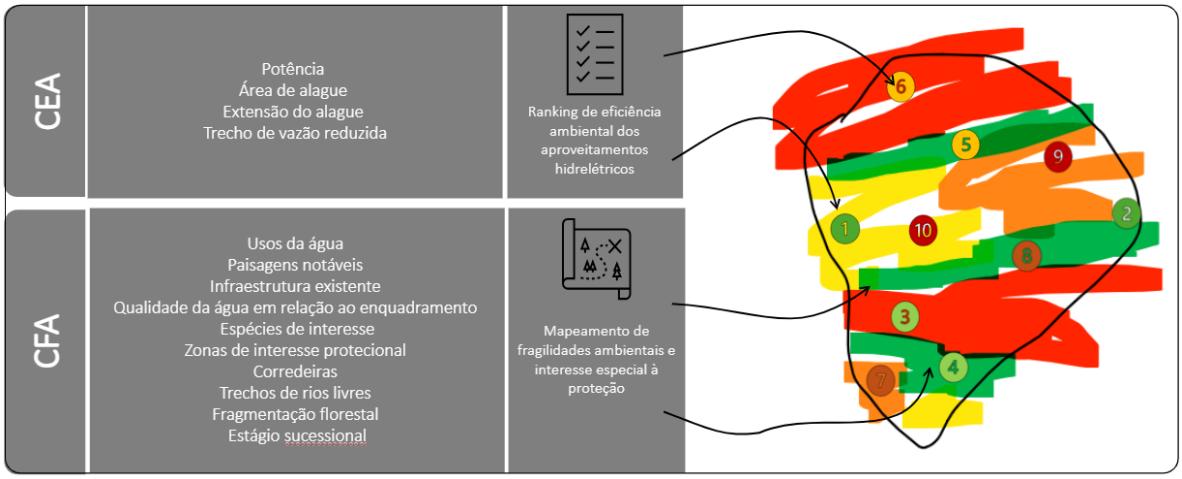


*Figura 6: Esquema da metodologia adotada pelo GT Turvo-Prata.*

De posse desses componentes, foi feito o cruzamento dessas informações, a fim de ponderar a indicação final de cada empreendimento. Foram considerados como inviáveis os empreendimentos com baixa eficiência ambiental e localizados em áreas de alta fragilidade. Aqueles com maior eficiência ambiental localizados em regiões de menor fragilidade foram considerados aptos de continuidade do processo de licenciamento ambiental. Esse cruzamento teve como objetivo buscar empreendimentos com maior eficiência localizados em áreas de menor impacto ambiental possível.

## 2.1 Descritivo da sub-bacia do Rio Turvo e do Rio da Prata

Conforme indicado na formação deste grupo de trabalho, a avaliação sistêmica deve avaliar os efeitos cumulativos sobre os rios Turvo e da Prata. Para isso, é necessário, portanto, definir a área de estudo como toda a sub-bacia Turvo-Prata, uma vez que qualquer interferência nas respectivas áreas de drenagem pode ocasionar um impacto cumulativo nos rios principais. As sub-bacias estão apresentadas na Figura 7, e abrangem os seguintes cursos hídricos principais: Rio da Prata, Rio Turvo, Rio Ituim e Rio da Telha.

A aplicação da metodologia descrita a seguir terá como limites de avaliação a sub-bacia Turvo-Prata, considerando os trechos à jusante das áreas de cabeceiras, as quais devem permanecer livres de intervenções conforme FEPAM (2017), até a confluência do Rio da Prata com o Rio das Antas.

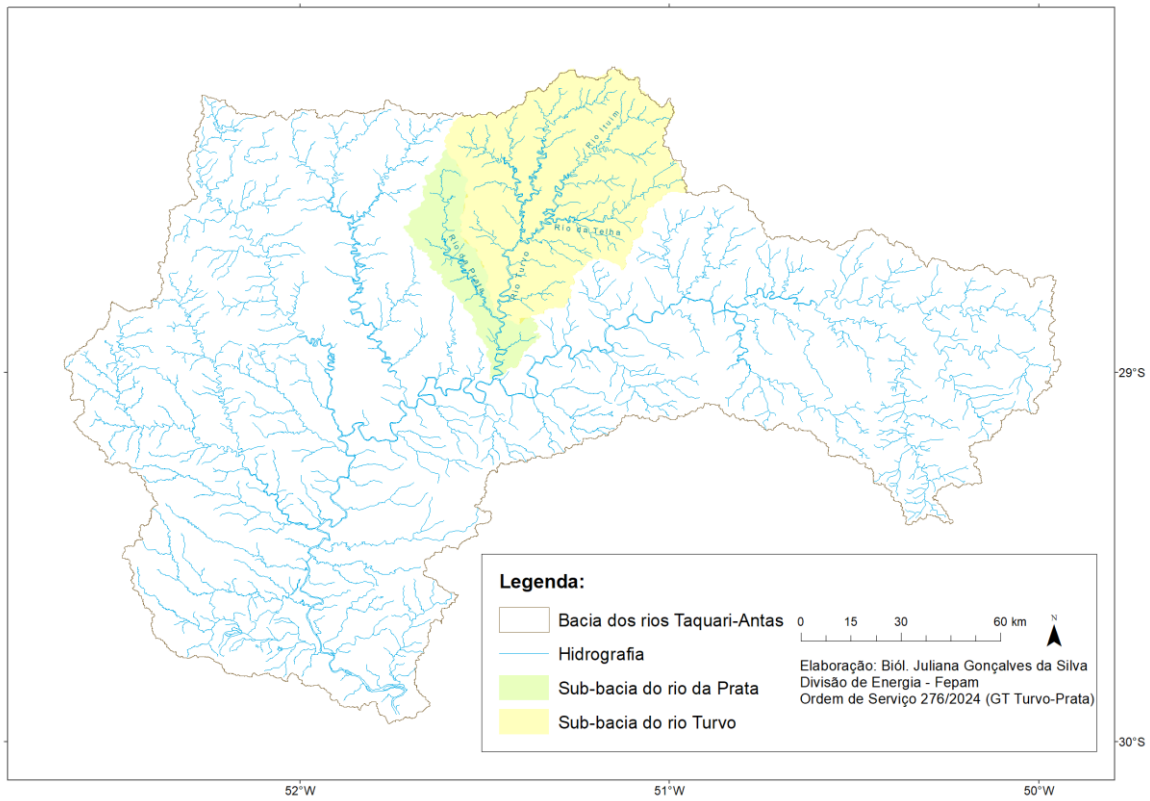


*Figura 7: Localização da área de estudo.*

Após compilação das informações existentes para área de estudo na base de dados de processos de licenciamento ambiental da FEPAM e de inventários da ANEEL, foram identificados 33 empreendimentos a aproveitamento hidrelétricos (AHEs), dos quais 27 possuem processo de licenciamento ambiental junto à FEPAM. Dos 27 empreendimentos com licenciamento junto à FEPAM, 11 possuem licença ambiental emitida. Restam, dessa forma, 16 empreendimentos com processo de licenciamento ambiental em tramitação na FEPAM.

O quantitativo final dos empreendimentos na região é superior àquele considerado no primeiro estudo das fragilidades da região (FEPAM, 2001), o qual indicava 19 empreendimentos no total. Isso corrobora com a preocupação acerca da pressão que tais empreendimentos poderão exercer sobre os recursos naturais e de relevante interesse social e ambiental.

A partir dos dados de projeto e arranjo dos aproveitamentos hidrelétricos, é possível visualizar a intervenção direta dos empreendimentos nos recursos hídricos. Na Figura 8, são apresentados os arranjos dos empreendimentos existentes e planejados, considerando a área de reservatório e o trecho de vazão reduzida (em laranja) e os trechos livres dos cursos hídricos sem intervenção (em azul). Considerando que para os projetos ainda em fase de inventário, e que não possuem processo de licenciamento junto à FEPAM, não existe informação disponível sobre o arranjo do projeto, apenas coordenadas geográficas, dados de potência e área alagada.

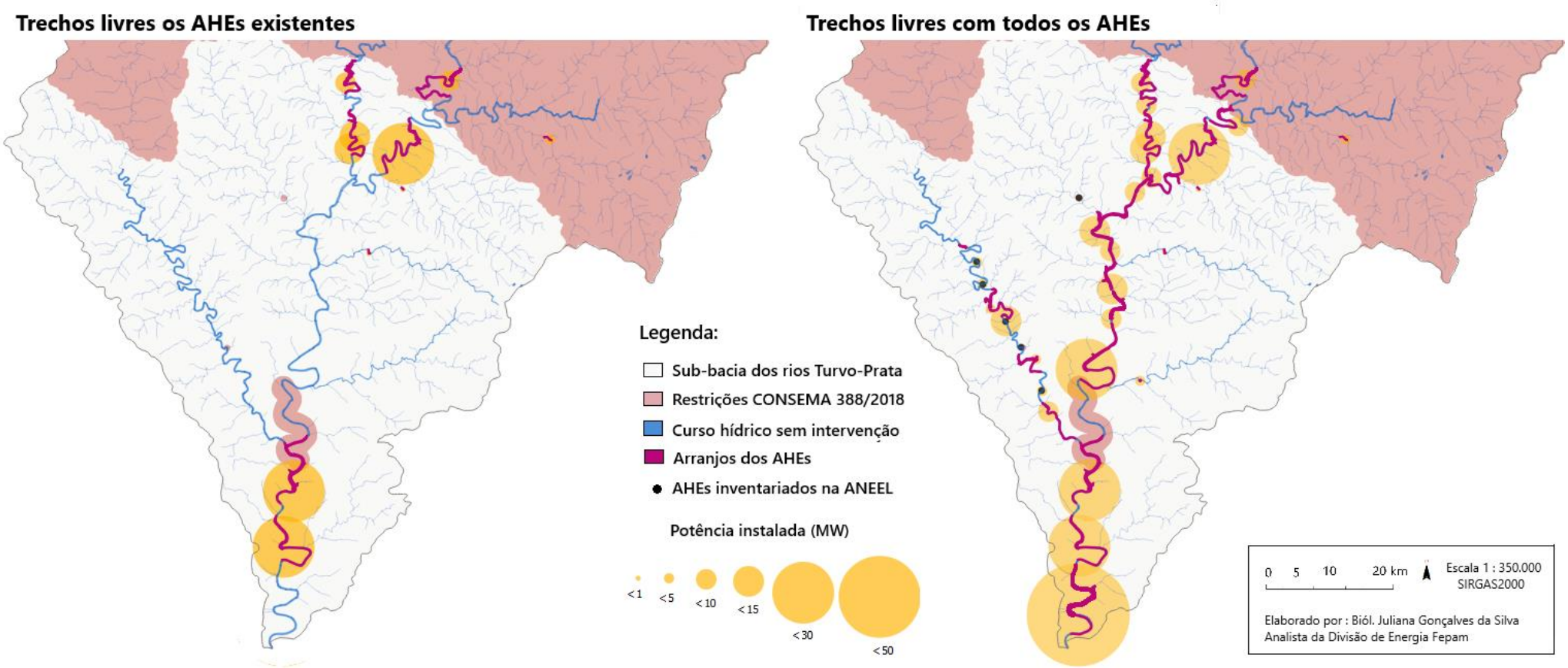


*Figura 8: Identificação dos trechos livres de intervenção considerando o arranjo geral dos empreendimentos com processo de licenciamento ambiental na sub-bacia Turvo-Prata, existentes e planejados*

## 2.2 Componente de eficiência ambiental (CEA)

O Componente de Eficiência Ambiental (CEA) visa avaliar o grau de eficiência dos projetos dos empreendimentos hidrelétricos frente a impactos ambientais característicos da atividade.

Os indicadores que formam o CEA reúnem informações dos projetos apresentados no âmbito do licenciamento ambiental, sendo informações contidas dentro dos processos administrativos instruídos para obtenção das Licenças de Operação ou de Instalação (para empreendimentos existentes) e Licenças Prévias ou Autorizações (para empreendimentos planejados).

O CEA é o somatório de três indicadores: IAP (Área do reservatório/Potência); IEAP (Extensão da área de alague/Potência); e ITVR (Extensão do Trecho de Vazão Reduzida /Área de drenagem).

A pontuação final do CEA representa o somatório dos indicadores individualmente, ou seja, para cada empreendimento, os indicadores são calculados e ordenados do maior para o menor; esses valores da posição no ordenamento são posteriormente somados. Quanto **maior o valor do CEA, menos eficiente ambientalmente** é considerado o projeto, uma vez que indica um maior impacto ambiental.

$$CEA_i = IAP_i + IEAP_i + ITVR_i$$

Para i = empreendimento

A fim de identificar o limiar para um projeto ser considerado de maior ou menor eficiência ambiental, foram definidos valores limites a partir de empreendimentos já existentes e com licenciamento ambiental na região.

### 2.2.1 Indicador Área Reservatório / Potência (IAP)

O IAP é calculado pela relação entre a área do reservatório de água (hectares) e a potência instalada (MW). Este indicador prenuncia a magnitude da área alagada para gerar uma dada potência, e se correlaciona à área de supressão vegetal necessária nas margens fluviais a serem alagadas pelo reservatório, que geralmente em projetos > 5 MW representa uma porção significativa da área de supressão total. Sendo assim, quanto maior o IAP, menor é a eficiência ambiental devido ao aumento do impacto ambiental para uma dada potência gerada.

$$IAP = \frac{Área\ reservatório}{Potência}$$

### 2.2.2 Indicador Extensão Alague / Potência (IEAP)

O IEAP é calculado pela relação entre a extensão linear da área de alague do reservatório de água (metros) e a potência instalada (MW). Este indicador traduz a extensão do rio impactado, o qual tem sua dinâmica modificada de lótico para lêntico (reservatório) para gerar uma dada potência. Quanto maior o IEAP, menor é a eficiência ambiental devido ao aumento do impacto ambiental para uma dada potência gerada.

$$IEAP = \frac{Extensão\ reservatório}{Potência}$$

### 2.2.3 Indicador Trecho de Vazão Reduzida (ITVR)

O ITVR é calculado pela relação entre a extensão do trecho de vazão reduzida (em metros, ao longo do rio, entre o barramento e a casa de força) e a respectiva área de drenagem (hectares). Este

indicador indica a contribuição hídrica ao longo do TVR. Quanto maior o ITVR, menor é a eficiência ambiental devido a um maior trecho com vazões reduzidas devido à adução.

$$ITVR = \frac{Extensão\ do\ TVR}{Área\ de\ drenagem\ do\ TVR}$$

### 2.2.4 IAP máximo para sub-bacia Turvo-Prata

Embora seja possível a obtenção de um IAP para o Estado do Rio Grande do Sul, o IAP máximo definido neste estudo foi obtido a partir da média da relação entre a área de alague (hectares) pela potência instalada (MW) verificada para os 11 (onze) empreendimentos já existentes na sub-bacia Turvo-Prata, a fim de considerar de modo mais significativo as especificidades e características dessa região. Deste modo, foi estabelecido o valor de **2,60 ha/MW** como **IAP máximo** para futuros empreendimentos pretendidos na sub-bacia Turvo-Prata, cabendo ajuste de projeto para empreendimentos com índice acima deste valor com vistas à solicitação de processo licenciatório ou ao prosseguimento do licenciamento ambiental junto à FEPAM.

*Tabela 2: IAP para os empreendimentos existentes na área de estudo.*

| EMPREENDIMENTO | | RIO | IAP (ha/MW) |
|---|---|---|---|
| PCH | MORRO GRANDE | ITUIM | 1,77 |
| PCH | SALTINHO | ITUIM | 1,53 |
| CGH | SALTINHO | ITUIM | 5,81 |
| PCH | JARDIM | TURVO | 7,26 |
| PCH | CHIMARRAO | TURVO | 1,49 |
| PCH | SANTA CAROLINA | TURVO | 0,90 |
| CGH | SEGREDINHO | A. SEGREDINHO | 0,08 |
| CGH | TRABUCO | A. TRABUCO | 0,31 |
| CGH | FAXINAL | A. FAXINAL | 0,80 |
| PCH | DA ILHA | PRATA | 6,04 |
| PCH | JARARACA | PRATA | 2,57 |

## 2.3 Componente de fragilidade ambiental (CFA)

O Componente de Fragilidade Ambiental (CFA) é composto pelo mapeamento e espacialização dos elementos a seguir descritos. Importante destacar que como tais elementos formam a caracterização do ambiente, a sua verificação em campo é ponto fundamental. Uma vez que, dentro do escopo do licenciamento ambiental da FEPAM a vistoria dos locais faz parte protocolar da rotina de análise dos técnicos, para praticamente todos os empreendimentos houve a verificação in loco da situação do ambiente no qual se pretende instalar ou já se tem empreendimentos em operação.

### 2.3.1 Usos recreativos de água, paisagens notáveis e infraestrutura existente

A metodologia para a identificação da existência de elementos socioeconômicos como pontos de usos recreativos e de lazer (balneários, camping etc.); existência de paisagens notáveis (cachoeiras, cascatas, lajeados etc.); e pontos de infraestrutura existente (balsa, pontes, rodovias, ferrovias etc.), foi desenvolvida em duas etapas distintas e complementares. A primeira etapa teve como base o levantamento nas informações fornecidas na documentação apresentada nos processos de licenciamento de cada um dos empreendimentos. Numa segunda etapa, foi elaborado um

levantamento mais específico e detalhado utilizando-se como ferramenta o aplicativo Google Earth Pro a fim de se identificar nas imagens pontos de usos recreativos, paisagens notáveis e infraestrutura que não foram apontados nos processos administrativos. Além disso, foram incluídos ou validados aspectos levantados pelas vistorias realizadas pela equipe técnica da FEPAM, dentro do escopo dos licenciamentos ambientais. Na sequência, para cada empreendimento, foi elaborado um mapeamento com a identificação dos pontos levantados.

### 2.3.2 Qualidade da água

A avaliação da qualidade da água nos trechos previstos para os empreendimentos avaliados teve como critério a avaliação de desvios de classe do enquadramento estabelecido (Classe 2, conforme Resolução CRH nº 405/2022 – Meta 2022).

A partir dos dados de monitoramento vinculados a condicionantes ambientais estabelecidas nas licenças ambientais dos empreendimentos já existentes e nas informações constantes nos diagnósticos apresentados para os empreendimentos em planejamento, foi realizada avaliação dos resultados disponíveis quanto à qualidade da água em 65 pontos localizados em trechos do Rio da Prata (20 pontos), do Rio Turvo (25 pontos), do Rio Ituim (17 pontos) e do Arroio Tupã (3 pontos). Os parâmetros considerados na avaliação foram coliformes termotolerantes, $DBO_5$, fósforo total e oxigênio dissolvido (OD), uma vez que tais parâmetros se encontram de forma mais padronizada nas amostragens e com maior qualidade amostral, tendo maior representatividade de campanhas e resultados.

A partir dessa compilação de dados, foi possível obter a condição de classe de qualidade da água predominante no trecho (classe 1, 2, 3 ou 4), considerando a média ponderada (Md) e a pior condição de classe (Mx) registrada para cada parâmetro avaliado. Adicionalmente, foi também identificado o pior evento de condição de classe dentre os resultados para os 4 (quatro) parâmetros avaliados. Os desvios mais expressivos de classe ocorrem de forma mais pronunciada nos trechos com empreendimentos hidrelétricos implantados em série, com agravamento da degradação junto aos mais de jusante. Cabe destacar que, apesar dessa análise considerar somente os resultados para coliformes termotolerantes, $DBO_5$, fósforo total e OD, há outros parâmetros com desvios significativos, tais como: cor verdadeira, fenóis, Al dissolvido, Fe dissolvido. Por fim, cabe especial atenção quanto a desvios relacionados a parâmetros orgânicos com padrão estabelecido na Resolução CONAMA nº 357/2005, cuja análise ocorre de forma eventual e com impactos ainda pouco estabelecidos.

### 2.3.3 Zonas de interesse protecional

Foi realizado mapeamento demonstrando e espacializando as recomendações previstas no estudo "Bacia do Taquari-Antas: Diagnóstico ambiental e orientações para conservação, gestão ambiental e licenciamento" (BECKER, F. G., PERELLÓ, L. F., PINEDA, 2012), na "NOTA TÉCNICA: Avaliação Ambiental Regional na Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas para fins de Licenciamento de Empreendimentos Hidrelétricos" (FEPAM, 2017) e no "Mapa de Diretrizes para o Licenciamento Ambiental de PCHs e CGHs no Estado do Rio Grande do Sul" (CONSEMA, 2018). Com isso, frente aos empreendimentos planejados, foi possível observar os empreendimentos que se encontram em área com restrição de uso, com prioridade protecional ou em área sem recomendação específica. Para a região de estudo, existem, portanto, as seguintes áreas de recomendação e restrição:

- Recomendação à preservação (áreas A e B no estudo de BECKER, F. G., PERELLÓ, L. F., PINEDA, 2012).
- Recomendação de trecho livre (área C no estudo de BECKER, F. G., PERELLÓ, L. F., PINEDA, 2012).
- Restrição de uso (atrativos naturais "Cascata da Usina" e "Cascata do Catebiró", em FEPAM, 2017).
- Inaptidão ao licenciamento (CONSEMA, 2018) para manutenção de trechos livres (áreas de cabeceira e trecho médio Turvo-Prata, conforme FEPAM, 2017).

Dos empreendimentos planejados, 7 (sete) encontram-se próximos ou em sobreposição às áreas de recomendação à preservação ou restrição.

Além disso, os pontos relativos aos empreendimentos planejados foram locados em mapa demonstrando as zonas da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica (RBMA) classificadas como Núcleo, Amortecimento e Zona de Transição. A análise resultante dos mapeamentos demonstra que a formação florestal é extremamente importante na área de estudo. Verifica-se que a Zona Núcleo da RBMA ocupa quase todas as margens dos cursos hídricos avaliados. Consequentemente, 13 (treze) empreendimentos planejados, se implantados, impactarão áreas de Zona Núcleo e 3 (três) impactarão áreas de amortecimento da RBMA. A importância de fragmentos florestais e sua conectividade também é evidenciada no estudo de Bacia Taquari-Antas, uma vez que restrições e recomendações do estudo influenciam no licenciamento de 5 (cinco) empreendimentos planejados ao longo do rio Turvo.

### 2.3.4 Espécies de interesse à conservação

A compilação de espécies de interesse conservacionista foi realizada através da análise de diagnósticos de fauna constantes em quinze Estudos de Impacto Ambiental (EIA) relativos aos empreendimentos hidrelétricos com licenciamento ambiental junto a FEPAM, bem como, avaliação de dois relatórios de monitoramento de ictiofauna de empreendimentos hidrelétricos em operação. Os dados secundários informados nos estudos, em referência a dados primários obtidos nas áreas de influências dos empreendimentos hidrelétricos em operação (PCH Jardim, PCH Santa Carolina, PCH Morro Grande e PCH Saltinho) foram considerados nesse compilado como dados primários. Todos os registros considerados foram realizados na área das sub-bacias dos rios Turvo-Prata-Ituim.

Num segundo momento, foram indicadas espécies-alvo ou espécies "guarda-chuva" que por sua necessidade de grandes áreas conservadas para sobrevivência, ou exigência de condições ambientais específicas, orientaram as análises e decisões relativas à conservação de ambientes específicos.

Como resultado, têm-se as seguintes espécies indicadas com base nos registros de dados primários: araucária (*Araucaria angustifolia*), buritis-palito (gênero *Trithrinax*), papagaio-charão (*Amazona pretrei*), cágado-rajado (*Phrynops williamsii*), caranguejos-de-rio (gênero *Aegla*), felídeos silvestres (gêneros *Leopardus e Puma*), bagres-pintados (gênero *Pimelodus*); e uma espécie indicada com base no Estudo de Bacia Taquari-Antas*:* sarandi *(Callisthene inundata)*.

Observa-se que as metodologias e, principalmente, o esforço amostral adotado nos diferentes estudos influenciaram os registros obtidos e limitaram sua comparação. Deste modo os resultados não foram contrastados, evitando eventuais erros de interpretação. Não obstante, diante da similaridade ambiental e dos registros de espécies obtidos, considerou-se que os habitats terrestres e aquáticos abrigam os mesmos grupos de espécies, salvo raras exceções. Portanto, as discussões

restringiram-se aos ambientes e aos habitats que comportam as espécies de interesse, e não às espécies propriamente ditas.

### 2.3.5 Qualidade do habitat terrestre

Considerando que o Estudo de Bacia Taquari-Antas já estabeleceu trechos livres de intervenção nas cabeceiras dos rios Prata, Turvo e Ituim, onde os campos têm ocorrência natural, o presente GT aprofundou a análise nos ambientes terrestres florestais existentes na área de estudo, sobretudo na Área Diretamente Afetada (ADA) por cada um dos empreendimentos planejados.

Tal avaliação se deu sob dois aspectos, conforme segue:

- Extensão e conexão florestal a partir do mapeamento de remanescentes existentes na área de estudo através de bases de uso e cobertura, e de valoração das áreas terrestre requeridas pelos empreendimentos.
- Estágios Sucessionais de remanescentes florestais, especificamente nas áreas de intervenção dos empreendimentos planejados, a partir de dados fornecidos pelos estudos constantes nos licenciamentos ambientais.

Os resultados da análise demonstram que existe um grande maciço florestal conectado que abriga e mantém o fluxo gênico da fauna e flora. Salienta-se aqui a importância de grandes áreas florestais para felídeos silvestres, uma vez que estes possuem grandes áreas de vida.

A espacialização de informações relativas a estágios sucessionais revelaram a predominância de estágio avançado na ADA de dois empreendimentos planejados para o rio Ituim e na ADA de 6 (seis) empreendimentos sequenciais previstos para a porção média e final do rio Turvo, onde o relevo naturalmente inviabiliza o uso antrópico e consequentemente conserva a qualidade desses ambientes.

### 2.3.6 Qualidade habitat aquático

Considerando que os mesohabitats de corredeira, por suas características únicas, proporcionam ambientes ideais para diversas espécies de peixes, macroinvertebrados como os carangueijos-de-rio do gênero *Aegla*, além de répteis como o cágado-rajado (*Phrynops williamsii)* entre outras espécies com maiores exigências ambientais, e que não ocorrem em ambientes lentificados.

E, considerando que trechos de rios livres são de extrema relevância ambiental por permitirem os movimentos das espécies aquáticas durante seu ciclo de vida para atividades de alimentação, reprodução e refúgio. Garantem, portanto, o fluxo gênico necessário para a manutenção de populações viáveis e permitem que comunidades complexas e dinâmicas possam prosperar em longo prazo.

A avaliação da disponibilidade e importância de ambientes aquáticos lóticos foi realizada sob esses dois aspectos:

- Frequência de corredeiras, com a realização de cálculo a partir do mapeamento e medição das corredeiras existentes nos trechos pretensos aos reservatórios dos empreendimentos planejados.
- Trechos fluviais livres, a partir de mapeamento e medição da extensão linear de trechos livres de barramento na área de estudo, considerando apenas o cenário atual.

Como resultados tem-se que, no cenário atual, o trecho livre de maior extensão linear e com frequência significativa de corredeiras encontra-se no Rio Turvo entre os empreendimentos PCH Santa Carolina e PCH da Ilha, contando ao total com 53,3 km de extensão linear. Na sequência observa-se o trecho livre existente no rio da Prata, à montante do barramento da PCH do Parque, que conta com 45 km até o limite onde o rio é considerado apto para licenciamento. Os demais trechos livres dos principais cursos hídricos analisados (Turvo, Prata e Ituim) possuem extensões inferiores a 26 km.

A sobreposição dos empreendimentos planejados sobre os trechos livres, somada a análise de corredeiras revela que o trecho com maior interesse para implantação de empreendimentos é justamente o maior trecho livre existente no rio Turvo. No trecho de 53,3 km é prevista a instalação de 6 (seis) empreendimentos em sequência, os quais, se implantados, converterão os ambientes lóticos e de corredeiras para áreas de reservatórios em quase toda a extensão do trecho, sem haver intervalo de rio sem intervenções para a manutenção das comunidades naturais aquáticas. Para os demais trechos verifica-se que os empreendimentos planejados possuem características que preservam maiores trechos lóticos entre si.

# 3. RESULTADOS E RECOMENDAÇÕES

A seguir, são apresentados os resultados da análise integrada proposta no escopo do Grupo de Trabalho criado pela ORDEM DE SERVIÇO n.º 276/2024 – DT. As recomendações que seguem tiveram como princípio abarcar os resultados apresentados e fornecer orientações para os empreendimentos planejados e inventariados na sub-bacia dos rios Turvo e da Prata, considerando os empreendimentos já existentes. Portanto, os resultados apresentados na sequência consideram todos os empreendimentos previstos na região. Os levantamentos resultaram em um mapeamento das fragilidades que pode ser visualizado na Figura 9.

Esta composição permitiu identificar a sobreposição de aspectos relevantes do ambiente, com destaque a algumas áreas de interesse especial à proteção. Percebe-se que há uma sobreposição de intervenientes na porção central da sub-bacia, correspondente ao trecho do médio Turvo (após a confluência com o Rio Ituim e à montante da confluência com o Rio da Prata). Nessa região, todos os aspectos levantados se sobrepõem, dando uma noção de relevância deste ambiente e uma tendência de orientação de ações de preservação. É nesta região que se encontram os maiores trechos livres e extensões de corredeiras, bem como diversos atrativos naturais. Também se destaca nesse trecho uma maior densidade dos remanescentes florestais, bem como áreas já indicadas nos estudos anteriores como de relevante interesse à preservação.

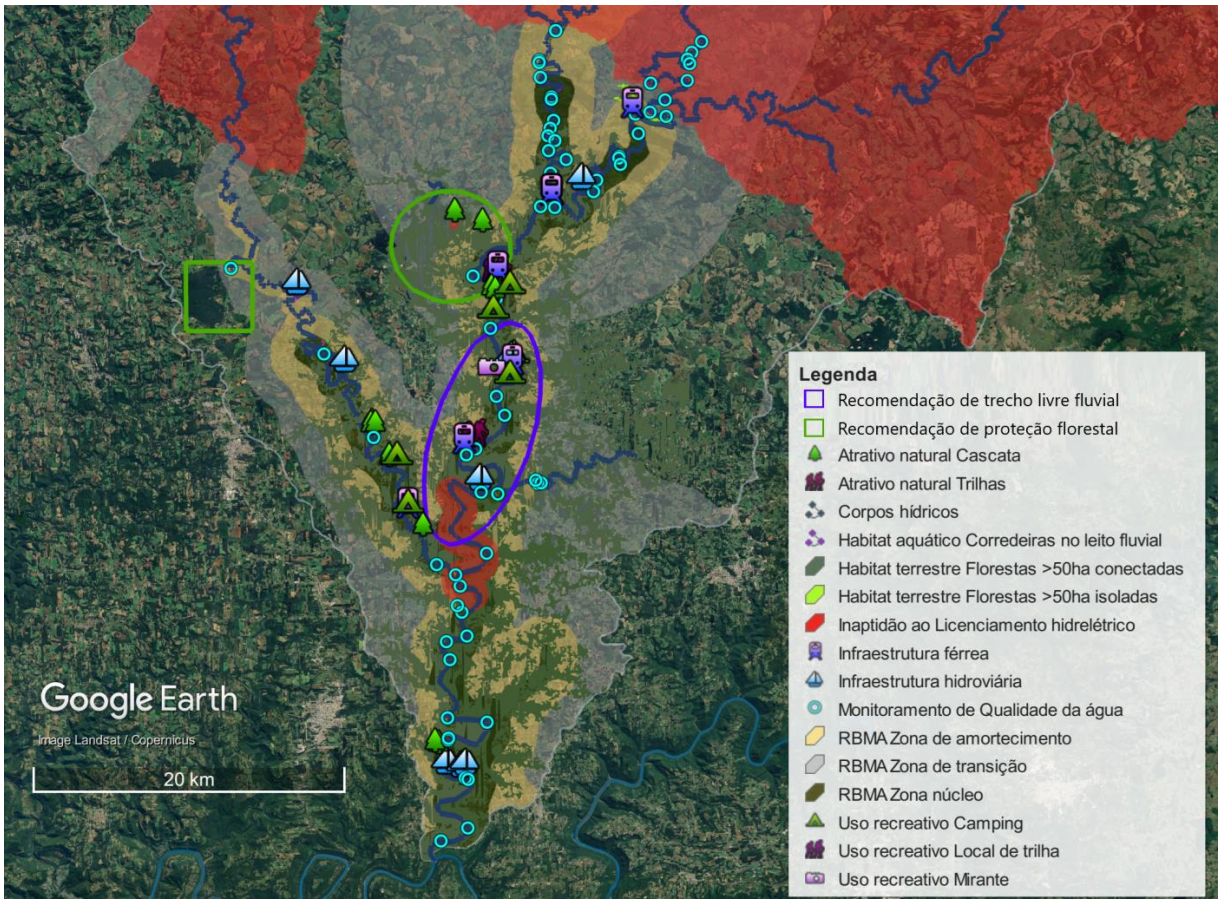


*Figura 9: Mapeamento do Componente de Fragilidade Ambiental (CFA).*

## 3.1 Regulações e orientações do GT

Considerando um cenário em que todos os empreendimentos fossem licenciados e instalados, haveria intervenções em muitos quilômetros dos rios Ituim, Turvo e da Prata, assim como em suas margens e ambientes, com repercussões negativas sobre os meios físico, biótico e socioeconômico. Considerando ainda os regramentos já existentes e publicados pela Resolução CONSEMA nº 388/2018, em que define rios aptos e inaptos ao licenciamento hidrelétrico, a extensão diretamente afetada seria correspondente a grande parte da extensão apta dos rios principais, conforme apresentado nas Figura 8. Especialmente no rio Turvo, a sucessão de empreendimentos seria responsável pela alteração completa de mais de 50 km de rio, uma vez que todos os empreendimentos ali propostos seriam contíguos. Não haveria, portanto, suficiente intervalo de rio sem intervenção para que os processos ecológicos e serviços ecossistêmicos pudessem seguir seu curso natural e eventualmente prosperar.

Resta claro como esse cenário é prejudicial e ultrapassaria completamente a capacidade de suporte da sub-bacia, sendo inaceitável frente às fragilidades ambientais e à baixa eficiência de alguns projetos propostos. Dessa forma, a partir do princípio da precaução, não há como garantir a manutenção do ambiente ecologicamente equilibrado em um cenário com todos os projetos implantados. A única possibilidade de haver a manutenção de uma capacidade de suporte dos rios e seus ambientes associados na sub-bacia é uma regulação para que alguns trechos dos rios sejam preservados e, consequentemente, alguns empreendimentos não devem ser licenciados.

Sendo assim, a partir do resultado de cruzamento das informações do ranking de eficiência ambiental com o mapeamento das fragilidades do ambiente, foram estabelecidas as regulações propostas pelo grupo de trabalho para o objetivo principal. Com base no ranking de eficiência ambiental dos empreendimentos existentes e planejados e no mapeamento das fragilidades ambientais e áreas de interesse especial à proteção, integrou-se as informações das áreas diretamente afetadas (fornecidas no âmbito do licenciamento ambiental de cada empreendimento), cruzando os resultados de eficiência ambiental de cada projeto com as fragilidades ambientais mapeadas. A partir desses cruzamentos, foram evidenciados os empreendimentos mais impactantes e as áreas mais sensíveis sócio ambientalmente. Foram então definidas áreas de máxima proteção (sem possibilidade de intervenções), áreas em que poderia haver empreendimentos desde que adequados os projetos, e outras áreas de menor restrição. A partir disso, a indicação de restrições para o licenciamento ambiental de cada empreendimento hidrelétrico foi definida, fornecendo subsídios à tomada de decisão frente aos impactos cumulativos socioambientais de todos os empreendimentos.

A seguir, é apresentado o zoneamento de restrições a empreendimentos hidrelétricos para a sub-bacia dos Rios Turvo e da Prata, a qual complementaria as restrições já existentes na Bacia Hidrográfica dos Rios Taquari-Antas, conforme mapeamento da Resolução CONSEMA nº 388/2018, a partir de características específicas locais. Como principal resultado do zoneamento, seria garantida a manutenção de zona livre de intervenção, no Rio Turvo, em local de maior fragilidade, dadas as características ambientais; este trecho, portanto, representa a região a qual se concluiu pela prioridade de manutenção de habitats e serviços ecossistêmicos. Por fim, são colocadas orientações de forma geral e específicas para o licenciamento ambiental.

### 3.1.1 Zonas de restrição a empreendimentos hidrelétricos

Para fins de aplicação das análises obtidas no escopo deste estudo, entende-se indispensável que, para além das análises sobre os empreendimentos e projetos aqui levantados, seja possível espacializar as diretrizes e orientações em um zoneamento de restrições da sub-bacia Turvo-Prata para a implantação de empreendimentos hidrelétricos. Com isso, foram definidas 4 (quatro) zonas (Figura 10) a partir de características de preservação dos ambientes e aptidão para geração de energia hidrelétrica.

O zoneamento de restrições foi dividido da seguinte forma:

- Zona vermelha: Área livre de intervenções, onde a orientação é pela manutenção de trecho livre contínuo, e com inviabilidade de licenciamento ambiental de empreendimentos hidrelétricos.

  Esta região foi definida a partir da sobreposição de camadas do Componente de Fragilidade Ambiental (CFA), sendo verificado que, além da grande densidade de elementos identificados, o trecho do Médio Turvo corresponde a uma sensível área contínua do maciço florestal remanescente na sub-bacia. Soma-se a isto o impacto resultante de uma futura implantação do inventário dos empreendimentos planejados, com projetos avaliados como menos eficientes (Componente de Eficiência Ambiental – CEA), resultando em um trecho sem conectividade fluvial, com um trecho lêntico contínuo, onde as áreas de alague de um empreendimento se conectariam ao barramento do outro de forma sucessiva, em que não haveria intervalo para a manutenção das comunidades aquáticas. Dessa forma, priorizando a manutenção de um trecho livre de intervenção (nesta sub-bacia altamente demandada por

aproveitamentos hidrelétricos), esta porção ficou definida como área prioritária de preservação.

- Zona laranja: Área de restrita intervenção junto ao Rio da Prata, que abrange maciço florestal relevante com existência de espécies de interesse à conservação, onde a orientação é pela priorização de trechos livres e limitação dos projetos hidrelétricos pelo IAP máximo de 2,60 ha/MW.

  A região do Alto Prata foi também identificada como uma sensível área contínua do maciço florestal remanescente na sub-bacia, ainda que com menor densidade de usos identificados do que a Zona vermelha. É uma região a qual consta com inventário de aproveitamentos hidrelétricos em sequência, mas permanecendo alguns trechos lóticos. Inclusive, alguns destes aproveitamentos já tiveram processos de licenciamento ambiental indeferidos anteriormente e, frente aos atuais dados de projetos e arranjos planejados, apresentam, em geral, baixa eficiência, onde, principalmente, o indicador Área alagada/Potência (IAP) é muito desfavorável. Uma vez que representa, portanto, uma área de interesse à preservação, entende-se que empreendimentos alocados nessa região somente teriam viabilidade de abertura do processo de licenciamento no caso de melhoria da eficiência ambiental, traduzida de forma imediata pelo atendimento de um IAP máximo, conforme desenvolvido neste relatório.

- Zona amarela: Área de intervenção junto aos exutórios do Rio Turvo e do Rio da Prata (montante e jusante), passível de licenciamento ambiental de empreendimentos hidrelétricos desde que realizados estudos ambientais específicos definidos pela FEPAM.

  As regiões próximas às confluências dos rios principais da sub-bacia (Médio Turvo, Alto Prata e Prata) também se localizam em área contínua do maciço florestal remanescente, com menor densidade de usos identificados do que a Zona laranja. Essas localidades correspondem a grandes potenciais aproveitáveis na sub-bacia, com alguns dos empreendimentos de maior potência instalada e melhores relações de Área alagada/Potência (IAP). Apesar disso, são regiões de potencial acúmulo de poluentes advindos das regiões à montante e por isso deve-se ter atenção especial à qualidade das águas e possível desvio do enquadramento, justificando-se a elaboração de estudos específicos e mais detalhados de modelagem da qualidade das águas.

- Zona branca: Área passível de licenciamento ambiental desde que observadas as fragilidades pontuais das áreas florestais, com atendimento ao IAP máximo de 2,60 ha/MW se definido, a critério da FEPAM, no processo licenciatório.

  Dada a conectividade do maciço florestal a partir do mapeamento de remanescentes existentes na sub-bacia, existem ainda áreas relevantes e, portanto, foram definidos trechos nos quais não foram identificados usos específicos, mas que devem ainda se ter atenção frente às fragilidades ambientais.

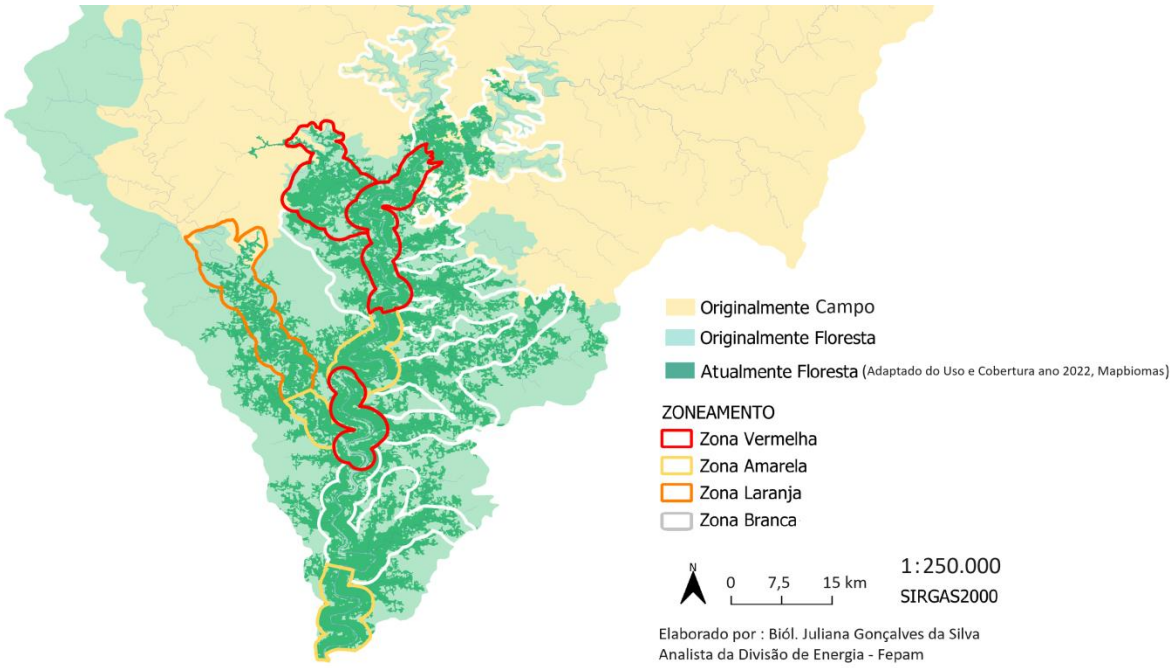


*Figura 10: Zonas de restrição a empreendimentos hidrelétricos na sub-bacia Turvo-Prata definidas pelo GT.*

Os resultados e regulações aqui expostos devem subsidiar parte das avaliações dos processos de licenciamento ambiental dos empreendimentos hidrelétricos. Entende-se que todos os processos que tiverem indicação pela possibilidade da continuidade do licenciamento não podem sofrer alterações de projeto que alterem para pior os indicadores já avaliados neste relatório.

Ainda, a orientação do licenciamento deve considerar o Zoneamento apresentado, de forma que:

- Zona vermelha: Empreendimentos localizados na zona vermelha devem ter indeferimento dos processos já existentes e impossibilidade de abertura de novos processos.
- Zona laranja: Empreendimentos localizados na zona laranja somente podem ter processo de licenciamento ambiental encaminhado para análise se atenderem ao IAP máximo de 2,6 ha/MW.
- Zona amarela: Empreendimentos localizados na zona amarela devem considerar estudos específicos, a serem detalhados no âmbito do licenciamento ambiental.
- Zona branca: Empreendimentos localizados na zona branca não possuem restrições de abertura de processos para análise de licenciamento ambiental, sendo orientado o atendimento ao IAP máximo de 2,6 ha/MW, se definido a critério da FEPAM no âmbito do licenciamento ambiental.

# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BECKER, F.G.; PERELLÓ, L.F.; PINEDA, M.D. Bacia do rio Taquari-Antas - Diagnóstico ambiental e orientações para conservação, gestão ambiental e licenciamento. **Relatório Técnico.** Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler/Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2012. 230p.

BECKER, F. G. *et al.* Síntese da avaliação ambiental regional na Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas para fins de licenciamento de empreendimentos hidrelétricos. **FEPAM em Revista** [online]. Porto Alegre. v.11, n.1 e 2, 2017, p. 5-25 Disponível em: http://www.FEPAM.rs.gov.br/FEPAMemrevista/downloads/FEPAM_Revista_2017.pdf.

BUENO, O.L.; NILSON, A.D.; MAGALHÃES, R.G. *Callisthene inundata* nova espécie de Vochysiaceae e primeiro registro desta família no Estado do Rio Grande do Sul. **Iheringia**, série Botânica, v. 53, p. 101-116, 2000.

CNCFlora. *Callisthene inundata* in **Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2.** Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em <http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Callisthene inundata>. Acesso em 19 abril 2024.

CONSEMA – Conselho Estadual de Meio Ambiente. 2018. **Anexo à RESOLUÇÃO CONSEMA nº 388/2018 de 3 de Dezembro de 2018. Mapa de Diretrizes para o Licenciamento Ambiental de PCHs e CGHs no Estado do Rio Grande do Sul.** 2018.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. 2005. **RESOLUÇÃO N° 357, de 17 de Março de 2005. 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. Brasil**, 2005.

FEPAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUÍS ROESSLER–FEPAM/RS. 2001. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA BACIA DO TAQUARI-ANTAS, RS: DIRETRIZES REGIONAIS PARA O LICENCIAMENTO AMBIENTAL DAS HIDRELÉTRICAS Trecho médio e superior. **Relatório Técnico.** 2001. Porto Alegre, 2001.

FEPAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUÍS ROESSLER. 2012. Avaliação Ambiental Regional na Bacia Hidrográfica do Rio Taquari Antas para fins de Licenciamento de Empreendimentos Hidrelétricos. **Nota Técnica.** 2012. Porto Alegre, 2012.

FEPAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUÍS ROESSLER. 2017. "NOTA TÉCNICA: Avaliação Ambiental Regional na Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas para fins de Licenciamento de Empreendimentos Hidrelétricos". **Nota Técnica.** Porto Alegre, 2017.

FEPAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUÍS ROESSLER. 2019. "NOTA TÉCNICA: Avaliação Ambiental Regional na Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas para fins de Licenciamento de Empreendimentos Hidrelétricos - **Nota Técnica. Atualização de Junho de 2019**". Porto Alegre, 2019. Diretriz_Tecnica_e_mapa_Taquari_Antas.pdf (FEPAM.rs.gov.br), acesso em 19/07/2024.

LARANTIS, D. G. 2004. **Modelagem Matemática da Qualidade da água em Grandes Bacias: Sistema. Taquari- Antas** –Dissertação de Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre- RS. 2004.

OLIVEIRA, VALÉRIA REGINA SALLA DE, 2008. **Impactos cumulativos na avaliação de impactos ambientais: fundamentação, metodologia, legislação, análise de experiências e formas de abordagem.** 2008. 181 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008.

REGOLIN, A. L., BRESSAN, R., KUNZ, T. S., MARTELLO, F., GHIZONI-JR, I. R., CHEREM, J. J., CAPELA, D. J. V., OLIVEIRA-SANTOS, L. G. R., COLLEVATTI, R. G., & SOBRAL-SOUZA, T. (2023). Integrating ecological niche and hydrological connectivity models to assess the impacts of hydropower plants on an endemic and imperilled freshwater turtle. **Journal of Applied Ecology**, 00, 1–15. https://doi. org/10.1111/1365-2664.14436

SÁNCHEZ, LUIS ENRIQUE, 2023. **Avaliação de Impactos Cumulativos**. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2023. 224 pp.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. 2008. **Limnologia**. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2008. 631p.