ANA
AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS
E SANEAMENTO BÁSICO

PRH
PARAGUAI

Estudos de Avaliação dos Efeitos da Implantação de Empreendimentos Hidrelétricos da Região Hidrográfica do Paraguai

Resumo Executivo

Brasília (DF), 2020

República Federativa do Brasil
Jair Bolsonaro
Presidente da República

Ministério do Desenvolvimento Regional
Gustavo Henrique Rigodanzo Canuto
Ministro

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
Diretoria Colegiada
Christianne Dias Ferreira (Diretora-Presidente)
Rodrigo Flecha Ferreira Alves
Ricardo Medeiros de Andrade
Oscar Cordeiro Netto
Marcelo Cruz

Secretaria Geral (SGE)
Rogério de Abreu Menescal

Procuradoria Federal (PF/ANA)
Emiliano Ribeiro de Souza

Corregedoria (COR)
Maurício A. Lopes de Vasconcellos

Auditoria Interna (AUD)
Eliomar Ayres da Fonseca Rios

Chefia de Gabinete (GAB)
Thiago Serrat

Gerência Geral de Estratégia (GGES)
Nazareno Marques de Araújo

Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos (SPR)
Sérgio Rodrigues Ayrimoraes Soares

Superintendência de Gestão da Rede Hidrometeorológica (SGH)
Marcelo Jorge Medeiros

Superintendência de Operações e Eventos Críticos (SOE)
Joaquim Guedes Correa Gondim Filho

Superintendência de Implementação de Programas e Projetos (SIP)
Tibério Magalhães Pinheiro

Superintendência de Apoio ao Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SAS)
Humberto Cardoso Gonçalves

Superintendência de Tecnologia da Informação (STI)
Sérgio Augusto Barbosa

Superintendência de Regulação (SRE)
Rodrigo Flecha Ferreira Alves

Superintendência de Fiscalização (SFI)
Alan Vaz Lopes

Superintendência de Administração, Finanças e Gestão de Pessoas (SAF)
Luís André Muniz

Agência Nacional de Águas e de Saneamento Básico
Ministério do Desenvolvimento Regional

Estudos de Avaliação dos Efeitos da Implantação de Empreendimentos Hidrelétricos da Região Hidrográfica do Paraguai

Resumo Executivo

Brasília (DF), 2020

© 2020, Agência Nacional de Águas – ANA.
Setor Policial Sul, Área 5, Quadra 3, Blocos B, L, M, N, O e T.
CEP: 70610-200, Brasília – DF.
PABX: (61) 2109-5400 | (61) 2109-5252
Endereço eletrônico: www.ana.gov.br

COMITÊ DE EDITORAÇÃO

Diretor
Ricardo Medeiros de Andrade

Superintendentes
Humberto Cardoso Gonçalves
Joaquim Guedes Correa Gondim Filho
Sérgio Rodrigues Ayrimoraes Soares

Secretário Executivo
Rogério de Abreu Menescal

As ilustrações, tabelas e gráficos sem indicação de fonte foram elaborados pela ANA.

Informações, críticas, sugestões, correções de dados:
cedoc@ana.gov.br

Disponível também em:
https://www.gov.br/ana/pt-br

Todos os direitos reservados.

É permitida a reprodução de dados e de informações contidos nesta publicação, desde que citada a fonte.

EQUIPE EDITORIAL

Supervisão editorial
Rodrigo Flecha Ferreira Alves
Sérgio Rodrigues Ayrimoraes Soares

Revisão dos originais
Bolivar Antunes Matos
Carlos Alberto Perdigão Pessoa
Flávio Hadler Tröger
Gaetan Serge Dubois
Luciana Aparecida Zago de Andrade
Marcelo Luís de Souza
Márcio de Araújo Silva
Mariane Moreira Ravanello
Patrick Thomas
Rosana Mendes Evangelista
Rubens Maciel Wanderley
Thiago Henriques Fontenelle

Projeto Gráfico e Diagramação
José Manuel Cabral de Sousa Dias

Fotografias
Banco de Imagens ANA

Produção e Elaboração dos Originais (coordenação)
Agostinho Carlos Catella
Andrea Bialetzki
Carlos Padovani
Elimar Pinheiro do Nascimento
Ibraim Fantin da Cruz
Márcia Divina Oliveira
Maurício Amazonas
Walter Collischonn

EQUIPE TÉCNICA

COORDENAÇÃO E ELABORAÇÃO

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA
Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos (SPR)

Coordenação Geral
Sérgio Rodrigues Ayrimoraes Soares
Flávio Hadler Tröger

Coordenação Executiva
Luciana Aparecida Zago de Andrade
Márcio de Araújo Silva
Gaetan Serge Jean Dubois
Rosana Mendes Evangelista

Coordenações Temáticas
Alexandre Abdalla Araújo (Meta C.5.1 - Elaborar estudos hidrológicos)
Bolivar Antunes Matos (Meta C.5.1 - Elaborar estudos hidrológicos)
Marcelo Luiz de Souza (Meta C.5.2 - Elaborar estudos de qualidade da água)
Márcio de Araújo Silva (Meta C.5.3 - Elaborar estudos de ictiofauna, ictioplâncton e pesca)
Mariane Moreira Ravanello (Meta C.5.5 - Elaborar análise integrada multicritério)
Rubens Maciel Wanderley (Meta C.5.5 - Elaborar análise integrada multicritério)
Thiago Henriques Fontenelle (Meta C.5.4 - Elaborar estudos socioeconômicos e de energia)

Fundação Eliseu Alves
Coordenação Técnica
Elísio Contini
José Manuel Cabral de Sousa Dias
Coordenação Administrativa
Claudio Amâncio

Coordenações Técnicas
Walter Collischonn (Meta C.5.1 - Elaborar estudos hidrológicos)
Marcia Divina – Embrapa Pantanal (Meta C.5.2 - Elaborar estudos de qualidade da água)
Andrea Bialetzki – Nupelia – UEM (Meta C.5.3 - Elaborar estudos de ictiofauna, ictioplâncton e pesca)
Agostinho Catella – Embrapa Pantanal (Meta C.5.3 - Elaborar estudos de ictiofauna, ictioplâncton e pesca)
Maurício Amazonas – CDUS/UnB (Meta C.5.4 - Elaborar estudos socioeconômicos e de energia)
João Banna – Banna Consultant (Meta C.5.5 - Elaborar análise integrada multicritério)

Equipe Técnica (Meta C.5.1 - Elaborar estudos hidrológicos)
Walter Collischonn (coordenador)
Adriano Rolim da Paz
Maria Marcella Medeiros Melo
Pedro Frediani Jardim

Equipe Técnica (Meta C.5.2 - Elaborar estudos de qualidade da água e Hidrossedimentologia)
Marcia Divina De Oliveira – Embrapa Pantanal (coordenadora)
Ibraim Fantin - UFMT Marcel Medina - UFMT
Rafael Mingoti – Embrapa Gestão Territorial
Isabelle Caroline Ribeiro Sais - Unicamp
Peter Zeilhofer – UFMT
Wilkinson Lázaro – UNEMAT
Valdeci Antônio – UFMT
Josias Oliveira – Embrapa Pantanal
Patricia D'Angol – Mestranda UFSC
Rachel Nishimoto – UFMS
Carlos Roberto Padovani – Embrapa Pantanal
Stephen K Hamilton – MSU, USA
Daniela M. Figueiredo – UFMT
Rubia Fantin – UFMT
Cristóvão F. Scapulatempo – UFPR
Eliana Freire – UFMT
Debora F. Calheiros – Embrapa/UFMT

Equipe Técnica (Meta C.5.3 - Elaborar estudos de ictiofauna, ictioplâncton e pesca)
Embrapa Pantanal
Agostinho Catella (coordenador)

SEMA – MT
Neusa Arenhart

UEM – Nupelia
Andréa Bialetzki (coordenadora)
Carla Simone Pavanelli
Wladimir Marques Domingues
Alfredo Soares
Bárbara Angélio Quirino
Celso Pereira dos Santos
Claudemir Martins Soares
Cláudio Henrique Zawadski
Conrado Quinteiro Neto
Eliana Maria Galdioli
Emanuele Stopa Santos
Francisco Alves Teixeira
Gabriel de Carvalho Deprá
Giovana Rodrigues Alves
Harumi Irene Suzuki
Isadora Cristina Bianchi Costa
Jislaine Cristina da Silva
João Dirço Latini
José Ricardo Gonçalves
Juliana Serrano Dias Polli
Márcia Sayuri Iquematsu
Maria Cecília Olher
Marli Cristina Campos
Marlyze Correa Tenório
Merieli de Melo da Silva
Norton Luiz Milagres
Rafael Rogério Rosa
Regina Cíntia C. Machado Velho
Rosemara Fugi
Rosimeire Ribeiro Antonio
Samuel Veríssimo
Sebastião Rodrigues
Valdecir Rodolfo Casaré
Valdenir Ferreira de Souza
Valdir Aparecido Capatti
Valmir Alves Teixeira
Weferson Júnio da Graça

Equipe Técnica (Meta C.5.3 - Elaborar estudos de ictiofauna, ictioplâncton e pesca)
UFMT Cuiabá
Lúcia A.F. Mateus
Jerry Magno F. Penha
Alexandre Ribeiro
Rosa Maria Rodrigues da Costa
Jacira Amaral Alves
Tatiane Pires de Sousa
Evely Barzotto da Silva
Keithiely Nonato Pereira
Ediele Mayara do Vale Bastos
Brayan A. Rosa Massaroli
Vinícius Barbosa Correa
Luiz Felipe M. N. Silva
Iussa L. S. Bacani de la Cruz
Bruna Gabriel
Ítalo Silva Duarte
Thayana Iasmin da Silva Campos
Amanda Cristina Monteiro Viana
Camila Lermen Specht
Nathália Victória S. da Silva
Luiz Carlos de Sá Neves
Enésio Francisco Leôncio
Sr. André
Sr. Valdeci
Sr. José Pirata
Sr. Pedro
Sr. Benedito
Sr. Leandro

UFMT Rondonópolis
Simoni Maria Loverde Oliveira
Karina Keyla Tondato
Silvania Pereira da Silva
Lucineia Batista Cardoso
Alecsandra Pazza Martarello
Shayana de Souza Oliveira
Mônica Ehrhardt
Alessandra Carniato Peil

UFMS
Fernando Carvalho

UEMS-Dourados
Yzel Rondon Súarez
Sidnei Eduardo Lima Júnior
Elaine A. L. Kashiwaqui
Lucilene Finoto Viana
Dhonatan O. Santos
Deisiane Maciel Neiva
Isabelle de Almeida Mônaco
Fabiane Silva Ferreira
Julio Cesar Jut Solórsano
Adriana Maria E. Fernando
Adriana Fernandes Riveros
Andréa G. D. Carvalho
Vitor Alves da Silva

Equipe Técnica (Meta C.5.4 - Elaborar estudos socioeconômicos e de energia)
Mauricio Amazonas (coordenador)
Zenaide Rodrigues Ferreira
Tainá Labrea Ferreira
José Roberto da Silva Lunas
Elizabeth Dalana Pazello
Elimar Pinheiro do Nascimento
Cesar Yuji Fujihara
Carolina Joana Silva

Conselho Consultivo
Ângelo Agostinho – UEM/Nupelia
Elimar Pinheiro do Nascimento – UnB/CDS
Emiko Kawakami – Embrapa Pantanal
Miguel Petrere Jr. - UFPA
Rodrigo Flecha - ANA
Walter Colischonn – UFRGS/IPH

Apoio técnico para integração dos resultados
Tainá Lábrea

UNIOESTE
Ladislao Wychoski Benfatti

IBGE
Guilherme G. Moreira
Aristides Lima Green

Grupo de Acompanhamento da Elaboração e Implementação do PRH Paraguai

Segmento	Setor	Instituições	Nº	Indicações (Titular e Suplente)
Poder Público	**Federal**	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico	1	Titular: Luciana Aparecida Zago de Andrade
				Suplente: Rosana Mendes
		Ministério do Meio Ambiente	2	Titular: Leonardo Rodrigues Klosovski
				Suplente: a designar
		Ministério de Minas e Energia	3	Titular: Adriano Jerônimo da Silva
				Suplente: Marlian Leão de Oliveira
		Ministério dos Transportes	4	Titular: Deodoro Barbosa Rezende
				Suplente: Marcos de Souza Martins
		Ministério da Integração	5	Titular: Marlian Leão de Oliveira
				Suplente: Roberto Anselmo Rubert
		Fundação Nacional do Índio	6	Regina Nascimento Ferreira
		Embrapa Pantanal	7	Márcia Divina de Oliveira
		Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Desenvolvimento Econômico, Produção e Agricultura Familiar - SEMAGRO	8	Leonardo Sampaio Costa
		Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural	9	Carlos Henrique Lemos Lopes
		Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Mato Grosso	10	Titular: Luiz Henrique Magalhães Noquelli
				Titular: Nédio Carlos Pinheiro
		Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural	11	Juraci de Ozêda Ala Filho

Poder Público	**Municipal**	Consórcio Intermunicipal para o Desenvolvimento Sustentável da Bacia Hidrográfica do Taquari	12	Titular: Nilo Peçanha Coelho Filho
		Consórcio Nascentes do Pantanal		Suplente: Dariu Antonio Carniel
Usuários	**Abastecimento/ Saneamento**	Empresa de Saneamento do Estado de Mato Grosso do Sul - SANESUL	13	Dulcélya Monica de Queiroz Sousa
		Águas Cuiabá	14	Titular: Luciana Nascimento Silva
				Suplente: Edio Ferraz Ribeiro
	Irrigação/ Agropecuária	Federação da Agricultura e Pecuária do Mato Grosso - FAMATO	15	Titular: Lucélia Denise Perin Avi
				Suplente: Laura Garcia Venturi Rutz
		Federação da Agricultura e Pecuária do Mato Grosso do Sul - FAMASUL	16	Titular: Daniele Coelho Marques
				Suplente: Ana Cecília de Freitas Pires Pereira
		Federação dos Trabalhadores na Agricultura no Estado de Mato Grosso do Sul - FETAGRI	17	Titular: Valdinir Nobre de Oliveira
				Suplente: Orlando Luiz
	Pesca, Turismo e Lazer	Associação dos Atrativos Turísticos de Bonito e Região - ATRATUR	18	Eduardo Folley Coelho
		Sindicato dos Guias de Turismo de Mato Grosso - SINGTUR	19	Waldir Teles de Ávila
		Cooperativa de Pescadores e Aquicultores do Mato Grosso –	20	Titular: Claudionor Angeli
		Federação de Pescadores Profissionais de Mato Grosso do Sul		Suplente: Pedro Jovem dos Santos Júnior
	Indústria	Federação das Indústrias do Estado de Mato Grosso do Sul	21	Titular: Edemir Chaim Asseff
				Suplente: Érico Flaviano Coimbra Paredes
		Federação das Indústrias do Estado de Mato Grosso	22	Titular: Monicke Sant' anna Pinto de Arruda
				Suplente: Álvaro Fernando Cícero Leite

	Hidroeletricidade	Associação Brasileira das Empresas Geradoras de Energia Elétrica – Abragel	23	Titular: Maria Aparecida Borges P.Vargas
				Suplente: Delfim José Leite Rocha
	Hidroviário	Confederação Nacional do Transporte	24	Titular: Paulo Delmar Leismann
Sociedade Civil	**Organizações Não Governamentais (ONGs)**	SOS Pantanal	25	Felipe Augusto Dias
				Breno Ferreira Melo (WWF)
		Associação Brasileira de Engenheiros Sanitaristas	26	Suzan Lannes de Andrade
		Fórum Nacional da Sociedade Civil nos Comitês de Bacias Hidrográficas - FONASC/ Fundação Neotrópica do Brasil	27	Titular: Debora Calheiros (FONASC)
				Suplente: Reinaldo Lourival (Neotrópica)
	Organizações Técnicas de Ensino e Pesquisa	Universidade Federal de Mato Grosso do Sul	28	Synara Aparecida Broch
		Universidade Federal de Mato Grosso	29	Ibraim Fantin da Cruz (UFMT)
	Organizações Indígenas	Povos Indígenas da BAP	30	Titular: Ideolfonso Boro Kuoda (Etnia Bororo)
				Suplente: Valdinez Gabriel

APRESENTAÇÃO

Este documento apresenta os resultados dos estudos de **Avaliação dos Efeitos da Implantação de Empreendimentos Hidrelétricos na Região Hidrográfica do Rio Paraguai – RH Paraguai**, no âmbito do Contrato nº 062/2016, celebrado entre a Agência Nacional de Águas – ANA e a Fundação Eliseu Alves – FEA, em 21 de novembro de 2016.

A **INTRODUÇÃO** apresenta a contextualização, os objetivos e as justificativas para a realização dos estudos, advindos do Plano de Recursos Hídricos da RH Paraguai – PRH Paraguai, as metas determinadas no plano de ações do PRH Paraguai que estão associadas aos estudos, e faz uma análise do instrumento de outorga de direito de uso de recursos hídricos para os aproveitamentos hidrelétricos, bem como os aspectos legais, procedimentos e análises,

O **CAPÍTULO 1** descreve os aspectos gerais e os objetivos de cada um dos temas dos estudos, a saber:

- **Estudos hidrológicos e sedimentológicos;**
- **Estudos de qualidade da água e hidrossedimentologia;**
- **Estudos de ictiofauna, ictioplâncton e estatística pesqueira;**
- **Estudos socioeconômicos e de energia; e**
- **Análise integrada dos estudos.**

O **CAPÍTULO 2** apresenta as metodologias utilizadas nos diversos estudos realizados em cada um dos temas citados acima e a partir dos levantamentos bibliográficos, análises de laboratório, pesquisas de campo e estudos realizados em computador foi possível efetuar a análise integrada dos resultados, tendo como parâmetro principal a manutenção dos estoques pesqueiros nos diversos rios da Região Hidrográfica do Paraguai. Essa análise integrada que contou com importantes avaliações da conectividade fluvial encontra-se no **CAPÍTULO 3**.

O **CAPÍTULO 4**, por sua vez, descreve os principais métodos para passagens de peixes migradores através dos lagos e dos barramentos dos AHEs.

O **CAPÍTULO 5** apresenta diversas considerações em relação à revisão das metodologias para classificação de **áreas estratégicas** e **não estratégicas** para outorga de uso de água, bem como para o licenciamento ambiental. Também se apresentam discussões e conclusões que poderão ter consequência regulatória nos processos em andamento ou em futuros

A caracterização do uso da água pela pesca na RHP trouxe informações inéditas e importantes para melhorar o entendimento da relevância desta atividade para a economia e cultura locais e das condições necessárias para sua manutenção ao longo do tempo.

As referências bibliográficas das publicações que embasaram os aspectos científicos e metodológicos dos estudos realizados compõem o **CAPÍTULO 6**.

Também fazem parte deste Resumo Executivo, sete **ANEXOS** com a síntese dos resultados encontrados para cada sub-bacia da RHP, sendo que para cada uma é proposto o zoneamento em **áreas estratégicas** e em **áreas não-estratégicas.** Esses Anexos são mais bem detalhados no Capítulo 1.

Finalmente, o Anexo 8 apresenta o rol de todas as pessoas e instituições que participaram diretamente nos 42 meses dos estudos realizados.

LISTA DE FIGURAS DO RESUMO EXECUTVO

Figura 1 - Unidades de Planejamento e Gestão da RH-Paraguai e localização dos empreendimentos hidrelétricos (ref. inventário de março de 2017). 25
Figura 2 - Fluxograma de Análise Integrada por bacia. 36
Figura 3 - Espécies-alvo, migradoras de longas distâncias e com importância para a pesca regional. 38
Figura 4 - Áreas não estratégicas para a manutenção do recurso pesqueiro (classe 1). 43
Figura 5 - Rede de drenagem ponderada pela produção de ovos e larvas na região do Alto Paraguai. 47
Figura 6 – Cenário de blocos de empreendimentos hidrelétricos com menos impacto no índice de conectividade dendrítica ponderado na região do Alto Paraguai. 48
Figura 7 - Rede de drenagem ponderada pela produção de ovos e larvas na bacia do rio Cuiabá. 51
Figura 8 - Cenário de blocos de empreendimentos hidrelétricos com menos impacto no índice de conectividade dendrítica ponderado (Bacia do Cuiabá). 52
Figura 9 - Rede de drenagem ponderada pela produção de ovos e larvas na bacia do rio São Lourenço 54
Figura 10 - Cenário de blocos de empreendimentos hidrelétricos com menos impacto no índice de conectividade dendrítica ponderado na bacia do rio São Lourenço. 55
Figura 11 - Rede de drenagem ponderada pela produção de ovos e larvas na bacia do rio Correntes/Piquiri. 57
Figura 12 - Cenário de blocos de empreendimentos hidrelétricos com menos impacto no índice de conectividade dendrítica ponderado (Bacia do Correntes/Piquiri). 58
Figura 13 - Rede de drenagem ponderada pela produção de ovos e larvas na bacia do rio Taquari. 61
Figura 14 – Cenário de blocos de empreendimentos hidrelétricos com menos impacto no índice de conectividade dendrítica ponderado na bacia do Taquari 62
Figura 15 - Localização de usinas hidrelétricas previstas no inventário e de obstáculos naturais relevantes para a migração de peixes na bacia do rio Negro. (triângulos pretos indicam a localização das sete usinas previstas, círculos coloridos indicam a presença de obstáculos naturais, com probabilidade de passagem de acordo com a legenda). 63
Figura 16 - Rede de drenagem da bacia do rio Apa, destacando o rio Perdido e as usinas hidrelétricas identificadas no inventário (pontos amarelos). 64
Figura 17 - Áreas não estratégicas e áreas estratégicas com reduzido impacto no índice de conectividade dendrítica. 66
Figura 18 - Áreas de pesca, colônias e os empreendimentos hidrelétricos na RH-Paraguai. 69
Figura 19 - Síntese dos principais resultados da pesca profissional artesanal. 70
Figura 20 - Tela inicial desenvolvida para o "Sistema de Monitoramento da Pesca Artesanal da RH-Paraguai". 70
Figura 21 - Captura por espécie na Região Hidrográfica do Paraguai. 72
Figura 22 - Municípios amostrados para estudo da pesca difusa e número de questionários realizados na RH-Paraguai 78
Figura 23 - Espacialização da pesca profissional da RH-Paraguai 85
Figura 24 - Espacialização da pesca difusa na RH-Paraguai. 86

Figura 25 - Espacialização do turismo de pesca na RH-Paraguai 87
Figura 26 - Potencial de alteração no regime hidrológico sub-diário na RH-Paraguai. 91
Figura 27 - Potencial de Alteração no transporte de sedimentos e nutrientes na RH-Paraguai. ... 96
Figura 28 - Zoneamento quanto ao conflito de uso proposto para a RH-Paraguai. 100

(Obs – Em cada Anexo estão as figuras relativas à Sub-bacia tratada no respectivo Anexo)

LISTA DE TABELAS DO RESUMO EXECUTIVO

Tabela 1 - Classificação das alterações de qualidade de água. 28
Tabela 2 - Cenários relevantes identificados com base nos resultados do índice de conectividade e de potência instalada na bacia do Alto Paraguai. 45
Tabela 3 - Cenários relevantes identificados com base nos resultados do índice de conectividade e de potência instalada na bacia do rio Cuiabá. 49
Tabela 4 - Cenários relevantes identificados com base nos resultados do índice de conectividade e de potência instalada na bacia do rio São Lourenço..... 53
Tabela 5 - Cenários relevantes identificados com base nos resultados do índice de conectividade e de potência instalada na bacia dos rios Correntes e Piquiri 56
Tabela 6 - Cenários relevantes identificados com base nos resultados do índice de conectividade e de potência instalada na bacia do rio Taquari 59
Tabela 7 - Renda anual (R$), coeficiente de variação (%), número de pescadores (NP) e renda média anual por pescador (RMAP) por Colônia a partir do preço de primeira comercialização em 2018 74
Tabela 8 - Valor socioeconômico por regiões de integração 75
Tabela 9 - Síntese de meios de hospedagem entrevistados: fluxo turístico, renda e emprego dos estabelecimentos nos municípios de MT, 2018..... 82
Tabela 10 - Síntese de meios de hospedagem entrevistados: fluxo turístico, renda e emprego dos estabelecimentos nos municípios de MS, 2018. 83
Tabela 11 - EHs em operação segundo classes de alteração no fluxo de constituintes. 93
Tabela 12 - Classificação dos empreendimentos (número e potência) em áreas não estratégicas e com conflito regional e/ou local, em rios de domínio da União e dos Estados na RH-Paraguai. ... 98

Obs. – Em cada Anexo estão as tabelas relativas à Sub-bacia tratada no respectivo Anexo)

SUMÁRIO DO RESUMO EXECUTIVO E DOS ANEXOS

AS ILUSTRAÇÕES, TABELAS E GRÁFICOS SEM INDICAÇÃO DE FONTE FORAM ELABORADOS PELA ANA 4

INFORMAÇÕES, CRÍTICAS, SUGESTÕES, CORREÇÕES DE DADOS: CEDOC@ANA.GOV.BR 4

DISPONÍVEL TAMBÉM EM: HTTPS://WWW.GOV.BR/ANA/PT-BR 4

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS. 4

É PERMITIDA A REPRODUÇÃO DE DADOS E DE INFORMAÇÕES CONTIDOS NESTA PUBLICAÇÃO, DESDE QUE CITADA A FONTE. 4

APRESENTAÇÃO 11

LISTA DE FIGURAS DO 13

RESUMO EXECUTVO 13

LISTA DE TABELAS DO 15

RESUMO EXECUTIVO 15

SUMÁRIO DO RESUMO EXECUTIVO E DOS ANEXOS 16

INTRODUÇÃO 20

1. ESTUDOS DE AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DA IMPLANTAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS NA RH-PARAGUAI 23

2. RESUMO DAS METODOLOGIAS UTILIZADAS 26

2.1 LEVANTAMENTOS HIDROLÓGICOS E SEDIMENTOLÓGICOS 26
2.2 QUALIDADE DA ÁGUA E HIDROSSEDIMENTOLOGIA 27
2.3 ICITIOFAUNA: ICTIODIVERSIDADE, PESCA EXPERIMENTAL E ICTIOPLÂNCTON 28
2.4 PESCA PROFISSIONAL ARTESANAL, TURISMO DE PESCA E PESCA DIFUSA 29
2.5 ANÁLISE DE CONECTIVIDADE E FRAGMENTAÇÃO FLUVIAL 31

3. ANÁLISE INTEGRADA 34

3.1 MANUTENÇÃO DO ESTOQUE PESQUEIRO 36
3.2 ANÁLISE DE CONECTIVIDADE FLUVIAL 44
3.2.1 Análise De Conectividade Na Região Do Alto Paraguai *44*
3.2.2 Análise De Conectividade Na Bacia Do Rio Cuiabá *49*
3.2.3 Análise De Conectividade Na Bacia Do Rio São Lourenço *50*
3.2.4 Análise De Conectividade Na Bacia Dos Rios Correntes E Piquiri *56*
3.2.5 Análise De Conectividade Na Bacia Do Rio Taquari *59*
3.2.6 Análise De Conectividade Na Bacia Do Rio Negro *63*
3.2.7 Análise Simplificada De Conectividade Na Bacia Do Rio Apa *64*
3.2.8 Síntese Da Análise Da Conectividade *65*
3.3 PESCA PROFISSIONAL ARTESANAL, PESCA DIFUSA E TURISMO DE PESCA 67
3.3.1 Pesca Profissional Artesanal *67*
3.3.2 Pesca Difusa *74*
3.3.3 Turismo de Pesca *79*
3.3.4 Síntese Da Pesca e Locais De Ocorrência *83*
3.4 HIDROLOGIA E QUALIDADE DE ÁGUA 88

3.4.1 Alterações Hidrológicas *88*
3.4.2 Qualidade De Água E Hidrossedimentologia *92*
3.5 Resultados Finais da Análise Integrada 97

4. TECNOLOGIAS PARA PASSAGEM DE PEIXES 101

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS 104

5.1 Revisão das metodologias de classificação de áreas 104
5.2 Incorporação dos Resultados nas Análises de DRDHs ou Outorga em rios de domínio da União na RH-Paraguai 104
5.3 Atualização do PRH Paraguai no âmbito do CNRH 105
5.4 Considerações para o licenciamento estadual e federal 106
5.5 Articulação com a Política Energética 106
5.6 Promoção e manutenção dos usos múltiplos 107

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 108

ANEXO 1 - SÍNTESE DOS RESULTADOS PARA A REGIÃO DO ALTO RIO PARAGUAI 2

Localização dos empreendimentos hidrelétricos 2
Ictiofauna/Ictioplâncton 2
Análise de conectividade 8
Cenários de construção de barragens *9*
Fator ponderador da rede de drenagem *10*
Resultados da análise de fragmentação da rede fluvial *12*
Pesca Profissional Artesanal 16
Pesca Difusa 19
Alterações no regime hidrológico 21
Avaliação de alterações do regime sazonal *21*
Avaliação de alterações do regime sub-diário *21*
Estudos de qualidade da água e hidrossedimentologia 24
Cabeceiras do rio Paraguai e seus tributários rios Santana e São Francisco de Paula *24*
Rios Sepotuba e tributários (Maracanã, Sapo, Formoso, Juba e Jubinha) *26*
Rios Cabaçal e Vermelho *27*
Rio Jauru *28*
Possíveis implicações das alterações de qualidade de água para os usos múltiplos da água 28
Zoneamento proposto 30

ANEXO 2 - SÍNTESE DOS RESULTADOS PARA A SUB-BACIA DO RIO CUIABÁ 2

Localização dos empreendimentos hidrelétricos 2
Ictiofauna/Ictioplâncton 2
Análise de conectividade na bacia do rio Cuiabá 6
Cenários de construção de barragens *7*
Fator ponderador da rede de drenagem *8*
Resultados da análise de fragmentação da rede fluvial *9*
Pesca Profissional Artesanal 13
Pesca Difusa 13
Turismo de pesca 13
Alterações no regime hidrológico 16
Avaliação de alterações do regime sazonal *16*
Avaliação de alterações do regime sub-diário *16*
Estudos de qualidade da água e hidrossedimentologia 19
Possíveis implicações das alterações de qualidade de água para os usos múltiplos da água 20
Zoneamento proposto 22

ANEXO 3 - SÍNTESE DOS RESULTADOS PARA A SUB-BACIA DO RIO SÃO LOURENÇO 2

Localização dos empreendimentos hidrelétricos 2

ICTIOPLÂNCTON/ICTIOPLÂNCTON 2
ANÁLISE DE CONECTIVIDADE 8
Cenários de construção de barragens *9*
Fator ponderador da rede de drenagem *9*
Resultados da análise de fragmentação da rede fluvial *11*
PESCA PROFISSIONAL ARTESANAL 14
PESCA DIFUSA 14
TURISMO DE PESCA 14
ALTERAÇÕES NO REGIME HIDROLÓGICO 15
Avaliação de alterações do regime sazonal *15*
Avaliação de alterações do regime sub-diário *15*
ESTUDOS DE QUALIDADE DA ÁGUA E HIDROSSEDIMENTOLOGIA 20
POSSÍVEIS IMPLICAÇÕES DAS ALTERAÇÕES DE QUALIDADE DE ÁGUA PARA OS USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA 22
ZONEAMENTO PROPOSTO 24

ANEXO 4 - SÍNTESE DOS RESULTADOS PARA A SUB-BACIA DOS RIOS CORRENTES/PIQUIRI 2

LOCALIZAÇÃO DOS EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS 2
ICTIOFAUNA/ICTIOPLÂNCTON 2
ANÁLISE DE CONECTIVIDADE NA BACIA DO RIO PIQUIRI 8
Cenários de construção de barragens *8*
Fator ponderador da rede de drenagem *9*
Resultados da análise de fragmentação da rede fluvial *10*
PESCA PROFISSIONAL ARTESANAL 13
PESCA DIFUSA 14
AVALIAÇÃO DE ALTERAÇÕES NO REGIME HIDROLÓGICO 14
Avaliação de alterações do regime sazonal *14*
Avaliação de alterações do regime sub-diário *14*
ESTUDOS QUALIDADE DA ÁGUA E HIDROSSEDIMENTOLOGIA 19
POSSÍVEIS IMPLICAÇÕES DAS ALTERAÇÕES DE QUALIDADE DE ÁGUA PARA OS USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA 20
ZONEAMENTO PROPOSTO 22

ANEXO 5 - SÍNTESE DOS RESULTADOS PARA A SUB-BACIA DO RIO TAQUARI 2

LOCALIZAÇÃO DOS EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS 2
ICTIOFAUNA/ICTIOPLÂNCTON 2
ANÁLISE DE CONECTIVIDADE NA BACIA DO RIO TAQUARI 8
Cenários de construção de barragens *9*
Fator ponderador da rede de drenagem *10*
Resultados da análise de fragmentação da rede fluvial *11*
PESCA PROFISSIONAL ARTESANAL 16
PESCA DIFUSA 17
TURISMO DE PESCA 17
AVALIAÇÃO DE ALTERAÇÕES NO REGIME HIDROLÓGICO 20
Avaliação de alterações do regime sazonal *20*
Avaliação de alterações do regime sub-diário *20*
ESTUDOS DE QUALIDADE DA ÁGUA E HIDROSSEDIMENTOLOGIA 23
POSSÍVEIS IMPLICAÇÕES DAS ALTERAÇÕES DE QUALIDADE DE ÁGUA PARA OS USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA 25
ZONEAMENTO PROPOSTO 27

ANEXO 6 - SÍNTESE DOS RESULTADOS PARA A SUB-BACIA DO RIO NEGRO 2

LOCALIZAÇÃO DOS EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS 2
ICTIOFAUNA/ICTIOPLÂNCTON 2
ANÁLISE DE CONECTIVIDADE NA BACIA DO RIO NEGRO 8
A rede de drenagem, barragens já existentes e os obstáculos naturais *8*
Dados de coleta de ovos e larvas *9*
Análise simplificada de cenários *11*

ALTERAÇÕES NO REGIME HIDROLÓGICO 12
Avaliação de alterações do regime sazonal *12*
Avaliação de alterações do regime sub-diário *12*
AVALIAÇÃO DA ALTERAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA 15
POSSÍVEIS IMPLICAÇÕES DAS ALTERAÇÕES DE QUALIDADE DE ÁGUA PARA OS USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA 16
ZONEAMENTO PROPOSTO 18

ANEXO 7- SÍNTESE DOS RESULTADOS PARA A SUB-BACIA DO RIO APA 2

LOCALIZAÇÃO DOS EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS 2
ICTIOFAUNA/ICTIOPLÂNCTON 2
ANÁLISE DE CONECTIVIDADE NA BACIA DO RIO APA 8
PESCA PROFISSIONAL ARTESANAL 9
PESCA DIFUSA 9
ALTERAÇÕES NO REGIME HIDROLÓGICO 12
Avaliação de alterações do regime sazonal *12*
Avaliação de alterações do regime sub-diário *12*
ZONEAMENTO PROPOSTO 15

ANEXO 8 - RELAÇÃO DE PARTICIPANTES DO PROJETO 2

FUNDAÇÃO ELISEU ALVES 2
ESTUDOS HIDROLÓGICOS 3
REGIME HIDROLÓGICO 3
CONECTIVIDADE 3
PADRÕES ESPAÇO-TEMPORAIS DAS INUNDAÇÕES DO PANTANAL 3
CONEXÃO LATERAL RIO-PLANÍCIE NO PANTANAL 4
QUALIDADE DA ÁGUA E HIDROSSEDIMENTOLOGIA 4
ESTATÍSTICA PESQUEIRA, ICTIOFAUNA E ICTIOPLÂNCTON 5
ESTATÍSTICA PESQUEIRA 5
ICTIOFAUNA E ICTIOPLÂNCTON 7
SOCIOECONOMIA E ENERGIA 11
CADEIA PRODUTIVA DE PESCA 11

INTRODUÇÃO

O Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica do Paraguai (PRH Paraguai), aprovado pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) em sua 40ª Reunião Extraordinária, realizada em 08 de março de 2018, por meio da Resolução CNRH nº 196, de 08 de março de 2018, publicada no Diário Oficial da União em 19 de julho de 2018, dispôs, dentre as diretrizes para outorga de direito de uso de recursos hídricos, que os pedidos de Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica (DRDH) ou Outorgas para novos aproveitamentos hidrelétricos na Região Hidrográfica do Paraguai (RH-Paraguai) deveriam aguardar, para a conclusão de suas análises, os resultados dos Estudos de avaliação dos efeitos da implantação de empreendimentos hidrelétricos na RH-Paraguai, de forma a poder incorporar seus resultados.

Os estudos foram concebidos no contexto de elaboração do PRH Paraguai, e para apoiar o desenvolvimento dos mesmos, a ANA contratou em novembro de 2016 a Fundação Eliseu Alves, com vistas a apresentar a classificação das áreas de maior e menor interesse para a manutenção dos estoques pesqueiros e, consequentemente, de conflito com o uso pré-existente da pesca (pesca profissional, pesca difusa e turismo de pesca).

O referido plano também dispôs que deveria se promover a revisão dos procedimentos e metodologias de análise de outorgas para aproveitamentos hidrelétricos tão logo os resultados consolidados dos referidos estudos estivessem disponíveis para sub-bacias hidrográficas específicas, e incorporar tais resultados junto aos procedimentos e critérios de outorga.

Na sequência, considerando as referidas diretrizes no PRH Paraguai, a Resolução ANA nº 64, de 04 de setembro de 2018, sobrestou os processos referentes aos requerimentos de DRDHs e de Outorgas de direito de uso de recursos hídricos para novos aproveitamentos hidrelétricos em rios de domínio da União na RH-Paraguai, até 31 de maio de 2020, data de conclusão dos estudos de avaliação dos impactos. A resolução também estabeleceu que, após aprovação dos estudos indicados no PRH-Paraguai pela ANA, os procedimentos e as metodologias de análise de DRDHs e outorgas de direito de uso de recursos hídricos poderiam ser revisados para estabelecer novos critérios aplicáveis aos requerimentos sobrestados.

À medida que resultados foram sendo consolidados para sub-bacias específicas, foi possível liberar do sobrestamento algumas áreas em que não se comprovara conflito com a atividade de pesca. Para tal foram elaboradas notas técnicas e emitidas resoluções pela ANA. Nesse sentido, em novembro de 2019 foi elaborada a Nota Técnica Conjunta Nº 3/2019/SPR/SRE, que analisou os resultados desses estudos para as Unidades de Planejamento e Gestão (UPG) do Estado do Mato Grosso P-1 Jauru, P-2 Alto Paraguai Médio e P-3 Alto Paraguai Superior. A referida Nota Técnica subsidiou a emissão da Resolução

ANA nº 99/2019, que liberou do sobrestamento os processos de novos empreendimentos na área do rio Santana, de domínio da União.

Em dezembro de 2019 foi elaborada a Nota Técnica Conjunta Nº 4/2019/SPR/SRE que analisou os resultados desses estudos para a UPG do Estado do Mato Grosso P6 Correntes-Taquari e a UPG do Estado do Mato Grosso do Sul II.1 - Correntes. A referida Nota Técnica subsidiou a emissão da Resolução ANA Nº 2/2020, que liberou do sobrestamento os processos de novos empreendimentos na área da bacia do rio Correntes, de domínio da União, a montante do empreendimento hidrelétrico Aquarius, localizado entre os municípios de Sonora/MS e Itiquira/MT.

Em março de 2020 a Nota Técnica Conjunta Nº 01/2020/SPR/SRE analisou os resultados desses estudos das UPG do Estado do Mato Grosso P4 - Alto Rio Cuiabá (analisada conjuntamente com a sub-bacia do rio Mutum - P7 Paraguai-Pantanal) e P5 - São Lourenço. A referida Nota Técnica subsidiou a emissão da Resolução ANA Nº 23/2020, que liberou do sobrestamento os processos de novos empreendimentos na área da bacia do rio Manso, de domínio da União, a montante do empreendimento hidrelétrico Manso, localizado no município da Chapada dos Guimarães/MT.

Os resultados obtidos no projeto, mesmo que parciais, após análise crítica e consolidação da ANA, foram apresentados, entre 2018 e 2020, ao Grupo de Acompanhamento do PRH Paraguai (GAP), instância criada pelo CNRH, na forma de relatórios temáticos de andamento para as devidas contribuições, conforme procedimento e cronograma acordados com o Grupo. Importante ressaltar a visão multidisciplinar das equipes de pesquisa envolvidas, que contribuiu para a construção da visão integrada da ANA sobre os efeitos da implantação de empreendimentos hidrelétricos na RH do Rio Paraguai. Os relatórios finais temáticos e de integração podem ser encontrados na página eletrônica da ANA[1].

Em 27 de maio de 2020 foi realizado um Workshop, utilizando-se a plataforma de videoconferência Teams, sobre análise integrada dos estudos de avaliação dos efeitos da implantação de empreendimentos hidrelétricos na RH-Paraguai, organizado pela Fundação Eliseu Alves, em parceria com a ANA. Participaram em torno de 60 profissionais, incluindo equipe da ANA, equipe técnica do projeto, membros do conselho consultivo (grupo de profissionais convidado a acompanhar e contribuir com o projeto), dirigentes da FEA, dirigentes e equipe dos Estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Esse Workshop era uma das atividades previstas no âmbito do Contrato Nº 062/2016/ANA.

[1] https://www.ana.gov.br/gestao-da-agua/planejamento-dos-recursos-hidricos/plano-de-recursos-hidricos-rio-paraguai/estudos-de-avaliacao-dos-efeitos-da-implantacao-de-empreendimentos-hidreletricos/estudos-de-avaliacao-dos-efeitos-da-implantacao-de-empreendimentos-hidrelétricos

Nesse evento foram realizadas apresentações técnicas sobre os resultados do estudo nos seus eixos temáticos de Ictiofauna e Estatística Pesqueira, Qualidade de Água e Sedimentologia, Socioeconomia e Energia, Hidrologia e Conectividade Fluvial. Na sequência foi apresentada a metodologia de análise integrada, seguida de debate.

Este Resumo Executivo visa a apresentar os resultados finais da análise integrada dos efeitos da implantação de barragens para aproveitamentos hidrelétricos sobre usos pré-existentes da água na RH-Paraguai, que resultaram no zoneamento **das áreas estratégicas e não estratégicas** para a manutenção dos estoques pesqueiros na RH Paraguai.

1. ESTUDOS DE AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DA IMPLANTAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS NA RH-PARAGUAI

A pesca em suas diversas modalidades (pesca profissional, pesca difusa e turismo de pesca) é um uso não consuntivo da água expressivo na RH-Paraguai. Essa pesca tem por base peixes com características migratórias e que, portanto, necessitam percorrer longas distâncias, desde sua porção de planície até a região de planalto de forma a realizar a sua desova, bem como fazer o caminho inverso, com a deriva de ovos e larvas, permitindo a maturação dos indivíduos até chegarem aos locais de alimentação. A implantação de barramentos em trechos de relevante migração e desova pode influenciar a manutenção das populações de peixes, uma vez que pode interromper ciclos migratórios para reprodução e, com isso, afetar de forma direta a economia da região.

Com esses conceitos de inter-relação entre aspectos físicos, bióticos, sociais e econômicos, foram definidas as temáticas consideradas nesses estudos, que têm relação com as metas estabelecidas no PRH Paraguai:

- **Estudos hidrológicos e sedimentológicos**: visam avaliar o impacto da operação de barragens sobre o regime hidrológico, o padrão espaço-temporal de inundações na região do Pantanal, e a conectividade dos rios como indicador de fragmentação de habitats (Meta C.5.1);

- **Estudos de qualidade da água e hidrossedimentologia**: visam a prever alterações nos fluxos de sedimentos, nutrientes e outros constituintes importantes para o funcionamento dos ecossistemas decorrentes da instalação dos EHs previstos na RH-Paraguai com base nos impactos gerados pelos empreendimentos em operação (Meta C.5.2);

- **Estudos de ictiofauna, ictioplâncton e estatística pesqueira**: visam a avaliar os efeitos da implantação de empreendimentos hidrelétricos sobre a ictiofauna da RH-Paraguai, avaliando o impacto sobre as populações de peixes e, por consequência, fornecer subsídios para a avaliação dos potenciais impactos socioeconômicos sobre as atividades da pesca artesanal e sobre as atividades de turismo, relacionadas direta ou indiretamente à pesca e ao ecoturismo (Meta C.5.3);

- **Estudos socioeconômicos e de energia**: visam a analisar, nas sub-bacias selecionadas, os empreendimentos hidrelétricos pela ótica dos impactos que poderão causar em variáveis sociais e econômicas vinculadas à atividade pesqueira, representada pela cadeia produtiva das comunidades ribeirinhas e colônias pesqueiras e pelas atividades de turismo vinculadas direta ou indiretamente à pesca e ao ecoturismo (Meta C.5.4);

- **Análise integrada dos estudos**: visa a avaliar as interdependências entre as variáveis observadas nos demais estudos e fazer o cruzamento espacial dos indicadores obtidos de forma a caracterizar potenciais conflitos associados aos recursos hídricos que a instalação de empreendimentos hidrelétricos na região poderia vir a gerar (Meta C.5.5).

Os resultados temáticos produzidos nos estudos foram analisados de maneira integrada visando à definição de um zoneamento para a RH-Paraguai quanto às áreas estratégicas para manutenção dos estoques pesqueiros, que suportam as atividades econômicas de turismo de pesca, pesca profissional artesanal e pesca difusa (áreas com conflito de uso). Os resultados temáticos por bacia, como apresentados no âmbito do Contrato ANA/FEA, encontram-se sistematizados e resumidos nos Anexos 1 a 7

- Anexo 1- Região do Alto Paraguai;
- Anexo 2 - Sub-Bacia do rio Cuiabá;
- Anexo 3 - Sub-Bacia do rio São Lourenço;
- Anexo 4 - Sub-Bacia do rio Correntes-Piquiri;
- Anexo 5 – Sub-Bacia do rio Taquari;
- Anexo 6 - Sub-Bacia do rio Negro;
- Anexo 7 - Sub-Bacia do rio Apa.

A Figura 1 apresenta as Unidades de Planejamento e Gestão (UPG) da RH-Paraguai, bem como a localização dos empreendimentos hidrelétricos conforme inventário de março de 2017.

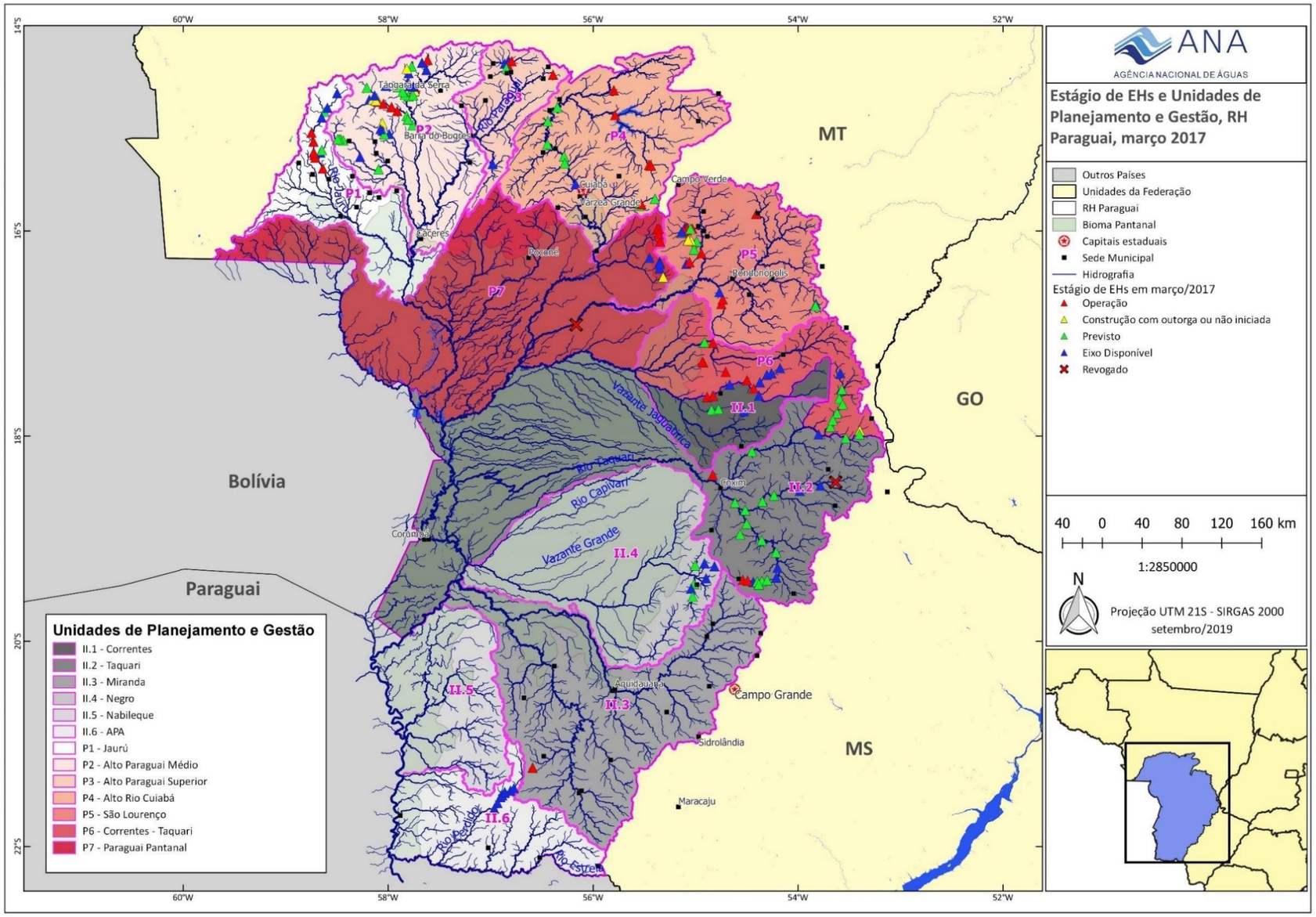


Figura 1 - Unidades de Planejamento e Gestão da RH-Paraguai e localização dos empreendimentos hidrelétricos (ref. inventário de março de 2017).

2. RESUMO DAS METODOLOGIAS UTILIZADAS

Para cada um dos temas, foram previstas e executadas várias atividades, incluindo levantamento bibliográfico e de dados secundários disponíveis para a região, delineamento experimental, coleta de dados primários, tratamento e análise dos dados. Os itens a seguir sintetizam o detalhamento metodológico dos temas cujos resultados são apresentados nesse Resumo Executivo e serviram de base para a análise integrada.

2.1 Levantamentos Hidrológicos e Sedimentológicos

Os estudos hidrológicos foram realizados com o objetivo de analisar potenciais alterações do regime dos rios em função da construção e operação de usinas hidrelétricas. A metodologia utilizada para avaliar essas alterações envolveu a utilização de modelos de simulação hidrológica e hidrodinâmica, o cálculo de indicadores estatísticos e outros procedimentos. Foram reunidos dados disponibilizados por diversos órgãos, como ANA, Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço dos EUA (*National Aeronautics and Space Administration* - NASA), bem como dados observados em postos fluviométricos localizados na RH-Paraguai. Dados primários foram coletados em campo para as análises de hidrologia de alta frequência. Observou-se que alterações provocadas pelas usinas no regime sub-diário de vazões dos rios podem impactar o uso pré-existente da pesca devido às oscilações frequentes no nível da água.

Com o intuito de avaliar o padrão espaço-temporal da dinâmica de inundações no Pantanal e suas implicações na disponibilidade de *habitats para* o desenvolvimento dos peixes, foram analisadas e processadas séries temporais de imagens de satélite, as quais foram integradas com dados hidrológicos e climatológicos tradicionais. Assim, foi possível o entendimento do padrão das inundações, questão estratégica para a utilização do Pantanal. As variações sazonais das condições hidrológicas formam planícies distintas quanto à duração e ao nível das inundações. As áreas da planície que apresentam maior variabilidade dos dados de inundação são ambientes propícios para o desenvolvimento dos indivíduos jovens de peixes que derivam de montante.

Os pormenores dessas metodologias estão descritos e disponíveis nos relatórios de diagnóstico finais de hidrologia, disponíveis na página dos estudos, no site da ANA.

2.2 Qualidade da Água e Hidrossedimentologia

Para avaliar o efeito dos barramentos sobre o aporte de sedimentos e nutrientes para o Pantanal foram estabelecidas as seguintes etapas: análise dos dados de qualidade de água e hidrossedimentologia existentes e coleta de novos dados; estimativa das taxas de variação, a partir da análise comparativa de dados a montante e a jusante dos empreendimentos em operação; definição de modelos de previsão para os cenários de mudança do transporte devido aos barramentos, considerando a implantação de todos os reservatórios, em escala de trecho de rio ou sub-bacia.

Para o estudo foram coletados novos dados nos rios com empreendimentos hidrelétricos (EHs) em operação e previstos. Também foram utilizados dados apresentados em estudos de impacto ambiental de empreendimentos hidrelétricos já instalados e em fase de projeto elaborados pelos empreendedores e disponíveis nas Secretarias de Meio Ambiente e Recursos Hídricos dos Estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, além de estudos técnico-científicos.

Foram estudadas as alterações no transporte de materiais particulados e dissolvidos na água provocadas por 36 EHs em operação, dentre os quais quatro são usinas hidrelétricas (UHE), com potência acima de 30 MW. Esses EHs estão localizados nos principais tributários da RH-Paraguai, como os rios Jauru, São Lourenço, Correntes e Itiquira e afluentes menores, como rios Maracanã, Juba, Sapo, Santana, Arica, Tenente Amaral, Ibó, Saia Branca, Ribeirão Ponte de Pedra, dentre outros. Quando disponíveis, informações sobre características importantes tais como volume, área inundada, estruturas de operação (como desarenadores), posição da tomada d'água foram levadas em consideração nas análises das taxas de variação.

Esse conjunto de dados foi utilizado para construir um modelo de Rede Neural Artificial (RNA) e prever os impactos de novos empreendimentos nas bacias estudadas. A modelagem com RNA foi feita de forma individualizada para cada EH, sendo o efeito acumulativo analisado no exutório das principais bacias. Os dados de entrada no modelo foram: tipo de solo, classe de uso e ocupação do solo, produção de sedimentos para cada microbacia estimadas com um modelo SWAT e a taxa de variação entre montante e jusante para cada parâmetro analisado. As saídas do modelo são as taxas de alteração a jusante dos EHs em termos percentuais. No modelo foram analisados os seguintes parâmetros: cargas de sedimento em suspensão (QST), fosforo total (PT), nitrogênio total (NT) em suspensão e no leito, carbono orgânico particulado (COP) em suspensão e carbono total (CT) no leito.

Essas taxas foram parametrizadas e classificadas como alta, média ou baixa conforme Tabela 1. A classificação abaixo foi definida tomando por referência

as variações no fluxo dos constituintes da água observadas nesse projeto e em estudos técnicos-científicos, alguns conduzidos na própria RH-Paraguai.

Tabela 1 - Classificação das alterações de qualidade de água.

Critéri	Sedimentos, solutos dissolvidos, fósforo, carbono (%)	Nitrogênio
Baixo	0-10	0-15
Médi	10-20	15-25

Ressalta-se que as informações detalhadas sobre as metodologias utilizadas para avaliar o efeito dos barramentos em operação na turbidez da água e no transporte de sedimentos e nutrientes dos rios estão descritas no Relatório de Diagnóstico Final de Qualidade de Água, disponível na página dos estudos, no site da ANA.

2.3 Ictiofauna: Ictiodiversidade, Pesca Experimental e Ictioplâncton.

A abundância dos organismos capturados nas redes de plâncton foi padronizada para um volume de 10m³ de água filtrada, utilizando-se a expressão: Y=(X/V).10, onde: Y = Densidade de organismos/10m^3; X = Número de organismos capturados; V = Volume de água filtrada (m^3). Para o cálculo do volume de água filtrada foi utilizada a expressão: V= a.n.c; onde: V = Volume de água filtrada (m^3); a = Área da boca da rede (m^2); n = Número de rotações do fluxômetro; c = Fator de calibração do fluxômetro.

Após essa padronização, as abundâncias foram transformadas para fluxo de ovos ou larvas/dia, a partir dos dados de vazão de cada corpo hídrico. Para isso, primeiramente foi estimada, a partir dos dados do fluxômetro, a velocidade da água (Ve) (m/s) no momento da coleta por meio da seguinte expressão: Ve = ((D*26873)/999999)/t, onde: D = diferença entre o fluxo inicial e final (medidos no fluxômetro) e t = tempo de exposição da rede. Demais valores são constantes. Posteriormente, essa variável foi transformada em km/h (1 m/s = 3,6 km/h). Em posse destes dados a equipe de Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IPH/UFRGS) fez a estimativa da vazão para cada amostragem realizada.

A vazão nos pontos amostrais foi estimada através do modelo hidrológico MGB (Modelo Hidrológico de Grandes Bacias), um modelo distribuído (ou semi-distribuído) voltado para aplicações em grandes bacias hidrográficas com as típicas condições de disponibilidade de dados encontradas no Brasil.

Assim, com as vazões calculadas pelo modelo e com os dados de densidade de ovos e larvas coletados, foi possível calcular o fluxo destes indivíduos em cada coleta. A partir destas informações, mapas da área de estudo foram gerados indicando os fluxos médios de ovos e larvas, separadamente, em cada

ponto amostral da RH-Paraguai, a fim de fornecer uma noção visual da distribuição geográfica do ictioplâncton.

As informações detalhadas sobre a metodologia geral utilizada no levantamento e identificação da Ictiofauna desse estudo estão disponíveis no Relatório de Diagnóstico Final de Ictiofauna, Ictioplâncton e Pesca, disponível na página dos estudos, no site da ANA.

2.4 Pesca Profissional Artesanal, Turismo De Pesca e Pesca Difusa.

Os estudos socioeconômicos relacionados à pesca buscaram uma caracterização desse uso não consuntivo de desenvolvimento histórico na RH-Paraguai. Esse uso pré-existente da água é pouco sensível aos parâmetros tradicionais de avaliação dos usos múltiplos. Indicadores de massa salarial, fluxo de turistas, número de pescadores e de colônias de pesca, número de empregados e renda direta e indireta foram levantados para caracterizar a relevância local e regional desse setor usuário. Em conjunto, foram detalhados os trechos de rio onde a pesca ocorre de forma relevante em toda a RH-Paraguai.

Não foram objeto de análise a valoração econômica dos impactos ecológicos e da perda do amplo conjunto de serviços culturais e ecossistêmicos a serem afetados pela instalação de aproveitamentos hidrelétricos – elementos de análise do licenciamento ambiental. Tratou-se de caracterizar o uso pré-existente pesca, considerado em seus três segmentos: pesca profissional artesanal, pesca turística (ou turismo de pesca) e pesca difusa.

A **Pesca Profissional Artesanal** consiste naquela praticada por pescadores que exercem a atividade da pesca legalmente com finalidade profissional comercial e associados a Colônias de Pesca ou Associações de Pesca. O levantamento e a análise de dados ocorrem de forma conjunta entre as equipes de socioeconomia e ictiofauna. O levantamento da produção, da captura por unidade de esforço (CPUE), bem como da renda dos pescadores e outras informações relevantes, foi realizado a partir de estatísticas pesqueiras, efetuando-se coleta de dados primários obtidos por meio de informações coletadas sobre os desembarques pesqueiros selecionados probabilisticamente para fazer parte da amostra (definição do plano amostral). Para tanto, foi utilizada uma adaptação da "Metodologia Estatística da Pesca: pesca embarcada" (Lima-Green & Moreira, 2012) desenvolvida por técnicos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e utilizada por diversas instituições em estudos de pesca como a Fundação Universidade Federal do Rio Grande (FURG) no Boletim Estatístico da Pesca e a Fundação Instituto de Pesca do Rio de Janeiro (FIPERJ) nos Projetos de Monitoramento da Atividade Pesqueira (PMAPs) Rio e Norte Fluminense. Ao todo, foram monitorados 876 pescadores que realizaram 21.754 pescarias. Especialmente concebido para gerenciar os dados coletados neste estudo, foi desenvolvido pela Embrapa Pantanal o

aplicativo "Sistema de Monitoramento da Pesca Artesanal da RH-Paraguai – SIMPA".

Dados complementares sobre o perfil socioeconômico, sobre a percepção de impactos sobre a pesca ao longo do tempo e sobre o perfil das demais atividades e fontes de renda familiares foram obtidos com a aplicação de 653 questionários adicionais em 18 municípios da RH com colônias de pesca.

O segundo segmento analisado – a **Pesca Turística ou Turismo de Pesca** – consiste no ramo de turismo movimentado em virtude do fluxo de turistas com a finalidade específica ou combinada com a pesca. A metodologia é composta de dois segmentos. O primeiro consiste na consulta documental, compreendendo documentos oficiais, artigos e livros, mas também material obtido em sites e em visitas aos órgãos públicos federal, estaduais e municipais. O segundo trata do trabalho de campo, dividido em três tipos de atividades: i) observação direta, objeto de relatórios dos pesquisadores; ii) *survey,* aplicação de questionários junto a determinados segmentos sociais, e; iii) entrevistas, com atores chaves locais.

A pesca turística na RH-Paraguai tem parte significativa de seu valor atrelada aos meios de hospedagem, que desempenham vários papeis, tais como: o de agências (muitos dos meios de hospedagem têm site e meios próprios de agenciamento), de receptivos (transportando os turistas do aeroporto ao meio de hospedagem), além de fornecerem alimentação, barcos, combustível, guias (pilotos) e iscas aos seus hóspedes. Adicionalmente, o estudo buscou caracterizar elementos complementares da cadeia de valor da pesca com distribuidores, lojas de materiais de pesca, restaurantes e bares. Ao todo, foram aplicados questionários em 142 meios de hospedagem, 81 bares e restaurantes e 72 lojas de materiais de pesca.

O terceiro segmento, a **Pesca Difusa ou Pesca Amadora** praticada pelos habitantes locais, compreende a atividade de pesca realizada por moradores da região que não são pescadores profissionais. Ou seja, toda a pesca realizada pelos cidadãos locais em geral. Embora possa ser caracterizada em dois subsegmentos (pesca de subsistência e pesca esportiva), muitos a praticam com ambos os propósitos, ou seja, com a finalidade de fonte complementar ou principal de proteína e com finalidade esportiva e/ou de lazer.

A pesquisa foi conduzida com a aplicação de um *survey*, com a amostra definida por cluster em dois estágios, sendo estratificado no primeiro estágio. Foram aplicados um total de 4.274 questionários. O grau de confiança é de 95%. A aplicação dos questionários foi feita por Seleção Sistemática em Pontos Específicos, nas sedes municipais. Para cada cidade foi feito um plano de aplicação de questionários segundo os pontos mais representativos, em virtude do fluxo de cidadãos (como rodoviárias, terminais urbanos, shoppings, lojas, supermercados, praças, ruas do centro da cidade e de bairros distantes, locais de concentração à noite etc.), tanto em quantidade quanto em variedade dos perfis. Nesses pontos os entrevistados eram abordados por procedimento aleatório.

Outras informações sobre o desenvolvimento e a aplicação da metodologia utilizada na caracterização dos segmentos de pesca estão descritas no Relatório de Diagnóstico Final de Socioeconomia e Energia, disponível na página dos estudos, no site da ANA.

2.5 Análise De Conectividade e Fragmentação Fluvial

Na concepção dos estudos, a análise integrada seria realizada por meio de metodologia de análise multicritério, no intuito de se delinear o conjunto de variáveis e indicadores que seriam quantificados dentro de cada grupo temático abordado na tomada de decisão. Contudo, ao longo do desenvolvimento dos estudos, percebeu-se que o modelo multicritério que estava sendo adotado não se aplicava à complexidade da decisão a ser tomada, sendo identificadas como limitações: a impossibilidade de análise espacial do problema, a necessidade da não interdependência de variáveis e a dificuldade em se avaliar áreas de abrangência ou grupo de empreendimentos (análise seria feita empreendimento a empreendimento, não se identificando o impacto de conjunto).

Considerando as variáveis indicadas para caracterizar a manutenção dos estoques pesqueiros, dos quais dependem as atividades da pesca (pesca profissional, pesca difusa e turismo de pesca), identificou-se que a análise de perda de conectividade longitudinal é mais adequada ao problema decisório do que a análise multicritério, pois a primeira leva em consideração a perda estimada de extensão de trechos conectados devido à interrupção da continuidade em um rio, ou seja, a fragmentação de habitat fluvial que pode se dar pela instalação de barragens.

A análise de conectividade, juntamente com a análise dos principais indicadores do conjunto de temas abordados, constitui a base da análise integrada apresentada no item Análise integrada.

A conectividade é uma propriedade dos *habitats* que permite o movimento de indivíduos, energia e massa (sedimentos, nutrientes, detritos) entre as diferentes porções desse *habitat*. Em ambientes fluviais, normalmente existe a conectividade entre as diferentes partes de um rio, e entre o rio e seus tributários. Esta é a chamada conectividade longitudinal, pois ocorre ao longo do eixo dos rios.

Obras de infraestrutura, como barragens, podem representar obstáculos para o movimento de organismos vivos, ovos, larvas, sedimentos e nutrientes, e, dessa forma, reduzem a conectividade dos *habitats*. Barragens, em especial, podem impedir o acesso de peixes a áreas essenciais à reprodução e criação, resultando em redução da produtividade de peixes e outras mudanças na composição das comunidades fluviais.

Para quantificar a conectividade longitudinal de redes fluviais, com base na probabilidade esperada de um peixe ser capaz de se mover livremente entre dois pontos aleatórios da rede hidrográfica de cada bacia estudada isoladamente, utilizou-se o índice proposto por Cote et al (2009) denominado índice de Conectividade Dendrítica (Dentritic Connectivity Index, DCI).

O índice DCI pode ser utilizado, por exemplo, para uma análise de *trade-off* entre Energia e Conservação Ambiental, na avaliação do impacto de conjuntos de barragens em bacias hidrográficas, como sugerido por Jager et al. (2015). Essa análise de *trade-off* permite comparar diferentes configurações espaciais de construção de barragens, e seus impactos na capacidade de produção de energia e na condição ambiental e de usos da água.

O índice de conectividade dendrítica, em geral, considera que os trechos de rio têm a mesma importância, independentemente da sua localização. Isso nem sempre é uma hipótese razoável, pois é comum que certos trechos de rio tenham importância maior do que outros, segundo algum critério, por exemplo, ambiental. Neste caso, uma alternativa é utilizar um Índice de Conectividade Dendrítica Ponderado, em que um peso é atribuído a cada segmento da rede de drenagem, de acordo com algum critério, por exemplo ecológico, conforme já previsto por Cote et al. (2009).

Para analisar o impacto da construção das barragens na RH-Paraguai sobre a conectividade dos rios foi utilizada uma metodologia baseada no índice de conectividade dendrítica para peixes do tipo diádromos, adequado para peixes que migram entre os rios e o oceano. Essa escolha foi feita porque os peixes migradores do Pantanal têm comportamento de migração entre os rios do Planalto e o Pantanal. Para os peixes migradores da RH-Paraguai, o Pantanal tem o mesmo papel que o oceano para os peixes diádromos, ou seja, é necessário que os rios em que ocorre a desova estejam conectados ao Pantanal, permitindo livre movimento de migração (Resende, 2008).

O índice de conectividade dendrítico utilizado foi calculado com base na equação proposta por Cote *et al.* (2009), porém contou com uma modificação para permitir a ponderação de trechos de drenagem em diferentes regiões da bacia, conforme comentado no item anterior. A expressão para o Índice de Conectividade Dendrítica Ponderado, para peixes Diádromos (DCIPD), com pesos dados pela importância das sub-regiões para a reprodução dos peixes é a seguinte:

DCIPD=∑Ni=1cik·li·Pi∑Ni=1li·Pi·100.

A importância dos trechos da rede de drenagem para a reprodução de peixes foi estimada com base nos fluxos estimados de ovos e larvas de peixes nos pontos de coleta.

O índice de conectividade foi calculado considerando como base a rede de drenagem oficial disponibilizada pela ANA, denominada BHO5K, considerando apenas os trechos de rio com área de drenagem total a montante superior a 100 km^2.

O valor do DCIPD foi calculado para cada cenário de implementação de barragens na bacia, iniciando pelo cenário base, que corresponde à situação atual, incluindo as barragens já existentes e obstáculos naturais à migração de peixes, como quedas d'água. Posteriormente, o valor do DCIPD foi calculado novamente em várias configurações de subconjuntos de todas as barragens propostas.

O cálculo do DCIPD foi realizado utilizando um programa desenvolvido especialmente para este objetivo, durante o projeto, e os resultados foram analisados e apresentados a partir de mapas e tabelas, indicando trechos de rio conectados e desconectados, o valor final do índice de conectividade e a energia gerada associada a cada cenário.

Outras informações sobre o desenvolvimento e a aplicação da metodologia utilizada na análise de conectividade estão descritas no Relatório de Diagnóstico Final de Análise de Conectividade Fluvial, disponível na página dos estudos, no site da ANA.

3. ANÁLISE INTEGRADA

Dentre os fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas e a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

A análise dos usos múltiplos da água e a visão integrada da bacia hidrográfica balizam a atuação dos órgãos gestores na implementação de instrumentos da Política, como os planos de recursos hídricos e a outorga.

Nessa lógica, o conflito pelo uso da água é mais bem quantificado quando se trata de usos consuntivos, ou seja, usos que captam e consomem água dos corpos hídricos, tais como o abastecimento público, a indústria e a agricultura irrigada. Esses usos possuem metodologias de estimativa consolidadas, seja por meio de cadastros de usuários ou por conversão de variáveis de controle em volumes de água. Com isso, esses usos podem ser convertidos em vazão (quantidade) e concentração (qualidade) – permitindo análise técnica que considere, por exemplo, o atendimento a requisitos de qualidade da água e de disponibilidade hídrica.

Por outro lado, por não consumir água diretamente, embora dependa de padrões qualiquantitativos, os usos não consuntivos da água são considerados de forma menos explícita como usuários de recursos hídricos nas análises dos órgãos gestores. Essa simplificação é razoável em muitos casos: ao adotar padrões restritivos de comprometimento, outorgando aos usos consuntivos percentuais de vazões mínimas, garante-se água em quantidade e qualidade também para usos não consuntivos.

Por interromper fisicamente a conectividade fluvial, barramentos de qualquer natureza apresentam a característica de interferir mais diretamente sobre usos não consuntivos, como a navegação, o turismo e a pesca. Há casos em que esse impacto pode ser analisado individualmente para cada barramento proposto. É comum, por exemplo, a exigência de eclusas ou outros dispositivos de transposição hidroviária, para permitir a navegação.

A análise integrada, em escala de bacia, como a realizada para a RH-Paraguai permite a análise do conflito da eventual implementação de barragens, com ou sem AHEs, com o uso pré-existente da pesca (pesca profissional, pesca difusa e turismo de pesca), sustentada essencialmente por peixes migradores de longa distância que só se viabilizam com trechos de rio livres de algumas centenas de quilômetros e com habitats adequados para reprodução, crescimento e desenvolvimento.

Os impactos dos empreendimentos foram analisados em diferentes vertentes: impactos hidrológicos, impactos sedimentológicos e sobre a qualidade da água, impactos sobre a ictiofauna e impactos sociais e econômicos. Embora

independentes em suas equipes e metodologias de estudo, as diversas áreas são interdependentes na identificação de variáveis físicas e biofísicas que afetam a presença do peixe para o setor usuário n o s três segmentos de pesca e os consequentes impactos de sua variação. Um modelo de integração analítica deve permitir o cruzamento espacial de indicadores e lidar com a interdependência de variáveis e com a dificuldade em se avaliar áreas de abrangência e grupos de empreendimentos de forma sistêmica.

Desconsiderando a ocorrência de impactos ecológicos sistêmicos sobre o conjunto da biodiversidade, o presente estudo busca caracterizar potenciais conflitos associados aos recursos hídricos – competência dos órgãos integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Com recorte centrado nos impactos sobre os peixes e a pesca, vários outros aspectos de impactos ecológicos existentes estão subdimensionados ou não foram considerados nas avaliações conduzidas, por extrapolarem seu escopo.

O elemento nuclear do modelo de integração analítica é o estoque pesqueiro (presença do peixe e disponibilidade de pescado), que suporta o uso não consuntivo pré-existente da pesca na RH-Paraguai, com impactos diretos nas dinâmicas social e ambiental dessa região hidrográfica. A ictiofauna é o elemento das cadeias ecossistêmicas potencialmente mais afetado pela implantação de barramentos, pois estes interferem de modo decisivo em seus ciclos reprodutivos, especialmente nos das espécies migradoras. Dessa forma, a caracterização da importância para o estoque pesqueiro, sistematizada pelo fluxo de ovos e larvas de migradores, é a primeira etapa do fluxo de análise integrada.

Como segunda etapa, e de forma a aprimorar a delimitação da área de abrangência dos indicadores de estoque pesqueiro, avaliando inclusive a presença de barreiras naturais, foi agregado o modelo de conectividade longitudinal e fragmentação de habitats fluviais, que foi ponderado pela importância de cada trecho de rio para a reprodução dos peixes (presença de ovos e larvas) e para a potencial geração de energia.

Como terceira e última etapa, verifica-se a existência do uso pré-existente da pesca, cuja ocorrência foi mapeada ao longo dos estudos e sua relevância indicada pelos indicadores socioeconômicos detalhados neste Documento e em seus anexos.

Apenas as áreas classificadas como estratégicas nas três etapas anteriores – maior relevância para manutenção do estoque pesqueiro, maior perda de conectividade e relação com uso pré-existente e relevante da pesca (em âmbito local e regional) – foram classificadas como áreas de conflito.

O fluxograma da Figura 2 apresenta uma síntese das etapas detalhadas. Em suma, a primeira etapa de análise do fluxo diz respeito a manutenção do estoque pesqueiro, ou seja, áreas consideradas estratégicas para reprodução de espécies de peixes migradoras; a segunda, aborda a análise de conectividade, que considera a fragmentação de habitats provocada pela

implantação de barramentos que dificulta ou impede o movimento de migração de jusante para montante, e dificulta ou impede o fluxo de ovos, larvas e indivíduos adultos de montante para jusante; o próximo passo identifica possíveis conflito locais ou regionais com as atividades pesqueiras praticadas especificamente nas sub-bacias analisadas (Figura 2).

Avaliações complementares de qualidade de água e de alteração hidrológica integram a análise, mas não motivaram a reclassificação de áreas. No entanto, pela aderência ao resultado obtido nas etapas anteriores, reforçam a classificação definida.

Figura 2 - Fluxograma de Análise Integrada por bacia.

3.1 Manutenção do Estoque Pesqueiro

Dentre os vários eventos que ocorrem ao longo do ciclo de vida dos organismos, a atividade reprodutiva é a de maior relevância, pois o sucesso obtido por qualquer espécie é determinado pela sua capacidade de se reproduzir em ambientes variáveis, sobreviver e constituir populações viáveis, baseado nos requerimentos mínimos para manutenção das espécies (Orsi *et al.*, 2016). Neste contexto, a compreensão da dinâmica reprodutiva da comunidade de peixes e sua relação com o meio ambiente é facilitado pelo conhecimento das áreas e períodos de desova (Bialetzki *et al.,* 2004), utilizando como ferramenta o estudo de ovos e larvas de peixes ou ictioplâncton.

Essa ferramenta foi utilizada na RH-Paraguai com o objetivo de avaliar as áreas de reprodução da ictiofauna, com enfoque nas espécies alvo (Figura 3), migradoras de longas distâncias e com importância para a pesca regional. Todas as bacias estudadas, resguardando as devidas proporções, são importantes locais de reprodução para as espécies de peixes da região. Desde as mais produtivas, como o alto Paraguai e Cuiabá, até as menos, como Negro e Apa, todas apresentaram seu potencial como área de desova (ver Anexos) e, desta maneira, contribuem para a renovação dos estoques pesqueiros da região.

A dinâmica reprodutiva das espécies da RH-Paraguai é descrita por Resende (2003). De acordo com a referida autora, a migração ascendente, conhecida como piracema, acontece no final da estação seca e se caracteriza pela movimentação dos peixes migradores em direção às cabeceiras dos rios que compõem o pantanal, onde ocorrem as desovas e, posteriormente, a deriva de ovos e larvas rio abaixo para as áreas de crescimento.

Os resultados dos estudos apontam uma grande variação do fluxo de ovos e larvas dentro de cada bacia e entre as bacias analisadas. A medida da produtividade levou em conta a abundância e a vazão do ictioplâncton, permitindo estimar a contribuição de cada tributário durante o período de reprodução das espécies. Assim, os rios de maior porte, também são os mais produtivos, a exemplo do Sepotuba, Jauru e Paraguai, localizados à margem direita no alto rio Paraguai; do Cuiabá, na sub-bacia do rio Cuiabá; do São Lourenço e do Vermelho, na sub-bacia do rio São Lourenço; do Piquiri, na sub-bacia do rio Correntes/Piquiri; do Taquari e do Coxim, na sub- bacia do Taquari e do Apa, na sub-bacia do rio Apa.

A exceção, foi o córrego Rico e o rio do Peixe na sub-bacia do rio Negro, que foram produtivamente mais relevantes que o rio principal, o Negro. Importante ressaltar que alguns pontos de coleta do ictioplâncton estão localizados a jusante de outros e, representam a contribuição de toda a bacia, como é o caso dos pontos SEP3 (rio Sepotuba), PAR (rio Paraguai), CB2 (rio Cuiabá), COX1 (rio Coxim).

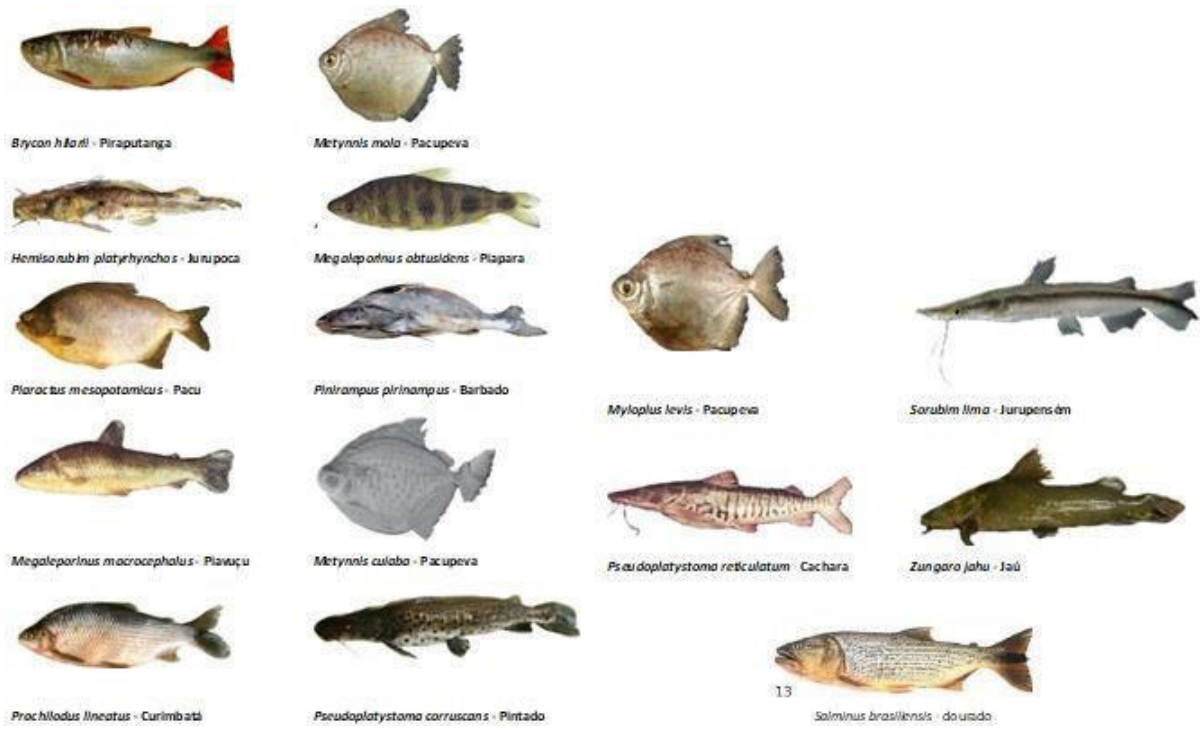


Figura 3 - Espécies-alvo, migradoras de longas distâncias e com importância para a pesca regional.

Nos pontos localizados a montante de empreendimentos em operação, como é o caso do IBO (rio Ibo), ANHU (rio Anhumas), PPD (rio Ponte de Pedra), COMP (rio Comprido) e CORR (rio Correntes), o fluxo de ovos e larvas foi muito pequeno ou inexistente, e com exceção de *Anostomidae*, nenhuma larva de espécie alvo foi registrada. Possivelmente, o processo reprodutivo nesses rios seja influenciado pela fragmentação do habitat. Este impacto, causado pela construção de barragens tem sido apontado como um dos principais fatores responsáveis pela perda de populações inteiras de peixes de água doce (Dynesius & Nilsson, 1994; Nilsson, 2005), principalmente as espécies migradoras (Agostinho et al., 2007; Santos et al., 2013).

A fragmentação do *habitat* leva também à fragmentação populacional, ou seja, populações isoladas a montante têm tamanho limitado e, portanto, exibem variabilidade genética reduzida (Lopes et al., 2007; Horreo et al., 2011). Além disso, Gosset et al. (2006) hipotetizam que a restrição causada pela fragmentação sobre o comportamento migratório e a seleção do local de reprodução pode levar à diminuição do *fitness* da prole (menor sobrevivência e maior risco à predação).

A comparação dos resultados obtidos entre pontos, localizados a montante e a jusante de empreendimentos operantes, como o PPD (rio Ponte de Pedra, a montante dos empreendimentos previstos) e POP (rio Ponte de Pedra, a jusante dos empreendimentos previstos) e o SLO1 (rio São Lourenço, a montante da PCH São Lourenço) e o SALO (rio São Lourenço, a jusante da PCH São Lourenço),

revela que no rio Ponte de Pedra a reprodução, inclusive das espécies alvo, não foi significativa nem a montante e nem a jusante, e somente larvas de *Anostomidae* e *Pimelodidae* foram encontradas.

Por outro lado, no rio São Lourenço, os maiores fluxos de ovos foram observados a jusante do empreendimento e o de larvas, a montante, inclusive com fluxo considerável de larvas de espécies alvo, como *H. platyrhynchos* (jurupoca), *P. mesopotamicus* (pacu), *Pseudoplatystoma* spp. (pintado/cachara) e *Z. jahu* (jaú). À exceção da primeira, que se encontrava em estágio de pré-flexão, todas as demais espécies se encontravam em estágio de larval vitelino. Ao considerarmos que este ponto se localiza a cerca de 12 km do reservatório e que a velocidade estimada no local é de aproximadamente 3,80 Km/h, estas larvas em deriva passiva chegariam ao reservatório em menos de quatro horas, ou seja, existe a possibilidade de estas não finalizarem seu desenvolvimento e como consequência, ocorrer uma falha no recrutamento.

Os propágulos à deriva requerem tempo de desenvolvimento específico para se tornarem aptos à natação e procurarem habitats de crescimento, alimentação e proteção. Nesse sentido, a regulação dos rios impede que as larvas adentrem em ambientes apropriados ao seu desenvolvimento durante o processo de deriva (Dudley & Platania, 2007; Pelicice & Agostinho, 2008), influenciando diretamente na sobrevivência delas (Olden, 2016).

Rios com trechos livres, mas com vazões menores, como Cabaçal (CAB2), Vermelho Norte (VERN), Formoso (FOR), Cuiabazinho (CB1), Tadarimana (TAD), Tauá (TAU), Ariranha (ARI), Vermelho (VER), Jauru/MS (JAU) e Figueirão (FIG), também são importantes para a reprodução ou têm áreas potenciais para a desova, para muitas das espécies alvo. Por outro lado, em alguns corpos d'água, a participação no processo reprodutivo entre os ciclos analisados foi incipiente ou praticamente nula, como é o caso do Juba (JUB) e Tenente Amaral (TAM), ambos com empreendimentos a montante, bem como o Cabaçal 1 (CAB1), Prata (PRA), Piranema (PIBE), Camapuã (CAM) e Perdido (PER). Especificamente nestes casos, as condições ambientais, sejam barreiras físicas (empreendimentos ou cachoeiras), graves assoreamentos (rios muito rasos) ou a qualidade da água (alta transparência), poderiam explicar a ausência de atividade reprodutiva local.

Os pontos localizados a jusante de empreendimento em operação, mas com extensos trechos livres a jusante, e consequentemente conectados com as áreas de crescimento e alimentação, como o JAUMT (rio Jauru/MT), MJ3 (rio Manso, a jusante da UHE Manso), CB2 (rio Cuiabá) e SALO (rio São Lourenço), apresentaram, de modo geral, fluxos consideráveis de ovos e larvas, inclusive de espécies alvo. Porém, não há como inferir se este fluxo é semelhante ao das condições pristinas. Agostinho et al. (2008), discutem que embora menos investigados, os impactos a jusante são igualmente ou até mais prejudiciais para a fauna de peixes, dado que os represamentos afetam principalmente a dinâmica do fluxo de água, ou seja, a principal força que rege os ecossistemas fluviais, causam bloqueio das rotas de migração para algumas espécies de peixes, além de causar a retenção de sedimentos e nutrientes.

A região onde foram realizadas as coletas, localizam-se no planalto que corresponde à parte superior do rio principal e dos afluentes, separado do Pantanal por cotas acima de 200 m de altitude. Nesta região as características hidrológicas são diferentes daquelas observadas na planície ou pantanal. O período chuvoso nessa região ocorre entre outubro e abril, contribuindo diretamente para o aumento da vazão local. Estas variáveis influenciaram diretamente a ocorrência do ictioplâncton e, de maneira geral, o padrão de fluxo de ovos e larvas nas bacias é congruente, tendo picos mais concentrados entre novembro e janeiro ou expandidos até fevereiro, enquanto o mês de março parece sinalizar o final do período reprodutivo da ictiofauna na RH-Paraguai, devido aos menores valores observados.

Estes dados corroboram Resende (2004) que cita que o pico de reprodução da maior parte dos peixes de valor econômico do pantanal, ocorre entre novembro e fevereiro, na cabeceira dos rios, começando com os peixes de escama (curimbatá, pacu, piraputanga, dourado, etc.) e terminando com os peixes de couro (pintado, cachara, jurupensém, jurupoca, etc.). Ainda de acordo com esse autor, essa sequência tem lógica, uma vez que as larvas de peixes de couro são predadoras que necessitam encontrar larvas de outros peixes para se alimentarem assim que esgotam os recursos energéticos do vitelo, abrem a boca e iniciam a alimentação externa.

Quanto aos dados temporais, as regiões norte e sul da bacia foram influenciadas diferentemente pela vazão. De modo geral, as bacias do alto Paraguai, rio Mutum, Piquiri e alguns pontos da bacia do rio Taquari apresentaram maiores fluxos de ovos e larvas no primeiro ciclo, enquanto nas bacias do Negro e Apa os maiores fluxos foram registrados no segundo ciclo amostral. Porém, em ambas regiões as maiores vazões foram observadas no primeiro ciclo.

Vários autores (Godoy, 1975; Graaf *et al.* 1999; Baumgartner et al., 2004) sugerem que a desova dos peixes tropicais ocorre próximo ao pôr do sol, quando a temperatura da água se encontra elevada e há redução da luminosidade que promove a proteção da prole durante a deriva passiva (Lechner *et al.,* 2016). De forma geral, este padrão foi encontrado na maioria dos locais analisados, porém, não tão evidente para as larvas. Diferentemente dos ovos, as larvas permanecem em deriva passiva, somente após a eclosão (larval vitelino) e no estágio de pré-flexão, possuindo capacidade natatória limitada e derivando tanto de dia quanto à noite. A partir do estágio de flexão, já com a formação das nadadeiras, a deriva torna-se ativa e elas são mais abundantes na superfície, principalmente durante o período noturno (Santin *et al.,* 2009).

Entre as mais de trezentas espécies registradas na RH-Paraguai, 94 táxons foram registrados nas amostras de ictioplâncton, sendo 72 identificados em gênero ou espécie, correspondendo a aproximadamente 25% das espécies. Considerando que as espécies encontradas na bacia apresentam diferentes estratégias reprodutivas, migradores de longa e curta distâncias, cuidadores de prole e com fecundação interna (Bailly et al. 2008), ou seja, nem todas desovam diretamente na coluna d'água ou na região pelágica, onde foram realizadas as amostragens. Possivelmente este número de táxons encontrado seja

representativo das espécies que utilizam os tributários como área de reprodução. Ademais, larvas de oito das quinze espécies alvo selecionadas foram registradas nas amostras de ictioplâncton, *B. hilarii* (piraputanga), *H. platyrhynchos* (jurupoca), *P. lineatus* (curimbatá), *P. mesopotamicus* (pacu), *Pseudoplatystoma spp*. (pintado/cachara), *S. brasiliensis* (dourado), *S. lima* (jurupensém) e *Z. jahu* (jaú), além de outras migradoras, porém sem importância para a pesca regional, como *Rhaphiodon vulpinus* (peixe-cachorro) que estava entre os táxons com maiores fluxos. Esses resultados ressaltam a importância dos tributários para a ictiofauna de forma geral, mas especialmente para as espécies alvo, que utilizam estes locais como parte imprescindível para a sua reprodução.

Em todos os pontos amostrais foram registrados ovos, evidência de que as áreas a montante são áreas potenciais de desova, seja para ictiofauna de modo geral, mas também para as espécies alvo. As estimativas utilizando apenas ovos sugerem reproduções muito próxima, de menos de 10 km, até cerca de 80 km. Porém, ao analisar as larvas das espécies alvo, as estimativas das áreas de desovas são em média entre 150 e 200 km a montante do ponto amostral, mas podem chegar a cerca de 400 km, variando entre sub-bacias e também entre as espécies. Esse fato indica a importância de grandes trechos livres para a realização do ciclo reprodutivo das diferentes espécies.

A identificação correta de ovos e larvas se torna uma ferramenta importante para a ecologia e para estratégias de conservação de peixes (Becker et al., 2015), permitindo mapear a distribuição do ictioplâncton e as áreas de desova para espécies migradoras e para espécies geograficamente restritas. No entanto, a identificação de ovos e larvas de peixes ainda é desafiadora. Os caracteres de diagnose para a identificação se baseiam em caracteres morfológicos e meristemáticos (Matarese et al., 2011; Ko et al., 2013), muitos dos quais compartilhados pelas espécies no início do desenvolvimento embrionário (Victor et al., 2009). Para facilitar a discriminação e identificação de espécies animais,

Hebert et al. (2003) propuseram o código de barras de DNA ou DNA *barcoding* como metodologia padronizada para diferentes grupos animais. Estudos que exploram a diversidade comunitária ictioplanctônica através do DNA *barcoding* têm se mostrado eficientes na estimativa de riqueza de espécies (Collet et al., 2017), na identificação de larvas de peixes de água doce (Frantine-Silva et al., 2015, 2016; Maggia et al., 2017; Almeida et al., 2018), de larvas de recifes de corais (Hubert et al., 2010, 2015) e de espécies de difícil identificação morfológica (Ayala et al., 2016). Neste estudo a ferramenta de identificação molecular foi usada para a identificação de ovos e larvas para o estabelecimento dos locais de desova das espécies alvo previamente selecionadas.

A análise resultou na constatação da presença de ovos de 5 das 15 espécies alvo em 20 pontos de amostragem (27 foram sequenciados). A presença dos ovos indica, com alto grau de confiabilidade, que nestes locais ocorre a desova das espécies. A ferramenta molecular foi bastante eficaz, uma vez que apenas 3 das espécies alvos identificadas através da análise morfológica não foram

encontradas nas amostras de ovos. Os resultados permitiram aumentar o grau de certeza acerca da importância dos pontos analisados para a reprodução de espécies migradoras de grande importância para a pesca, como o *P. mesopotamicus* (pacu), *S. lima* (jurupensém), *Z. jahu* (jaú) e H. *plathyrhynchos* (jurupoca), além de *P. lineatus* (curimbatá). Para o caso de *S lima*, para a qual não havia sido possível a estimativa da área de desova a partir do retrocálculo baseado no tempo de desenvolvimento das larvas, pode-se, com a identificação genética dos ovos em pelo menos 10 pontos, apontar a importância dos locais para a reprodução da espécie.

Os resultados são evidências do potencial da metodologia para a identificação das áreas de importância para a reprodução dos peixes. Em resumo, a migração reprodutiva, realizada pela maioria das espécies alvo analisadas aqui, é sazonal e as espécies requerem *habitats* diferentes para se reproduzirem, próximos às nascentes, e para a sobrevivência e crescimento de jovens e adultos, planícies de inundação.

Na região do alto rio Paraguai, a pesca é uma importante atividade econômica, correspondendo a uma das principais fontes de renda e alimento das famílias ribeirinhas (Mateus et al., 2011) e de empresas ligadas ao turismo. Assim, além da sua importância ecológica, os recursos pesqueiros são fundamentais para as diferentes modalidades de pesca existente na região (Catella, 2003).

Os dados desse projeto evidenciam que as espécies migradoras respondem pela maior parte da produção pesqueira da pesca profissional artesanal e são as principais espécies alvo da pesca esportiva (Netto & Mateus, 2009). Estas espécies possuem ovos demersais livres, não adesivos, que dependem da correnteza para dispersão e oxigenação. Portanto, a conectividade hidrológica dos rios é essencial para a integridade ecológica da bacia hidrográfica e, consequentemente, para a manutenção dos movimentos migratórios que garantem a reprodução e a persistência das populações de peixes. Os resultados da primeira etapa de análise do fluxograma estão representados na Figura 4.

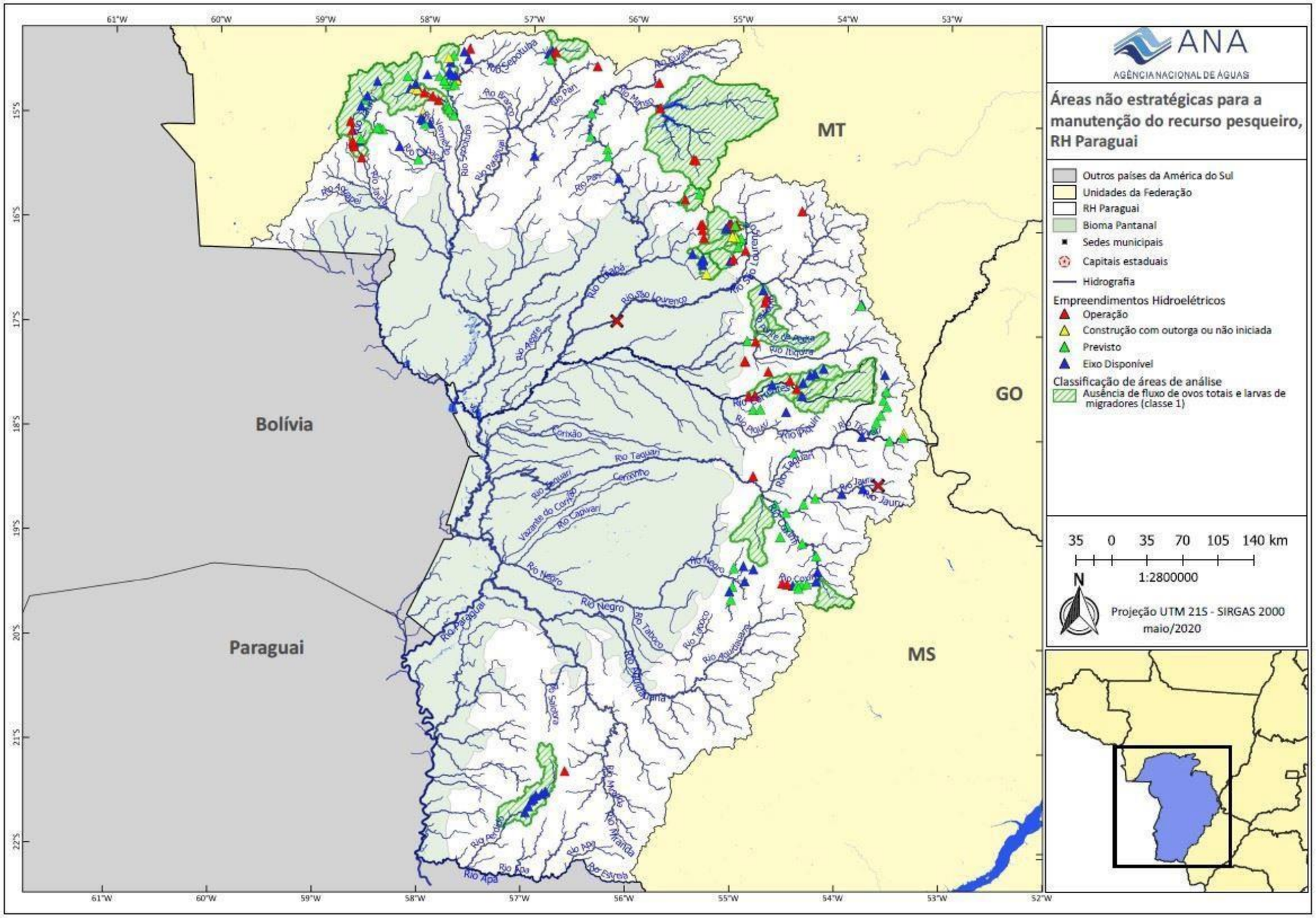


Figura 4 - Áreas não estratégicas para a manutenção do recurso pesqueiro (classe 1).

3.2 Análise de Conectividade Fluvial

Um dos impactos ambientais potencialmente mais relevante decorrente da implantação de empreendimentos hidrelétricos em uma bacia é a interrupção da continuidade existente em um rio. Essa interrupção ocorre porque as barragens atuam como barreiras que dificultam a migração de peixes. As informações elencadas indicam que as tentativas de mitigação destes impactos através da implementação de mecanismos de transposição, como escadas de peixes, têm tido pouca efetividade (ver Capítulo 4).

A continuidade e a liberdade para a migração podem ser medidas através de índices de conectividade, e o impacto de obstáculos naturais e artificiais sobre essa continuidade pode ser medido pela alteração dos índices de conectividade. A extensão dos impactos de perda de conectividade, quando realizada antes da construção de novas barragens e baseada em uma análise regional (por bacia) e não individualizada em cada empreendimento, permite, juntamente com estudos ecológicos e socioeconômicos, estabelecer a troca (ou *trade-off*) que existe entre as opções de usos da água em uma bacia hidrográfica.

Em situações como a atualmente vivenciada na região do Alto Paraguai, quando ainda é possível planejar de forma sistêmica e regional, antes da construção de um grande número de barragens, é possível buscar configurações ou arranjos de barragens que permitem maximizar os benefícios energéticos, minimizando os impactos socioambientais e sobre usos pré-existentes dos recursos hídricos, considerando a perda de conectividade.

A seguir é apresentada a análise da perda de conectividade prevista nos rios da região do Alto Paraguai pela construção de barragens identificadas no inventário da ANEEL de 2017. A metodologia foi baseada no Índice de Conectividade Dendrítica, desenvolvido por Cote et al. (2009), amplamente utilizado para quantificar impactos de fragmentação de habitat. Conforme descrito, o cálculo do índice de conectividade teve por base a representação da rede de drenagem através de segmentos de rio, os quais foram ponderados pela produção de ovos e larvas.

O índice foi calculado em cada sub-bacia, considerando diversas configurações de subconjuntos de todas as barragens propostas e os resultados da análise de conectividade para as diversas sub-bacias são apresentados a seguir.

3.2.1 Análise De Conectividade Na Região Do Alto Paraguai

A Figura 5 mostra a rede de drenagem ponderada pela produção de ovos e larvas e a localização dos obstáculos naturais e artificiais na região do Alto Paraguai.

Tabela 2 - Cenários relevantes identificados com base nos resultados do índice de conectividade e de potência instalada na bacia do Alto Paraguai.

Bloco		Cenários*						
		A	B	C	D	E	T	R
1	Barragens Já em operação	X	X	X	X	X	X	X
2	Barragens localizadas a montante de barragens já existentes, ou a montante de grandes obstáculos naturais		X	X	X	X	X	
3	Barragens Sepotuba e Salto das Nuvens, no rio Sepotuba					X	X	
4	Barragem Salto Maciel, no rio Sepotuba						X	X
5	Barragens Cabaçal 6, 5 e 4, no alto rio Cabaçal			X	X	X	X	
6	Cabaçal 3			X	X	X	X	
7	Cabaçal 2			X	X	X	X	
8	Cabaçal 1			X	X	X	X	
9	Jaçanã Alta				X	X	X	
10	Saíra				X	X	X	
11	Biguá				X	X	X	X
12	Araras				X	X	X	X
13	Formoso III				X	X	X	X
14	Formoso II				X	X	X	
15	Formoso I				X	X	X	
16	Salto Cacau			X	X	X	X	
17	Salto do Céu			X	X	X	X	
18	Salto Vermelho I			X	X	X	X	
19	Caramujo			X	X	X	X	
20	Salto Caramujo				X	X	X	
21	Tapirapuã			X	X	X	X	

Potência Instalada (MW)	423.20	555.83	639.23	713.08	746.58	763.58	476.85
$DCIP_D$ (%)	89.99	89.98	89.88	87.75	86.47	82.12	82.26
Incremento de Potência em relação ao cenário atual (MW)	0.00	132.63	216.03	289.88	323.38	340.38	53.65
Variação de DCIPD em relação ao cenário atual (%)	0.00	0.00	-0.10	-2.24	-3.52	-7.86	-7.73
Redução na produção de ovos			-0,41	-21,61	-21,61	-48,69	-48,38
Redução na produção de Larvas migradores- % bacia			-0,85	-15,15	-15,15	-15,28	-14,46
Redução na produção de ovos totais + larvas migradoras-% bacia			-0,52	-19,19	-19,9	-40	-39,6

*X indica se a barragem ou bloco de barragens está presente no cenário analisado.

Na sequência, a Figura 6 destaca o cenário (C) de EHs que foi adotado, dentre os cenários relevantes identificados para essa bacia (Tabela 2), uma vez que apresentou a melhor relação entre incremento de energia (216 MW) e perda de conectividade (DCIPD= -0,10), com redução de 0,41% na produção de ovos totais e 0,85% de larvas de migradores. No cenário seguinte, D, o DCIPD sofre um decréscimo de 2,24% em relação à situação atual, com incremento de 73 MW em relação ao cenário C, e com impacto significativo na manutenção do estoque pesqueiro, com redução de 21,61% na produção de ovos totais e 15,15% de larvas de migradores.

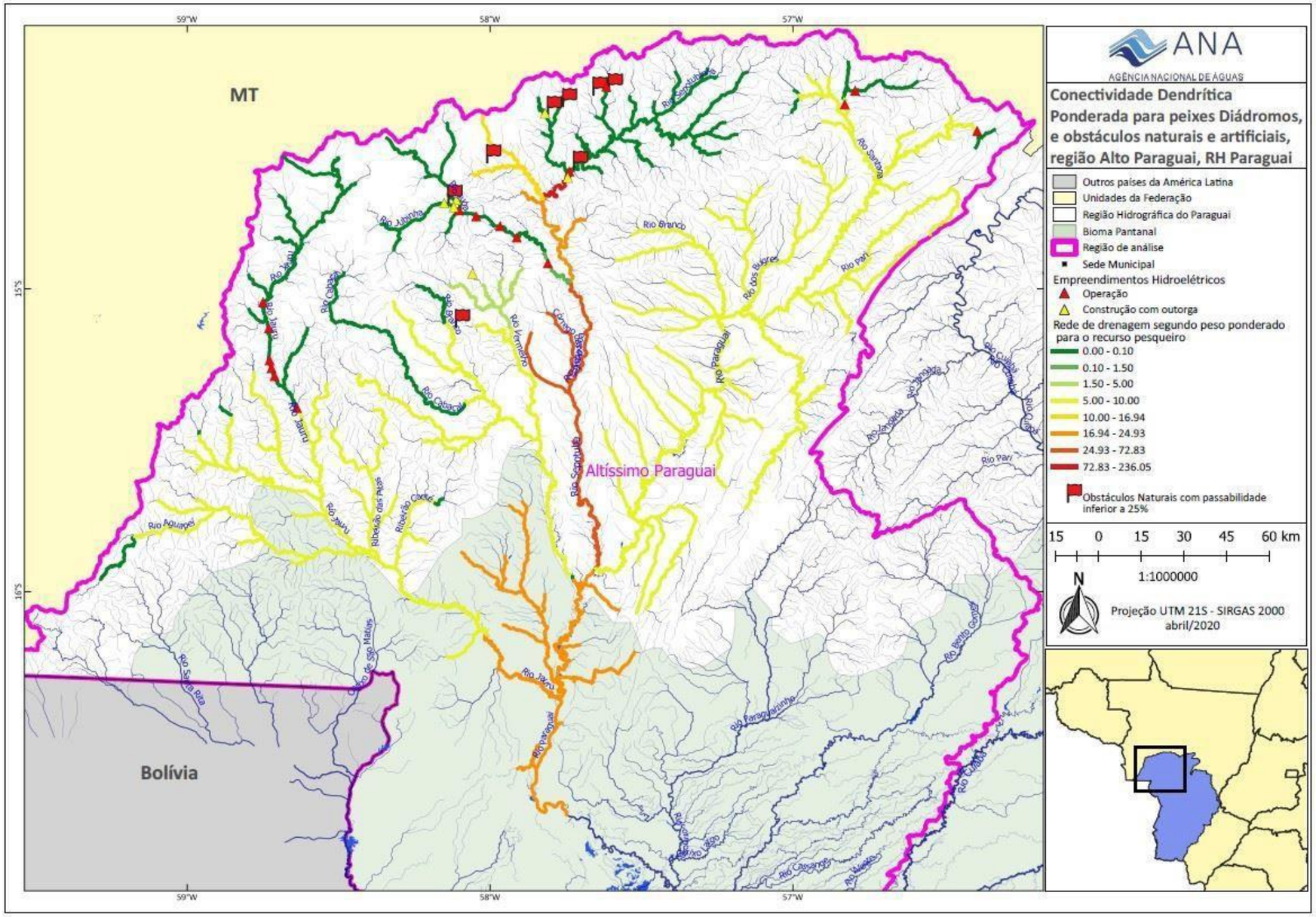


Figura 5 - Rede de drenagem ponderada pela produção de ovos e larvas na região do Alto Paraguai.

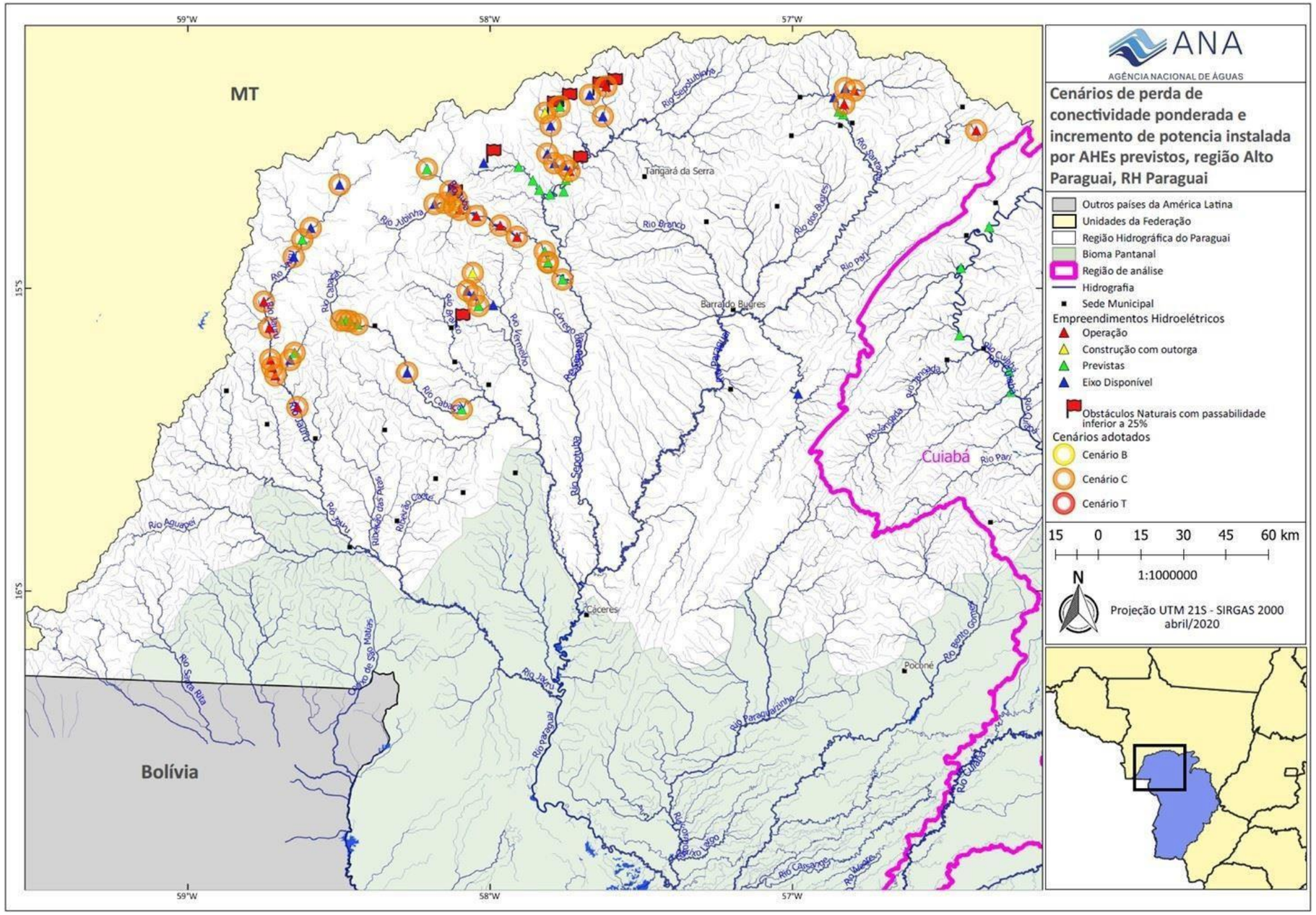


Figura 6 – Cenário de blocos de empreendimentos hidrelétricos com menos impacto no índice de conectividade dendrítica ponderado na região do Alto Paraguai.

3.2.2 Análise de Conectividade na Bacia do Rio Cuiabá

A Figura 7 mostra a rede de drenagem ponderada pela produção de ovos e larvas e a localização dos obstáculos naturais e artificiais na região da bacia do rio Cuiabá e a Figura 8 destaca o bloco dos EHs do cenário (B) que foi adotado, dentre os cenários relevantes identificados para essa bacia (Tabela 3), por apresentar o melhor incremento de energia (40 MW) e perda de conectividade (DCIPD= -0,01), com redução de 0,04% na produção total de ovos e 0,02% de larvas de migradores. No cenário seguinte, T, o DCIPD sofre um decréscimo de 75,2% em relação à situação atual, com incremento de 138 MW em relação ao cenário B, mas com impacto extremo na manutenção do estoque pesqueiro, reduzindo em 99,96% na produção total de ovos e 99,98% na de larvas de migradores.

Tabela 3 - Cenários relevantes identificados com base nos resultados do índice de conectividade e de potência instalada na bacia do rio Cuiabá.

Bloco	Descrição	Cenário*			
		A	B	T	R
1	Barragens já em operação	X	X	X	X
2	Aricá-Mirim I		X	X	
3	São Tadeu II		X	X	
4	Rancho Queimado I		X	X	
5	Rancho Queimado 4		X	X	
6	Mutum I		X	X	
7	Rancho Queimado 2		X	X	
8	Santo Antônio		X	X	
9	Rancho Queimado 3		X	X	
10	Rancho Queimado 5		X	X	
11	Mantovilis		X	X	
12	Guapira II			X	X
13	Iratambé I			X	
14	Iratambé II			X	
15	Angatu I			X	
16	Angatu II Montante			X	
17	Perudá Montante			X	

Potência Instalada (MW)	256,86	296,92	435,24	282,82
$DCIP_D$ (%)	90,80	90,79	15,60	15,60
Incremento de Potência em relação ao cenário atual	0.00	40,06	178,38	25,96
Variação de DCIPD em relação ao cenário atual	0.00	-0,01	-75,2	-75,2
Redução na produção de ovos totais (% bacia)		-0,04	-99,96	-99,96
Redução na produção de Larvas migradores (%		-0,02	-99,98	-99,98
Redução na produção de ovos totais + larvas migradoras (% bacia)		-0,04	-99,96	-99,96

*X indica se a barragem ou bloco de barragens está presente no cenário analisado.

3.2.3 Análise De Conectividade Na Bacia Do Rio São Lourenço

A Figura 9 mostra a rede de drenagem ponderada pela produção de ovos e larvas e a localização dos obstáculos naturais e artificiais na região da bacia do rio São Lourenço. Dentre os cenários relevantes identificados para essa bacia (Tabela 4), foi adotado o cenário (T), inclusão de todas as barragens propostas, por apresentar a melhor relação entre incremento de energia (110 MW) e perda de conectividade (DCIPD= -0,18), com um impacto praticamente nulo sobre a conectividade da rede fluvial dos rios dessa bacia com o Pantanal. Esse cenário teria baixo impacto na manutenção do recurso pesqueiro, já que a implantação de todos os EHs previstos na Bacia do Rio São Lourenço não afetaria de modo significante a produção total de ovos e nem de larvas de migradores em qualquer dos cenários identificados na tabela 4.

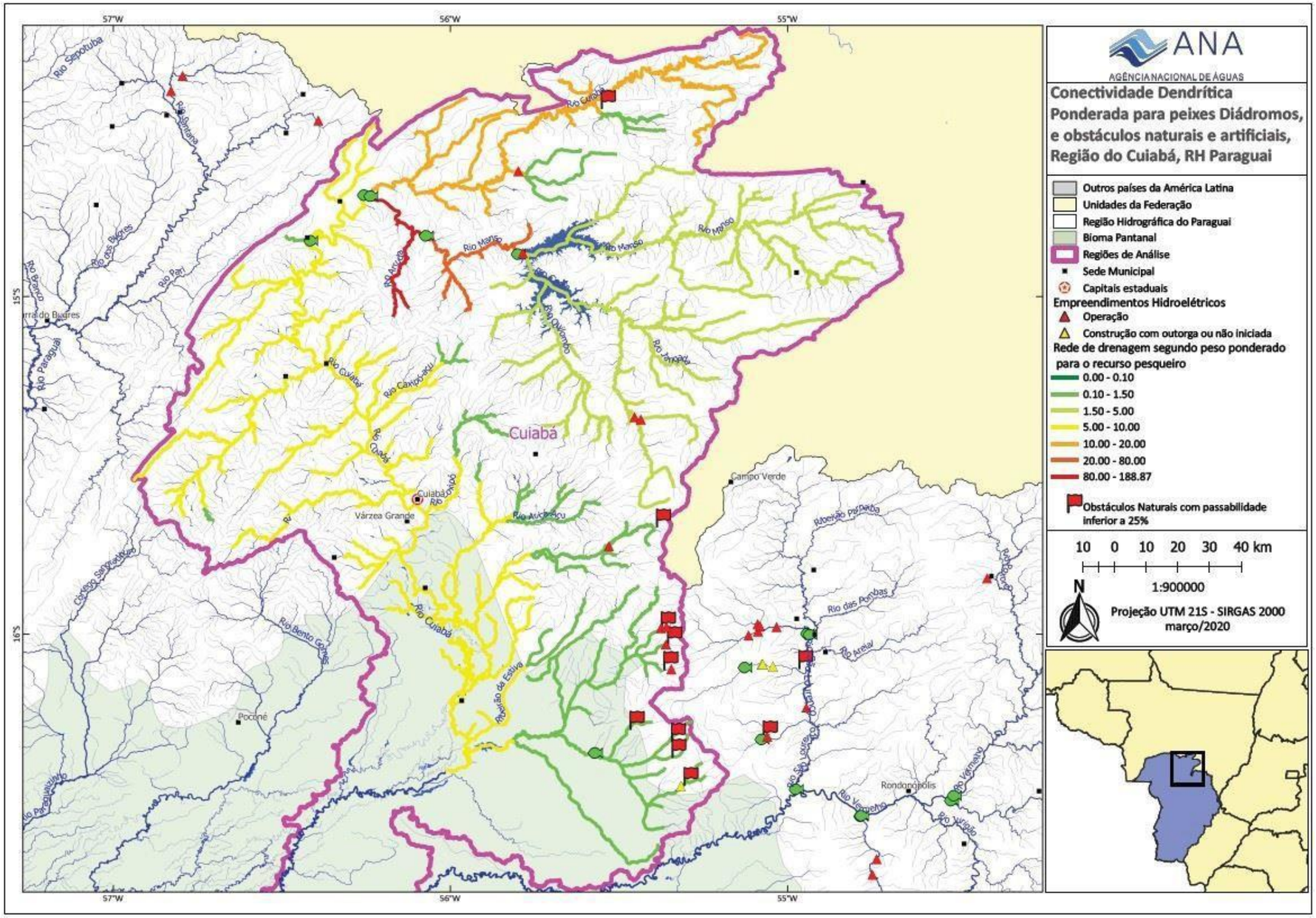


Figura 7 - Rede de drenagem ponderada pela produção de ovos e larvas na bacia do rio Cuiabá.

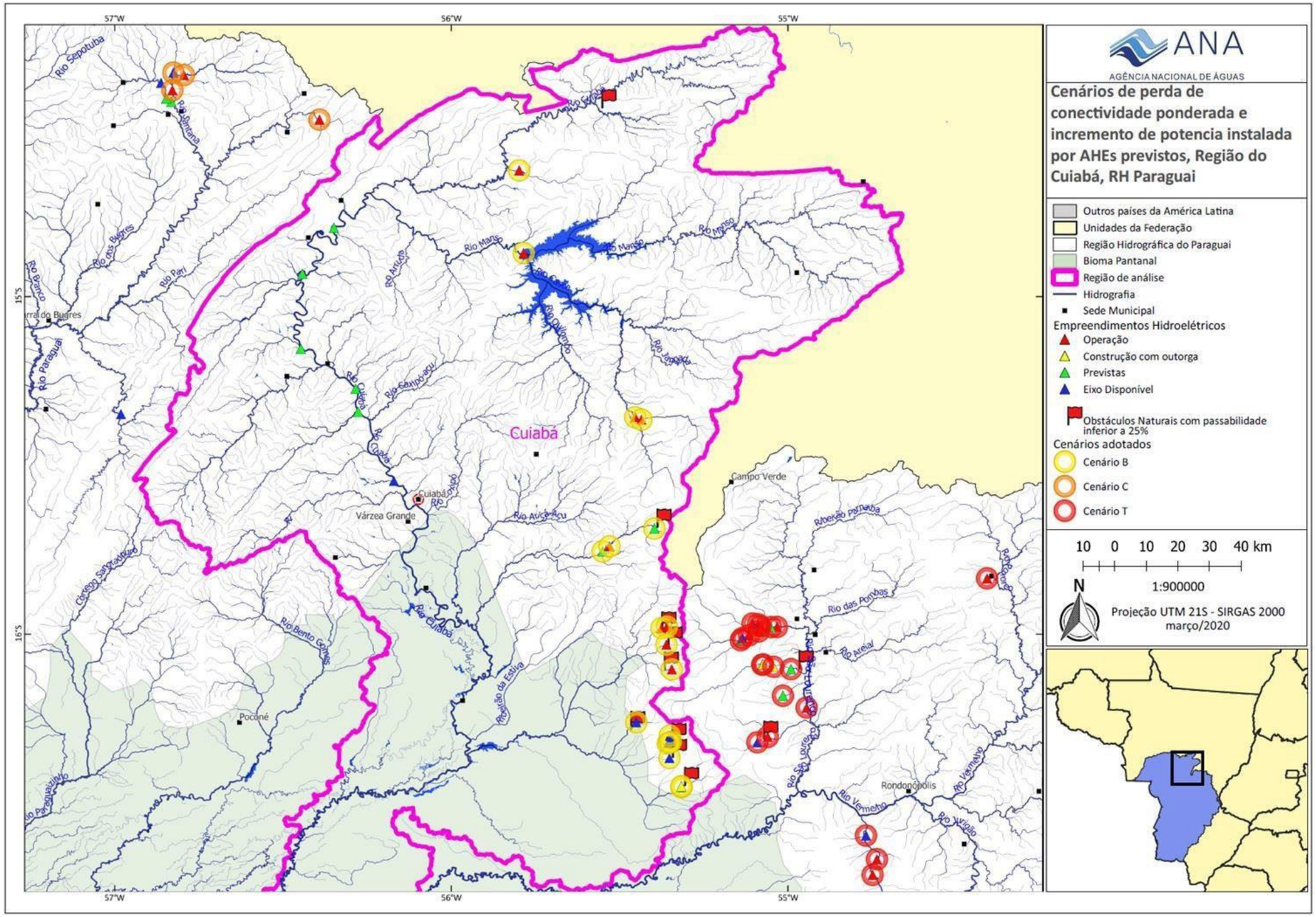


Figura 8 - Cenário de blocos de empreendimentos hidrelétricos com menos impacto no índice de conectividade dendrítica ponderado (Bacia do Cuiabá).

Tabela 4 - Cenários relevantes identificados com base nos resultados do índice de conectividade e de potência instalada na bacia do rio São Lourenço.

B loco	Descrição	Cenário*				
		A	B	C	R	T
1	Barragens já em operação	X	X	X	X	X
2	Santiago			X		X
3	Europa		X	X		X
4	João Basso				X	X
5	Jatobá		X	X		X
6	Ipê		X	X		X
7	Beleza		X	X		X
8	Água Branca		X	X		X
9	Bom Jesus			X	X	X
10	Água Brava		X	X		X
11	Água Clara		X	X		X
12	Água Branca		X	X		X
13	Mangaba		X	X		X
14	Buriti		X	X		X
Potência Instalada (MW)		125,4	183,1	217,5	152,3	235,61
$DCIP_D$ (%)		83,20	83,20	83,15	83,03	83,02
Incremento de Potência em relação ao cenário atual		-	57,7	92,1	26,9	110,21
Incremento de $DCIP_D$ em relação ao cenário		-	0	-0,05	-0,17	-0,18
Redução na produção de ovos tot (% bacia)			-1	-2,01	-1,34	-2,34
Redução na produção de Larvas migradores			-0,2	-0,74	-,056	-0,58
Redução na produção de ovos tot + larvas migradoras			-0,83	-1,74	-1,18	-2,01

* X indica se a barragem ou bloco de barragens está presente no cenário analisado.

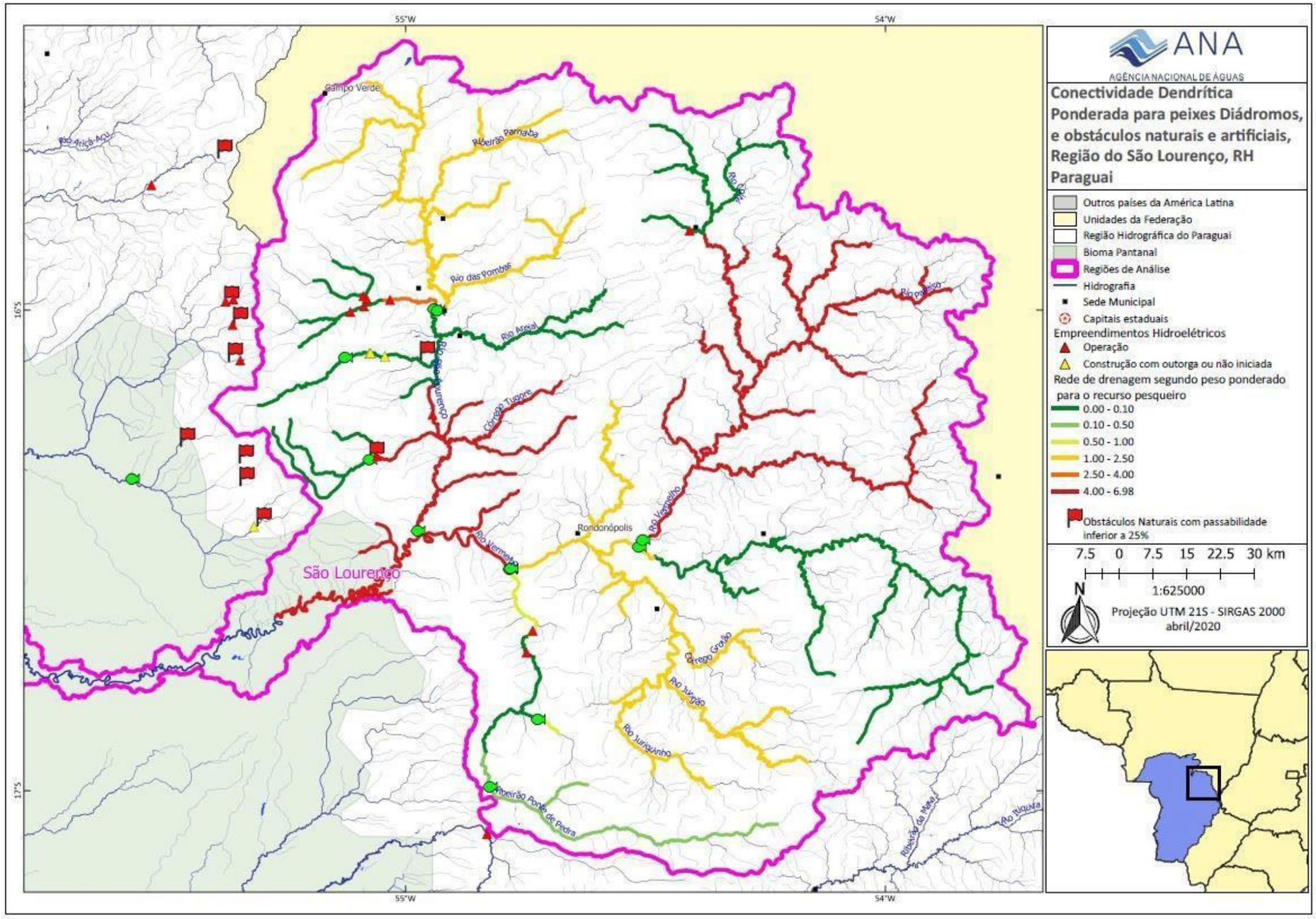


Figura 9 - Rede de drenagem ponderada pela produção de ovos e larvas na bacia do rio São Lourenço.

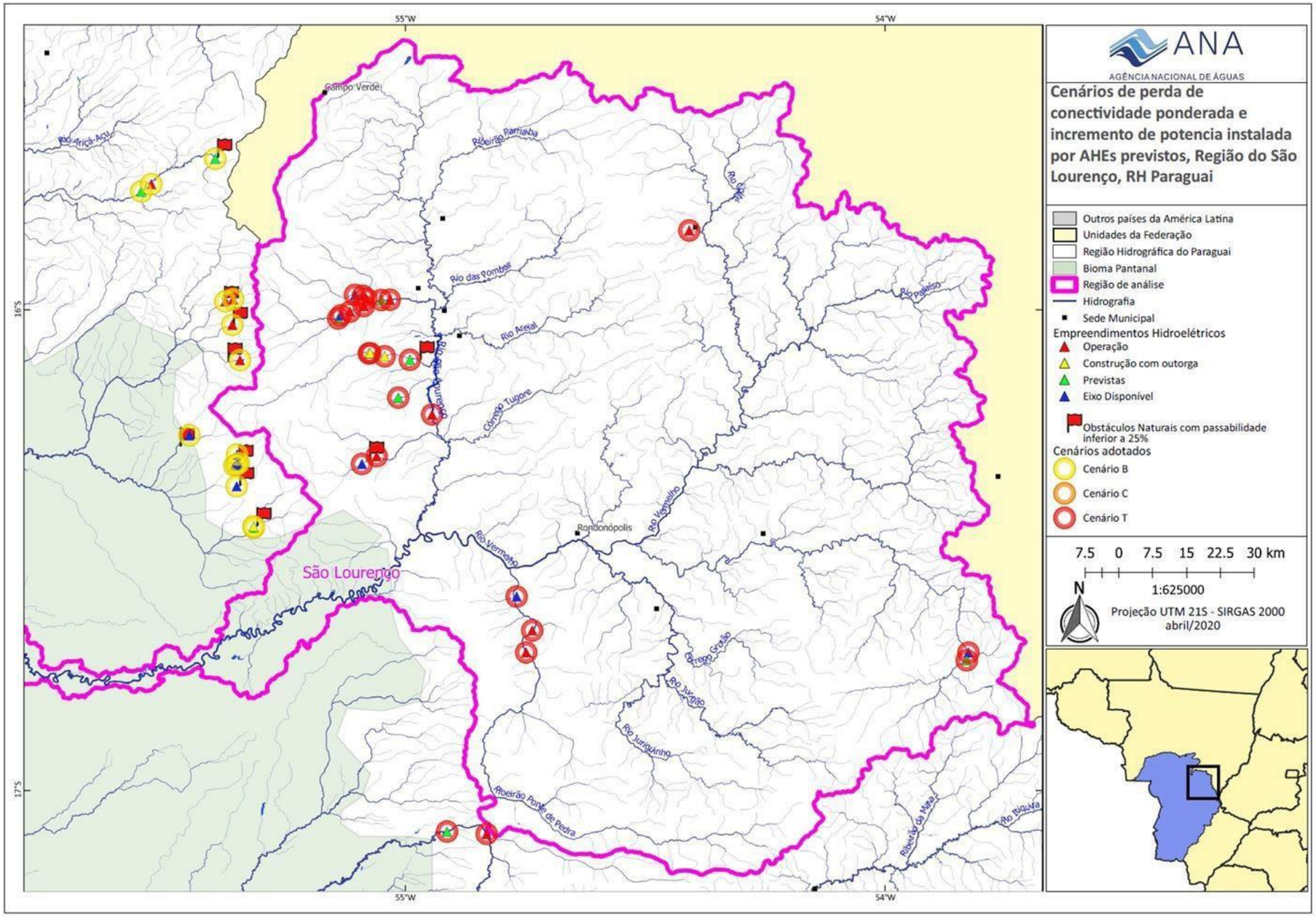


Figura 10 - Cenário de blocos de empreendimentos hidrelétricos com menos impacto no índice de conectividade dendrítica ponderado na bacia do rio São Lourenço.

3.2.4 Análise De Conectividade Na Bacia Dos Rios Correntes E Piquiri

A Figura 11 mostra a rede de drenagem ponderada pela produção de ovos e larvas e a localização dos obstáculos naturais e artificiais na região da bacia dos rios Correntes e Piquiri. Dentre os cenários relevantes identificados para essa bacia (Tabela 5), foi adoto o cenário T (Figura 12). A inclusão de todas as barragens propostas, apresentaria a melhor relação entre incremento de energia (67 MW) e perda de conectividade (DCIPD= -0,16), sem afetar praticamente a conectividade da rede fluvial da bacia com a planície da RH-Paraguai. Nesse cenário, não haveria impacto significativo n a manutenção do recurso pesqueiro da bacia, uma vez que não haveria redução relevante na produção total de ovos e nem de larvas de migradores, em todos os cenários. A produção observada no ponto Tauá (TAU) não seria impactada pelo empreendimento previsto, uma vez que a área de desova estimada pelo retrocálculo se encontra a jusante do empreendimento previsto.

Tabela 5 - Cenários relevantes identificados com base nos resultados do índice de conectividade e de potência instalada na bacia dos rios Correntes e Piquiri.

.

B loco	Descrição	Cenários*				
		A	B	C	R	T
1	Barragens já em operação	X	X	X	X	X
2	Água Enterrada		X	X		X
3	Cipó		X	X		X
4	Santo Antonio		X	X		X
5	São Domingos		X	X		X
6	São Bento		X	X		X
7	Santa Paula		X	X		X
8	São Paulo		X	X		X
9	Itiquira III				X	X
10	Dona Inês			X	X	X
11	Aquárius II		X	X		X
12	Modelo			X		X
Potência Instalada (MW)		302,4	335,0	346,6	332,9	369,6
$DCIP_D$ (%)		98,17	98,17	98,14	98,01	98,01
Incremento de Potência em relação ao cenário atual (MW)		-	32,6	44,2	30,5	67,2
Incremento de $DCIP_D$ em relação ao cenário		-	0	-0,03	-0,16	-0,16
Redução na produção de ovos totais (%			-0,06	-0,24	-0,18	-0,24
Redução na produção de Larvas migradores			-1,59	-1,59	0	-1,59
Redução na produção de ovos totais + larvas migradoras (% bacia)			-0,3	-0,4	-0,2	-0,4

*X indica se a barragem ou bloco de barragens está presente no cenário analisado.

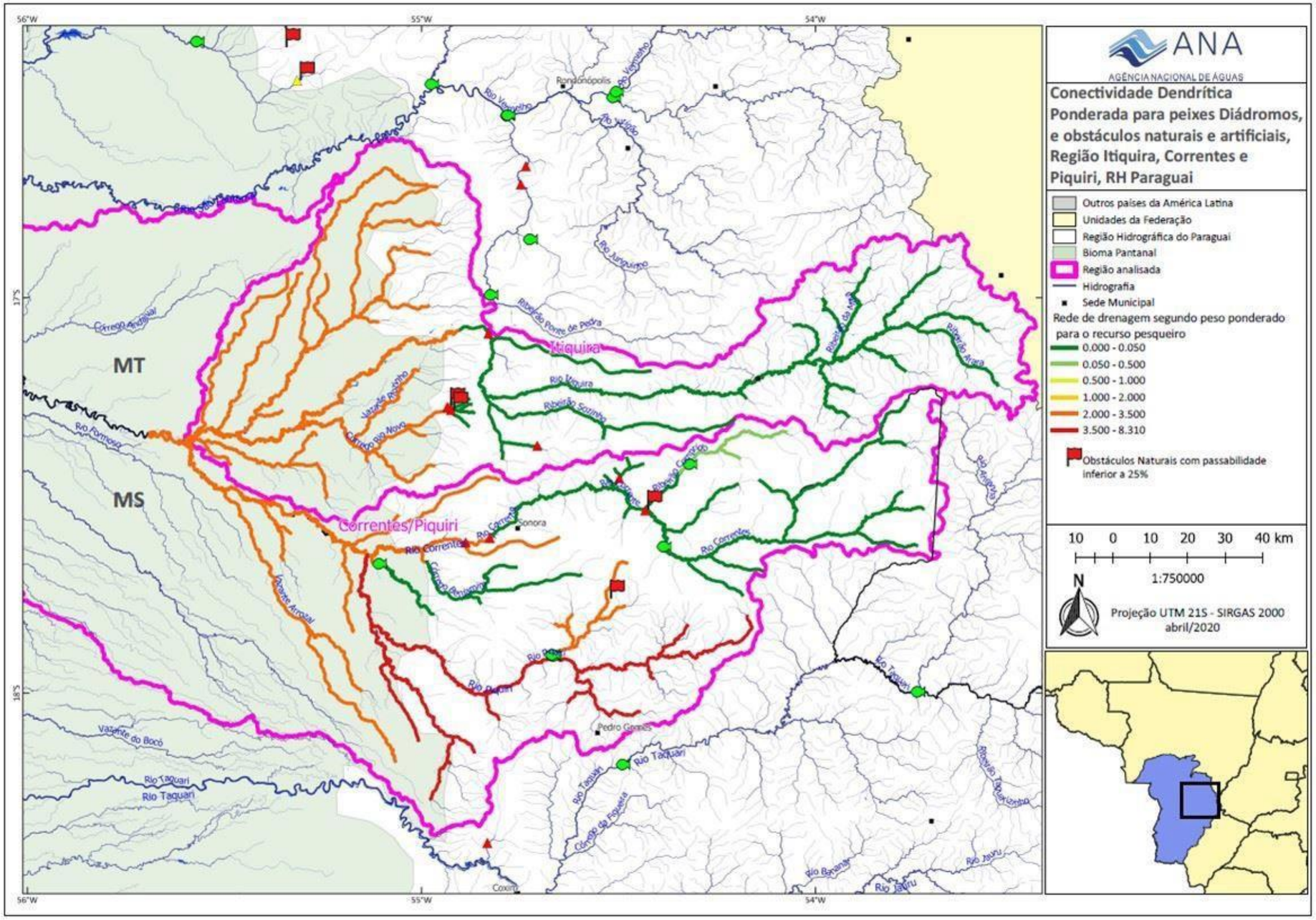


Figura 11 - Rede de drenagem ponderada pela produção de ovos e larvas na bacia do rio Correntes/Piquiri.

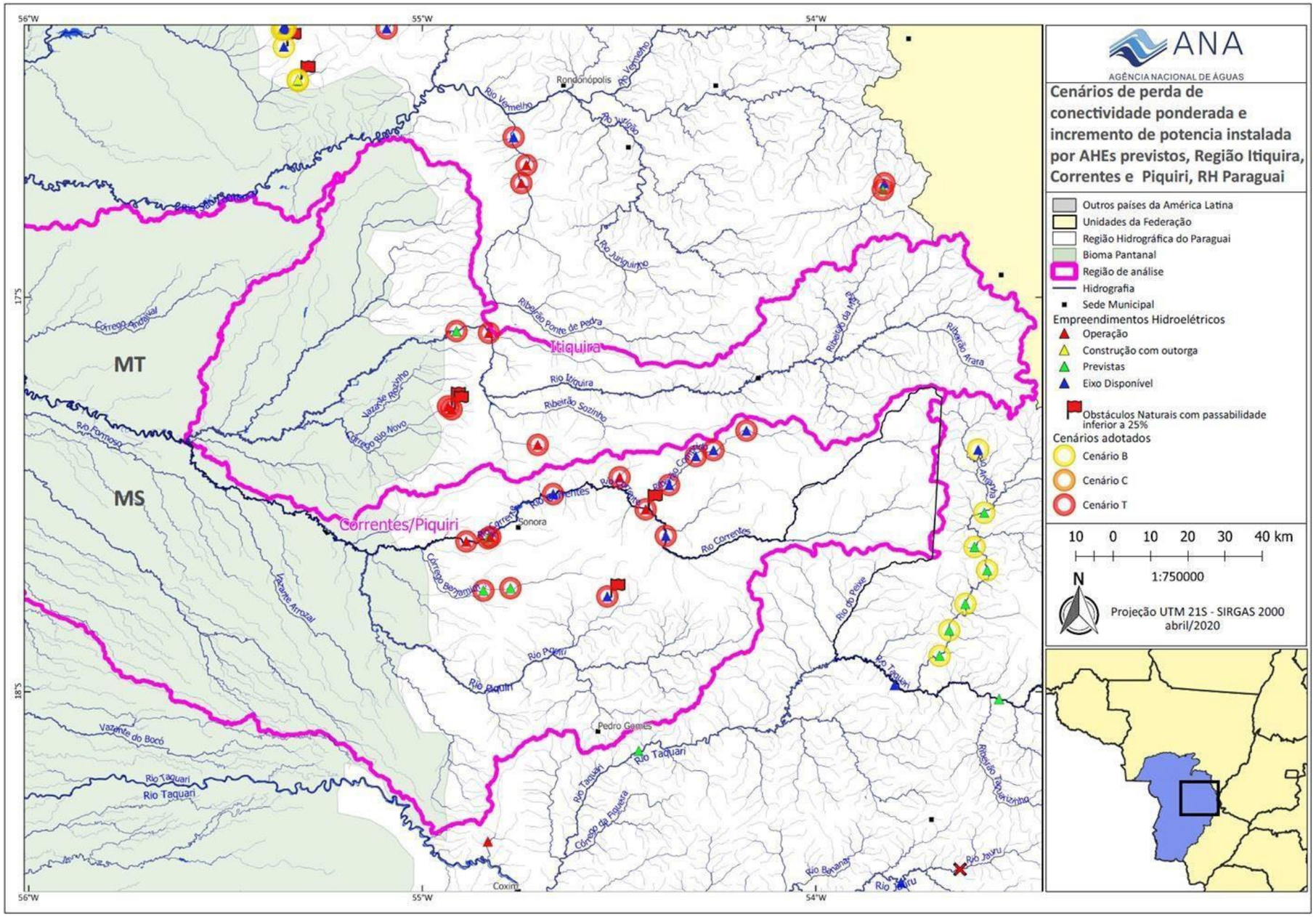


Figura 12 - Cenário de blocos de empreendimentos hidrelétricos com menos impacto no índice de conectividade dendrítica ponderado (Bacia do Correntes/Piquiri)

3.2.5 Análise De Conectividade Na Bacia Do Rio Taquari

A Figura 13 mostra a rede de drenagem ponderada pela produção de ovos e larvas e a localização dos obstáculos naturais e artificiais na região da bacia do rio Taquari, enquanto a Figura 14 destaca o bloco dos EHs do cenário (B) que foi adotado, dentre os cenários relevantes identificados para essa bacia (Tabela 6) por apresentar a melhor relação entre incremento de energia (157 MW) e perda de conectividade (DCIPD= -2,1), causando baixo impacto sobre a conectividade fluvial e consequentemente baixo impacto na manutenção do estoque (recurso) pesqueiro da bacia, dada a baixa redução na produção de ovos totais (5,14%)e na de larvas migradoras (0,24%) com a instalação dos EHs previstos por esse cenário.

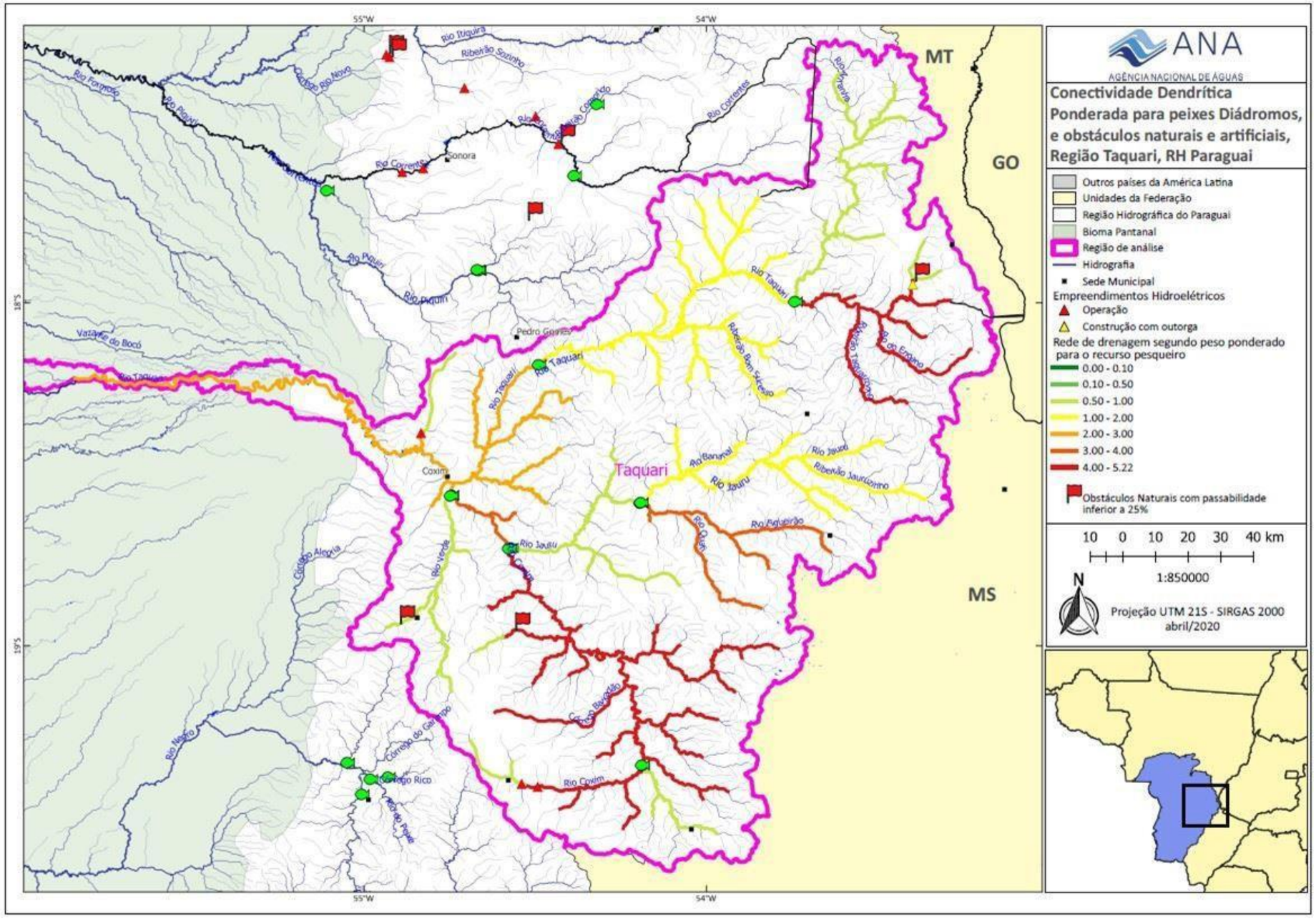
No cenário seguinte, C, o DCIPD vai para -3,1, com incremento de apenas 15 MW em relação ao cenário B, e com um impacto significativo na manutenção do estoque pesqueiro na região, dada a redução de 9,94% na produção de ovos totais. Dessa forma, adotou-se o cenário B, com a exclusão da PCH Mutum (8,5 MW), uma vez que a mesma poderá acarretar riscos a reprodução no alto Taquari, uma das principais áreas de desova da região, devido aos impactos que as alterações na qualidade de água e no regime hidrológico subdiário poderiam causar na reprodução dos peixes que utilizam os afluentes próximo a cabeceira do rio Taquari.

Tabela 6 - Cenários relevantes identificados com base nos resultados do índice de conectividade e de potência instalada na bacia do rio Taquari.

Bloco	Descrição	Cenário*						
		A	B	C	D	E	R	T
1	Barragens já em operação	X	**X**	X	X	X	X	X
2	Usinas em locais com grandes obstáculos naturais (Lajari; Serra Vermelha e Andorinha)		**X**	X	X	X		X
3	Mutum		**X**	X	X	X		X
4	Taquarizinho							X
5	Barra do Ariranha							X
6	Pedro Gomes						X	X
7	Sucuri						X	X
8	São Domingos							X
9	Água Vermelha							X
10	Peralta							X

11	Fazenda Caranda							X
12	Entre Rios				X	X		X
13	Lagoa Alta				X	X		X
14	Ponte Vermelha			X	X	X		X
15	Maringá			X	X	X		X
16	Calcutá			X	X	X		X
17	Santa Fé			X	X	X		X
18	Mundo Novo					X		X
19	Vila Jauru					X		X
20	Água Fria					X		X
21	Hortência ePrimavera		**X**	X	X	X		X
22	Orquídea, Violeta e Lírio		**X**	X	X	X		X
23	Dália		**X**	X	X	X		X
24	Girassol		**X**	X	X	X		X
25	Figueirão					X		X
Potência		13,	170,	186,	200,	251,	71,	400,
DCIPD (%)		82,	80,	79,	76,	67,	17,	17,
Incremento de Potência em relação		-	157,	172,	186,	238,	57,	386,
Incremento de DCIPD em relação ao		-	-	-	-	-	-	-
Redução na produção de			-	-	-	- 20,4	- 79,	- 98,7
Redução na produção de Larvas			0,2	-	-	5,3	-	-
Redução na produção de			-	-	-	-	-	-

*X indica se a barragem ou bloco de barragens está presente no cenário analisado.


ANA
AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS
Conectividade Dendrítica Ponderada para peixes Diádromos, e obstáculos naturais e artificiais, Região Taquari, RH Paraguai
Outros países da América Latina
Unidades da Federação
Região Hidrográfica do Paraguai
Bioma Pantanal
Região de análise
Hidrografia
Sede Municipal
Empreendimentos Hidroelétricos
Operação
Construção com outorga
Rede de drenagem segundo peso ponderado para o recurso pesqueiro
0.00 - 0.10
0.10 - 0.50
0.50 - 1.00
1.00 - 2.00
2.00 - 3.00
3.00 - 4.00
4.00 - 5.22
Obstáculos Naturais com passabilidade inferior a 25%
10 0 10 20 30 40 km
1:850000
N
Projeção UTM 21S - SIRGAS 2000
abril/2020
MT
GO
MS
Taquari
Coxim
Pedro Gomes
Sonora
Rio Taquari
Rio Coxim
Rio Jauru
Rio Paraguai
Rio Piquiri
Rio Correntes
Rio Negro
Rio Verde
Rio Sangue
Rio Jauru
Rio Paquerão
Rio Jauru
Ribeirão Jauruzinho
Rio Banharal
Ribeirão Bom Sucesso
Rio Taquari
Rio Sangue
Rio Verde
Rio Correntes
Rio Itiquira
Ribeirão Sozinho
Rio Formoso
Rio Piquiri
Vazante do Bocó
Rio Taquari
Rio Piquiri
Rio Piquiri
Rio Negro
Rio do Peixe
Rio Coxim
Ribeirão Bandeira
Rio Quem
Rio Paquerão
Rio Taquari
Rio Sangue
Rio do Engano
Rio Verde
Rio Correntes
Rio Jauru
Rio Jauru
Rio Taquari
Rio Taquari
Rio Taquari

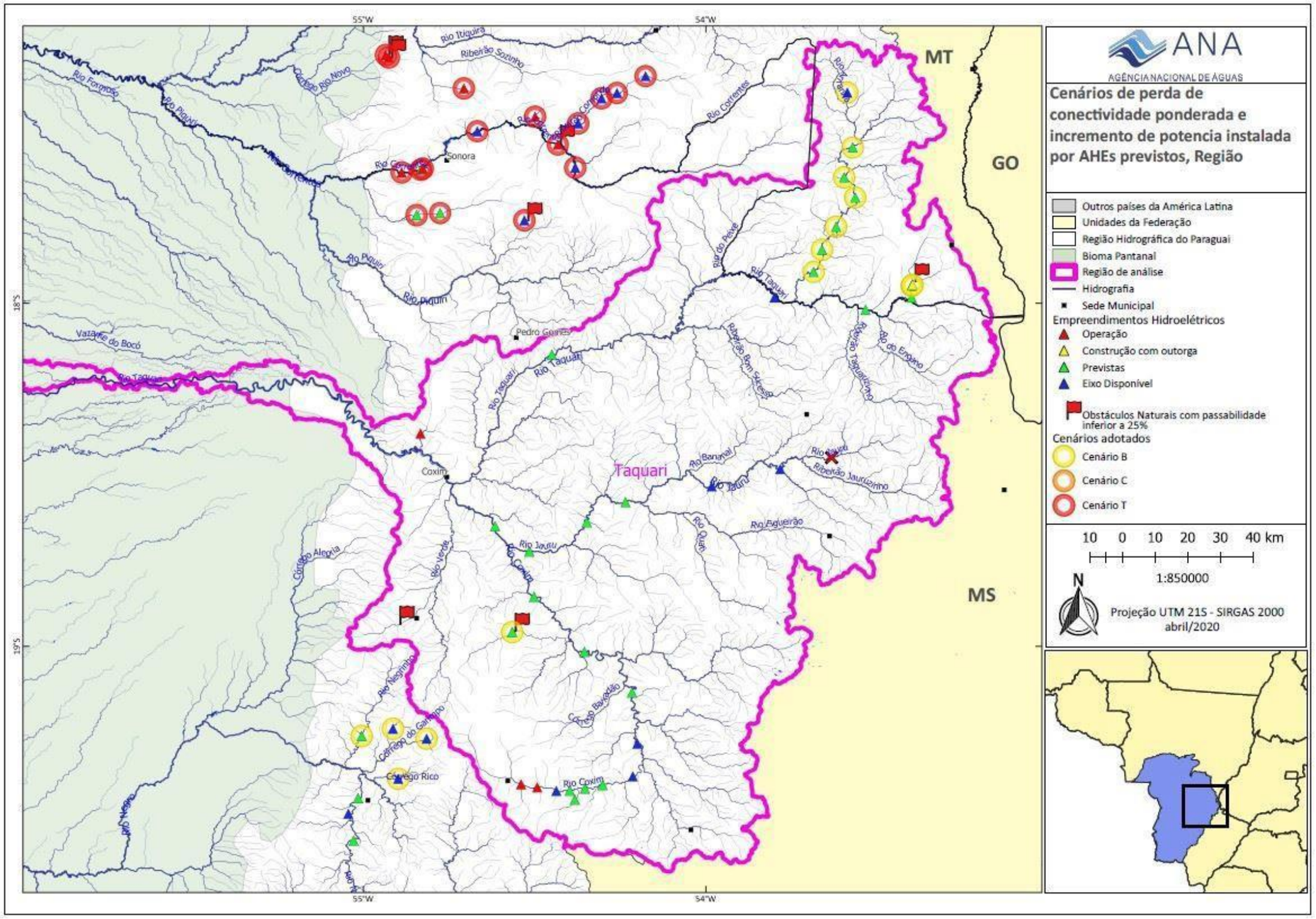


Figura 14 – Cenário de blocos de empreendimentos hidrelétricos com menos impacto no índice de conectividade dendrítica ponderado na bacia do Taquari.

3.2.6 Análise De Conectividade Na Bacia Do Rio Negro

Na bacia do rio Negro existe uma grande coincidência entre os locais onde há previsão de construção de barragens, segundo o inventário hidrelétrico, com os pontos em que já existem obstáculos naturais relevantes à migração de peixes. A Figura 15 apresenta o mapa da rede de drenagem da bacia com a sobreposição dos locais das barragens previstas no inventário e os locais onde existem obstáculos naturais.

Observa-se que as usinas Bocaina, Padres, Furna e Garimpo estão localizadas em trechos de rio em que existem obstáculos naturais consideráveis, aos quais foi atribuída uma probabilidade de passagem próxima de zero. Já a usina Rio Negro está localizada em um trecho de rio em que existe um obstáculo natural relevante, porém ao qual foi atribuída uma probabilidade de passagem de 50%.

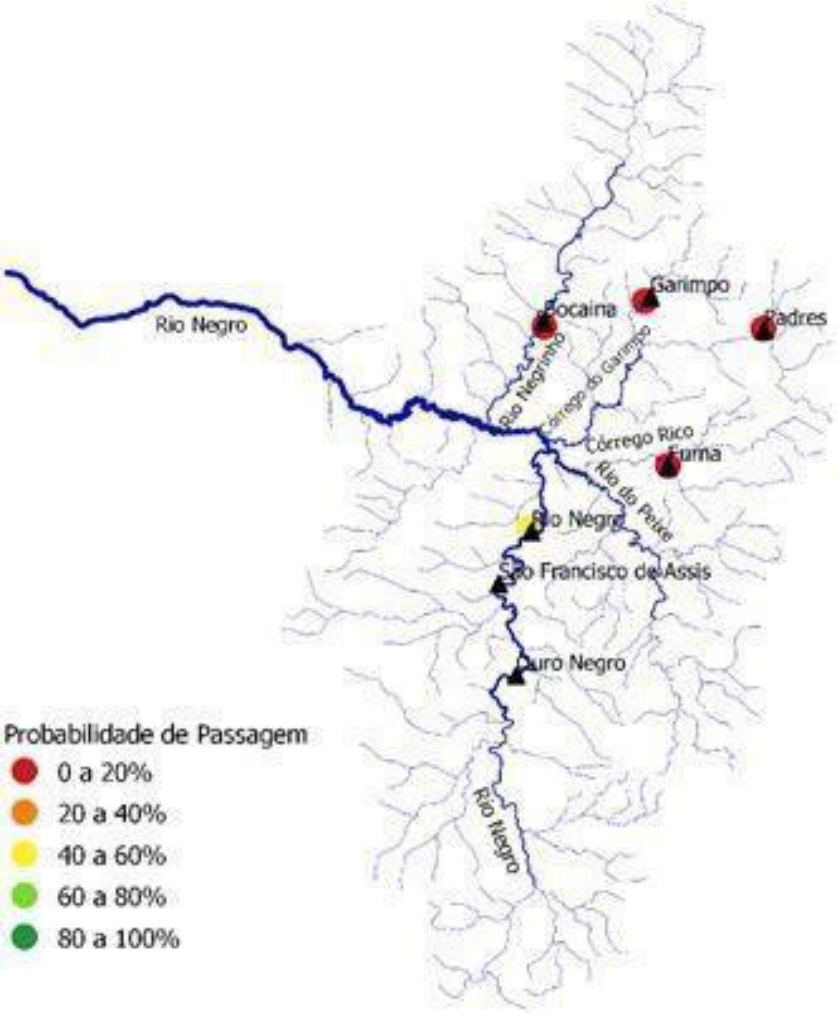


Figura 15 - Localização de usinas hidrelétricas previstas no inventário e de obstáculos naturais relevantes para a migração de peixes na bacia do rio Negro.
(triângulos pretos indicam a localização das sete usinas previstas, círculos coloridos indicam a presença de obstáculos naturais, com probabilidade de passagem de acordo com a legenda).

O mapa da Figura 15 sugere que a eventual construção das usinas Bocaina, Furna, Garimpo e Padres não terá impacto relevante sobre a migração de peixes, já que a conectividade fluvial já se encontra afetada nestes locais pela presença de obstáculos naturais.

Já as usinas Rio Negro, São Francisco de Assis e Ouro Negro podem ter algum impacto sobre a conectividade, pois os obstáculos naturais existentes neste rio aparentemente são menos relevantes para a migração de peixes. Por outro lado, os dados de coleta de ovos e larvas de peixes sugerem que a região em que estão localizadas estas três usinas não é uma área preferencial de reprodução.

3.2.7 Análise Simplificada De Conectividade Na Bacia Do Rio Apa

A bacia do rio Apa é uma bacia relativamente grande, porém apresenta poucos locais com potencial de aproveitamento hidrelétrico, segundo o inventário. Além disso, todos os locais das usinas identificadas no inventário estão sobre o mesmo rio, que é o rio Perdido, um tributário do rio Apa.

A Figura 16 apresenta a rede de drenagem da bacia do rio Apa, de acordo com os dados oficiais BHO5K, utilizados pela ANA, juntamente com a localização das usinas hidrelétricas do inventário

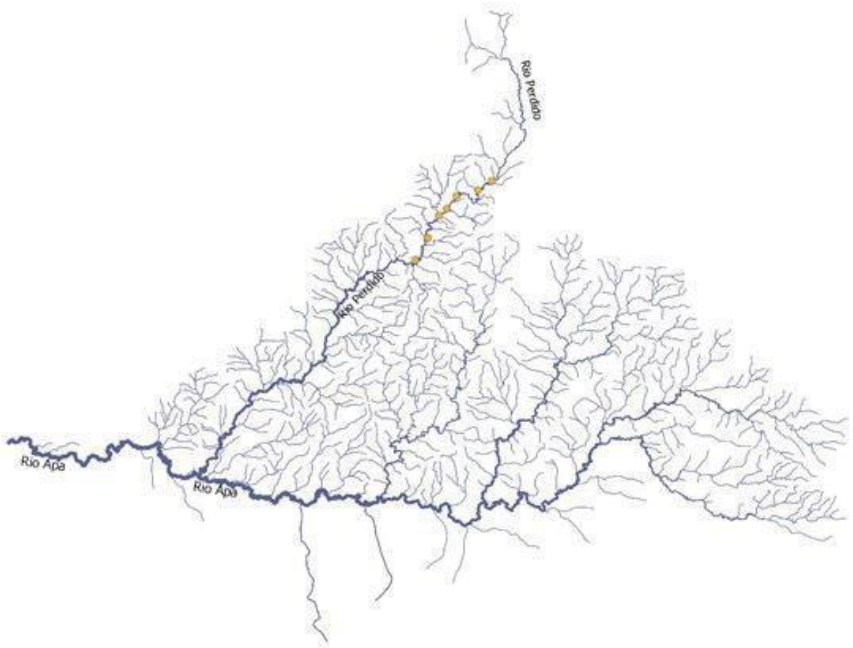


Figura 16 - Rede de drenagem da bacia do rio Apa, destacando o rio Perdido e as usinas hidrelétricas identificadas no inventário (pontos amarelos).

Para essa bacia a análise de conectividade pode ser realizada de forma simplificada, já que todos os aproveitamentos hidrelétricos identificados no inventário estão sobre o mesmo rio. Assim, qualquer um dos empreendimentos que venha a ser implementado vai ter como consequência a fragmentação do habitat a montante da barragem, pois não foram identificados obstáculos naturais relevantes ao longo do rio Perdido.

Caso a usina localizada mais a jusante no rio Perdido venha a ser construída, aproximadamente 10% da rede de drenagem total da bacia será desconectada do restante, ficando indisponível para a migração de peixes. Caso a usina localizada mais a montante no rio Perdido venha a ser construída, cerca de 3% da rede de drenagem total da bacia ficará desconectada do restante.

3.2.8 Síntese Da Análise Da Conectividade

Na região do Alto Paraguai, o índice de conectividade pode cair do valor atual de 90% para cerca de 82%. Os rios Sepotuba e Formoso são particularmente relevantes para a desova de peixes. Manter seus trechos livres de barragens permite um impacto menor de perda de conectividade.

Os resultados revelam que as bacias dos rios Cuiabá e Taquari apresentam maior impacto potencial de perda de conectividade para peixes migradores caso as usinas previstas no inventário hidrelétrico atual sejam construídas.

Na bacia do rio Cuiabá, o índice de conectividade pode cair dos atuais 90% para cerca de 15%, caso sejam construídas as usinas localizadas ao longo do eixo do rio principal. Caso o impacto sobre a população de peixes seja da mesma ordem de grandeza, essa alteração possivelmente inviabilizaria as atividades econômicas relacionadas com os peixes migradores (turismo, pesca difusa e profissional), tanto na bacia do rio Cuiabá, como em boa parte da RH-Paraguai.

Na bacia do rio Taquari, o índice de conectividade pode cair dos atuais 83% para cerca de 18%, caso sejam construídas as usinas localizadas ao longo dos rios Coxim, Jauru e Taquari. Também nesta bacia, a perda de conectividade pode resultar em uma queda relevante na população de peixes migradores, impactando significativamente o turismo de pesca, a pesca difusa e a pesca artesanal, tanto na bacia do Taquari como em boa parte da RH-Paraguai.

Nas bacias dos rios Piquiri/Correntes e São Lourenço a construção das novas usinas hidrelétricas identificadas pelo inventário hidrelétrico adotado não deverão trazer alterações profundas de perda de conectividade. A Figura 17 apresenta o resultado da segunda etapa de análise do fluxograma: as áreas não estratégicas (resultado da etapa 1), acrescidas das áreas estratégicas com reduzido impacto no índice de conectividade dendrítica (resultado da etapa 2), ou seja, áreas em que a instalação de EHs não causaria impactos adicionais aos recursos pesqueiros.

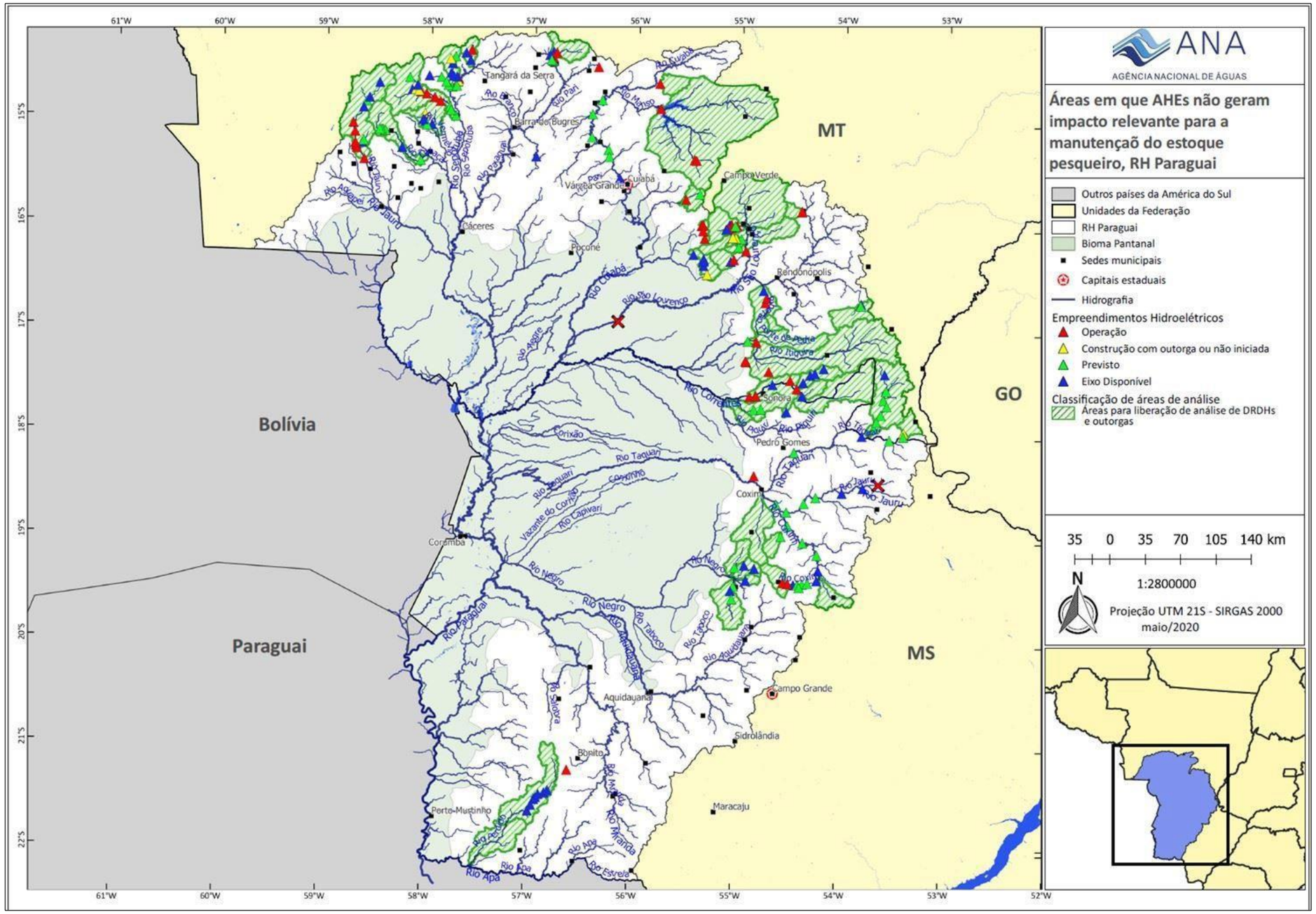


Figura 17 - Áreas não estratégicas e áreas estratégicas com reduzido impacto no índice de conectividade dendrítica.

3.3 Pesca Profissional Artesanal, Pesca Difusa e Turismo de Pesca.

Para mapear a ocorrência e a relevância da pesca na RH-Paraguai foram consideradas as três modalidades principais, que demandam estratégias diferenciadas de pesquisa e análise: Pesca Profissional Artesanal, Pesca Difusa e Turismo de Pesca.

A Pesca Profissional Artesanal consiste naquela praticada por pescadores que exercem a atividade da pesca legalmente com finalidade profissional comercial e associados a Colônias de Pesca ou Associações de Pesca. A Pesca Turística (ou Turismo de Pesca) consiste no ramo de turismo movimentado em virtude do fluxo de turistas com a finalidade específica ou combinada com a pesca. O terceiro segmento, a Pesca Difusa (ou amadora) compreende a atividade de pesca realizada por moradores da região que não são pescadores profissionais. Os resultados para cada segmento são sintetizados nos próximos itens.

3.3.1 Pesca Profissional Artesanal

A área de estudo para a pesca profissional artesanal compreendeu toda a RH-Paraguai, incluindo a região de planalto e o Pantanal, uma vez que ocorre em toda a região, em função das migrações reprodutivas dos peixes. Os pescadores profissionais artesanais organizam-se em 18 Colônias de Pescadores, sendo oito em Mato Grosso do Sul e 10 em Mato Grosso, localizadas nas proximidades das sedes de municípios. Existem, ainda, duas associações, a Associação dos Pescadores Artesanais de Isca de Miranda - APAIM, localizada em Miranda (MS) e a Associação dos Pescadores de Cáceres – APEC, localizada em Cáceres (MT). As colônias e associações foram contatadas e informadas sobre os objetivos deste estudo. Tornaram-se parceiras fundamentais, que facilitaram o acesso aos pescadores profissionais artesanais filiados.

Com relação ao perfil socioeconômico do pescador profissional, as pesquisas concluíram que:

- O pescador é predominantemente homem (65%).
- Está na pesca há mais de 10 anos.
- Tem em média 50 anos o homem e 45 anos a mulher.
- Possui ensino fundamental incompleto (55,4% dos respondentes), mas 10% não possuem escolaridade.
- 1/3 (33%) dos pescadores pratica a pilotagem, sendo a adesão a essa atividade bastante distinta entre as regiões do estudo, tendo em 20% dos casos a participação da esposa e em menores proporções também de outras pessoas, e ganha em média aproximadamente R$ 680,00/mês com essa atividade.
- Menos de 20% praticam a coleta de iscas, sendo essa atividade bastante distinta entre as regiões do estudo, sendo praticada

principalmente pelo pescador, mas com a participação da esposa, obtendo um rendimento de aproximadamente R$ 860,00/mês.

- Muito poucos (4%) realizam a atividade de cuidador de ranchos; quando a realizam normalmente é outro membro da família e ganha em média aproximadamente R$ 750,00/mês com a atividade.
- Muito poucos (3%) realizam a atividade de ofertar refeições de ranchos, e quando a realiza normalmente é a esposa ou outro membro da família, e ganha em média aproximadamente R$ 650,00/mês com a atividade.
- 26% em média praticam outras atividades, como vendas no comércio, doméstica, servente ou pedreiro, funcionalismo público e bicos em geral, ganhando em média aproximadamente R$ 850,00/mês com a atividade.
- 45% criam animais, como ovinos e suínos.
- 20% cultivam hortas, especialmente para temperos e hortaliças.
- 50% dos pescadores tem algum membro da família beneficiário de programa social ou aposentadoria, sendo a maioria do Bolsa-Família, mas também INSS, gerando uma renda de aproximadamente R$ 600,00/mês.
- Sobre sua moradia: habitam em média 4 pessoas, é casa (99%) de alvenaria com revestimento (71,7%), já quitada (80,4%), com água encanada (91%), com energia elétrica (99,6%), possui rede elétrica (97,5%), com lixo coletado por serviço de saneamento básico (84,2%).

A Figura 18 mostra as áreas de pesca, colônias e os empreendimentos hidrelétricos na RH-Paraguai. Para a execução desses estudos, foi realizado o mapeamento e definição das sub-bacias relacionadas a cada colônia e região pesqueira, de forma a utilizar para os estudos de estatística pesqueira.

O monitoramento detalhado de pescadores na temporada de 2018 foi realizado para caracterizar em maior detalhe os locais de trânsito e pesca. Um resumo dos principais indicadores é apresentado na Figura 19. Os números serão detalhados na sequência.

Cabe destacar que os dados de estatística pesqueira foram gerenciados no aplicativo "Sistema de Monitoramento da Pesca Artesanal da RH-Paraguai – SIMPA", especialmente concebido pela Embrapa Pantanal para este estudo (Figura 20).

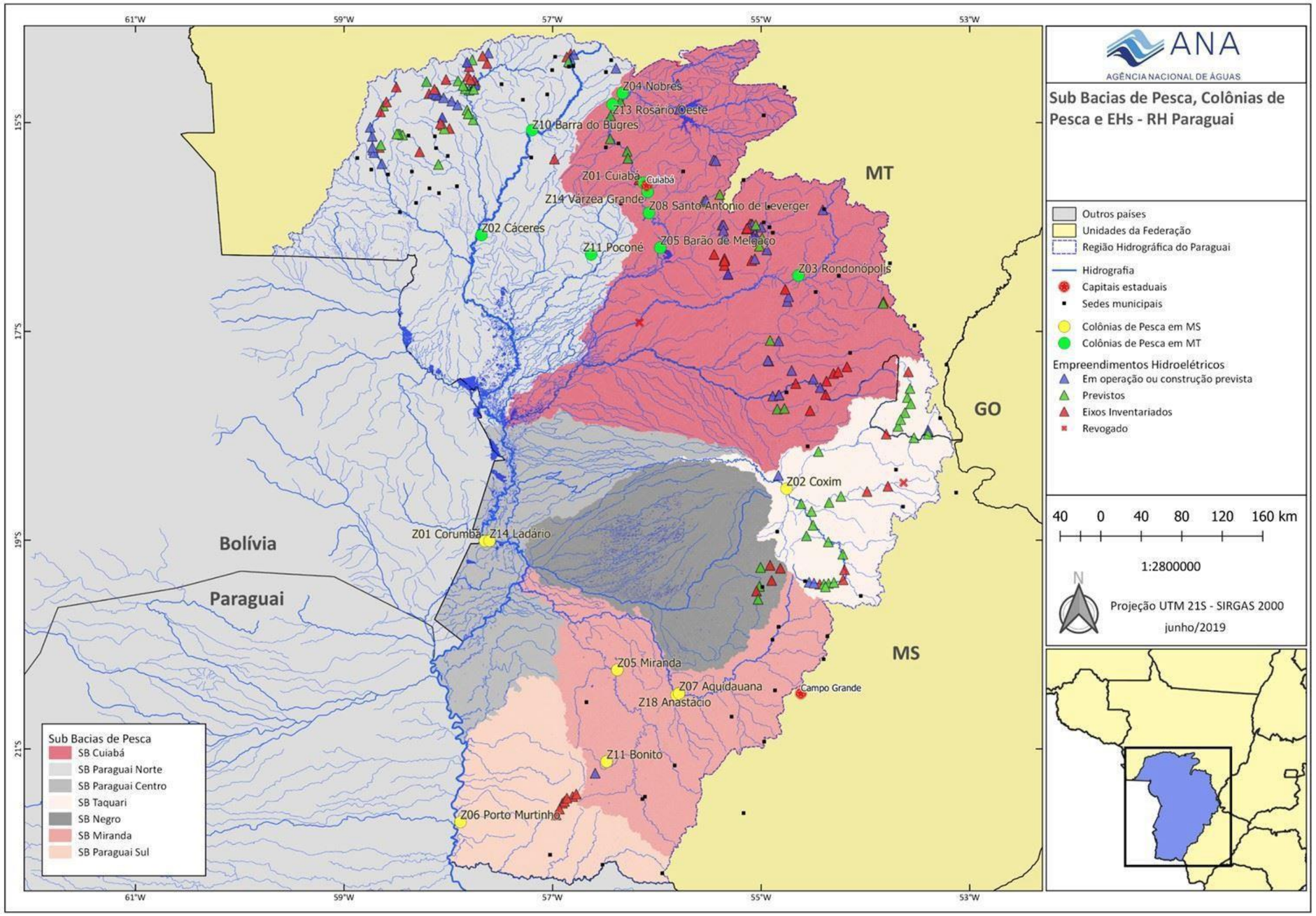


Figura 18 - Áreas de pesca, colônias e os empreendimentos hidrelétricos na RH-Paraguai.

Figura 19 - Síntese dos principais resultados da pesca profissional artesanal.

Figura 20 - Tela inicial desenvolvida para o "Sistema de Monitoramento da Pesca Artesanal da RH-Paraguai".

Na etapa inicial de cadastro geral, obteve-se um total de 9.663 colonos, isto é, pescadores registrados nas Colônias da RH-Paraguai, sendo 6.326 em Mato Grosso e 3.337 em Mato Grosso do Sul. Baseando-se na proporção de pescadores frequentes ou ocasionais na amostra inicial de colonos, obteve-se o total de pescadores em relação ao número de colonos cadastrados. Assim, a estimativa do total de pescadores é de 7.667 para todas as colônias da RH-Paraguai, sendo 5.079 em Mato Grosso e 2.588 em Mato Grosso do Sul.

O número total de pescadores amostrados ao longo da pesquisa, que foram ativamente monitorados pelos coletores de dados, foi de 876 pescadores, sendo 491 em Mato Grosso e 385 em Mato Grosso do Sul, o que corresponde a uma amostra abrangente de 11,4% do universo.

Para efeito deste estudo, adotou-se como definição de uma "pescaria", o período em que o pescador se desloca para o local de pesca e retorna, podendo ter duração de um ou mais dias. Para cada pescaria, foi registrada a data de início, a data final, o nome do rio, a região de pesca, as espécies capturadas, o número de peças e de quilogramas por espécie.

O monitoramento dos pescadores em uma temporada completa de pesca resultou na coleta de dados de 21.754 pescarias (cerca de 25 pescarias por pescador). Foram monitoradas 8.774 pescarias em Mato Grosso e 12.980 em Mato Grosso do Sul. As entidades de classe com maior número de pescarias monitoradas foram as Colônias de Várzea Grande (2.751), Rosário Oeste (1.134), Santo Antônio do Leverger (1.068) e Cuiabá (847) em Mato Grosso e as Colônias de Coxim (3.083), Corumbá (1.939), Porto Murtinho (1.809) e Bonito (2.098) em Mato Grosso do Sul.

Após processamento e análise da massa de dados coletados, o desembarque total de pescado na RH-Paraguai em 2018 foi estimado em 4.995 toneladas. Considerando a margem de erro da estimativa de 2,6% (130 toneladas), o desembarque encontra-se compreendido entre 5.124 e 4.865 toneladas. Especificamente para o Mato Grosso, o desembarque total estimado foi de 2.890 toneladas, com erro de 2,8% (75 toneladas), compreendido entre 2.958 e 2.809 toneladas. Para o Mato Grosso do Sul, o desembarque total foi estimado em 2.105 toneladas, com erro de 4,9% (103 toneladas), compreendido entre 2.002 e 2.209 toneladas.

Nas Colônias, o desembarque pesqueiro anual variou de 148 toneladas na Z03 – Rondonópolis até 950 toneladas na Colônia de Várzea Grande, ocorrendo desembarques menores de 17 toneladas na Z13 – Rosário Oeste e de 43 toneladas na Z04 – Nobres. O coeficiente de variação ficou compreendido entre 4,8% e 12,4% para essas estimativas, ocorrendo um valor mais elevado de 23,3% na Z04 – Nobres, indicando maior variabilidade dos desembarques entre estes pescadores. Em Mato Grosso do Sul, o desembarque anual estimado para as Colônias variou de 88 toneladas na Z18 – Anastácio até 535 toneladas na Z02 – Coxim. O coeficiente de variação ficou compreendido entre 3,6% e 15,4% para essas estimativas.

A maior captura foi do pintado (1.168 toneladas), que representou cerca de 23% do desembarque total de 4.995 toneladas. O pacu, uma das espécies mais apreciadas pela população local, foi a segunda espécie mais capturada, representando 16% do total. O terceiro maior desembarque foi de piavuçu (618 toneladas), equivalente a 12%. O desembarque total de piraputanga, jau, barbado, piau, jurupoca, pacupeva

e jurupensém variou entre 86 e 275 toneladas, representando entre 1,7% e 5,5% do total. O coeficiente de variação para a estimativa de todas essas espécies variou entre 6,0% e 14,6% (Figura 21).

Os desembarques de dourado (38 toneladas) e curimbatá (30 toneladas) foram os menores entre as espécies migradoras em função das normas estaduais e municipais de pesca. O dourado é uma das espécies mais carismáticas que atraem os pescadores amadores para a região. Por essa razão, sua captura foi proibida por norma estadual em Mato Grosso e em alguns municípios pesqueiros de Mato Grosso do Sul, como Corumbá e Aquidauana, por meio de normas municipais.

Sendo um peixe de hábito alimentar iliófago, base de cadeia alimentar, estima-se que o estoque pesqueiro do curimbatá esteja entre os maiores da região. Contudo, como a captura dessa espécie é realizada principalmente por meio de tarrafa, petrecho de pesca não permitido atualmente pelas normas estaduais de MT e MS, sua captura por meio de anzol é pouco produtiva, levando ao menor desembarque entre os migradores. O desembarque das demais espécies, migradores de curta distância e não migradores, reunidas em "outros", foi estimado em 506 toneladas, representando 10% do total da RH-Paraguai.

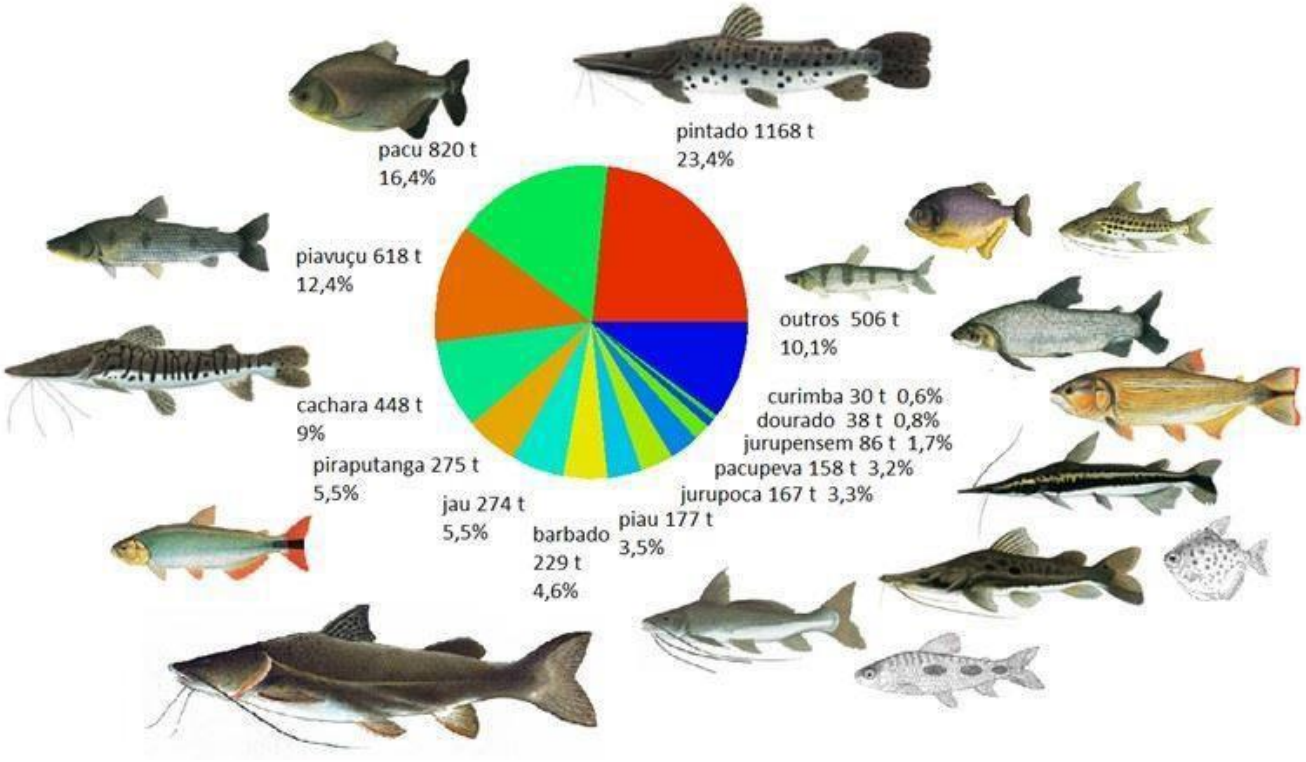


Figura 21 - Captura por espécie na Região Hidrográfica do Paraguai.

O esforço pesqueiro total na RH-Paraguai foi estimado em 580.759 dias de pesca, sendo 75% (437.397) empreendido em Mato Grosso e 25% (143.363) em Mato Grosso do Sul. O esforço anual estimado para as Colônias de MT variou entre 5.076 na Z13 – Rosário Oeste e 111.198 na Z14 – Várzea Grande. Contudo, o esforço pesqueiro foi menor nas Colônias de MS, variando de 6.283 na Z18-Anastácio a 33.646 na Z01 – Corumbá. Observa-se, com tendência, que a relação das capturas e respectivos esforços de pesca foram coerentes dentro de cada estado, isto é, quanto maior o

esforço pesqueiro maior a captura. Observa-se que o número de pescadores de Mato Grosso (5.079) foi quase o dobro do número de Mato Grosso do Sul (2.588), porém, o desembarque total estimado para o primeiro foi apenas 1,4 vezes maior que o segundo, o que reflete diferença no rendimento da pesca entre essas regiões.

Observou-se, ainda, que há relativamente pouca sobreposição espacial da atividade pesqueira dos pescadores de MS e MT, indicando que eles pescam em locais distintos. Esse fato pode ser decorrente da grande extensão dos rios e das áreas de pesca, com longas distâncias a serem percorridas. Além disso, na planície do Pantanal há poucas estradas em função das áreas de inundação, de modo que o transporte para os pescadores ocorre principalmente pelos rios.

A Captura por Unidade de Esforço – CPUE, que permite avaliar o rendimento das pescarias, foi definida como a quantidade de pescado capturada em quilogramas por pescador por dia de pesca. Para toda a RH-Paraguai, a CPUE foi estimada em 8,601 kg por pescador por dia, considerando uma margem de erro estatística de 0,4% (0,034 kg por pescador por dia), compreendendo, então, entre 8,567 e 8,635 kg por pescador por dia. Para o Mato Grosso, a CPUE foi estimada em 6,606 kg por pescador por dia, com erro de 2,3% (0,152 kg por pescador por dia), compreendida entre 6,454 e 6,758 kg por pescador por dia. A CPUE estimada para o Mato Grosso do Sul foi maior, equivalente a 14,685 kg por pescador por dia, com erro de 3,3% (0,485 kg por pescador por dia), compreendida entre 14,200 e 15,170 kg por pescador por dia.

Especificamente para os peixes migradores, a CPUE em Mato Grosso foi estimada em 5,899 kg por pescador por dia, com erro de 2,5% (0,148 kg por pescador por dia), com valores compreendidos entre 5,752 e 6,047 kg por pescador por dia. Em Mato Grosso do Sul, a CPUE dos peixes migradores foi estimada em 13,31 kg por pescador por dia, com erro de 3,7% (0,493 kg por pescador por dia), compreendida entre 12,820 e 13,803 kg por pescador por dia. Conclui-se, portanto, que a proporção da CPUE dos peixes migradores em relação à CPUE total de cada estado foi equivalente a 88% para o Mato Grosso e 90% para o Mato Grosso do Sul. Esses valores bastante relevantes reiteram a importância do peixe migrador na sustentação da atividade da pesca.

A renda total dos pescadores profissionais artesanais na RH-Paraguai foi estimada pelo valor da primeira comercialização, inferior, portanto, à renda total potencial que ocorre em outros elos da cadeia. O valor global da primeira comercialização foi estimado em R$ 69.802.920,29, com uma margem de erro de 3,1% (R$ 2.164.448,53), variando entre R$ 67.656.471,76 e R$ 71.985.368,82. Para o Mato Grosso, a renda total estimada para os pescadores foi de R$ 38.014.094,90, com erro de 3,2% (R$ 1.216.451,03), compreendida entre R$ 36.797.643,86 e R$ 39.230.545,94. A renda total estimada para os pescadores de Mato Grosso do Sul foi equivalente a R$ 31.788.825,39, com erro de 5,7% (R$ 2.236.141.12), compreendida entre R$ 29.552.684,27 e R$ 34.024.966,51. A Tabela 7 apresenta valores detalhados por colônias de pesca.

No que se refere à renda média mensal da pesca profissional, em Mato Grosso foram alcançados valores superiores a dois salários mínimos (R$ 1.908,00) na Colônia de Santo Antônio do Leverger; superior a um salário mínimo nas colônias de Cáceres, Barra do Bugres, Poconé e Várzea Grande; inferior a um salário mínimo (R$ 954,00) nas colônias de Cuiabá e Nobres; e inferior a meio salário mínimo (R$ 477,00) nas colônias de Barão de Melgaço e Rosário Oeste. A renda média mensal por pescador foi mais elevada nas colônias de Mato Grosso do Sul, com valor superior a três salários mínimos

(R$ 2.862) nas colônias de Coxim e Porto Murtinho; superior a dois salários mínimos na Colônia de Miranda; superior a um salário mínimo nas colônias de Aquidauana, Bonito e Anastácio; e inferior a um salário mínimo nas colônias de Corumbá e Ladário. De modo geral, observa-se que a renda varia ao longo dos meses do ano, o que é esperado em função das variações naturais da disponibilidade e índice de captura dos peixes em cada região. Como tendência geral, verificou-se que a renda oriunda da captura dos peixes migradores representou mais de 90% da renda total.

Tabela 7 - Renda anual (R$), coeficiente de variação (%), número de pescadores (NP) e renda média anual por pescador (RMAP) por Colônia a partir do preço de primeira comercialização em 2018.

Região	Renda Anual (R$)	CV (%)	NP	RMAP (R$)
Bacia do Alto Paraguai	69.802.920,29	3,1	7.667	9.104,33
Mato Grosso	38.014.094,90	3,2	5.079	7.484,56
Z01 - Cuiabá	2.254.377,94	11,3	344	6.553,42
Z02 - Cáceres	6.587.497,90	10,0	668	9.861,52
Z03 - Rondonópolis	2.795.648,23	11,5	438	6.382,76
Z04 - Nobres	472.554,32	18,0	110	4.295,95
Z05 - Barão de Melgaço	2.359.563,40	13,6	1.206	1.956,52
Z08 - S. Ant. de Leverger	6.270.393,09	6,3	376	16.676,58
Z10 - Barra do Bugres	2.484.042,50	9,2	269	9.234,36
Z11 - Poconé	2.388.891,98	10,6	276	8.655,41
Z13 - Rosário Oeste	186.551,97	12,4	131	1.424,06
Z14 - Várzea Grande	12.214.573,55	5,6	1.261	9.686,42
Mato Grosso do Sul	31.788.825,39	5,7	2.588	12.283,16
Z01 - Corumbá	7.278.289,43	18,7	1.009	7.213,37
Z02 - Coxim	7.625.747,26	10,2	301	25.334,71
Z05 - Miranda	5.159.383,64	15,0	310	16.643,17
Z06 - Porto Murtinho	3.028.639,58	3,6	136	22.269,41
Z07 - Aquidauana	3.438.390,54	11,7	260	13.224,58
Z11 - Bonito	2.094.679,35	8,1	151	13.872,05
Z14 - Ladário	1.929.772,62	10,6	321	6.011,75
Z18 - Anastácio	1.233.922,97	14,5	100	12.339,23

Destaca-se, por fim, que à renda da primeira venda da pesca propriamente dita, estimada em R$ 69,8 milhões de reais ao ano, soma-se a renda de outras atividades praticadas pelos pescadores profissionais. De acordo com as respostas aos questionários aplicados nas colônias, esses valores alcançam R$ 12,2 milhões de reais ao ano com a pilotagem; R$ 8,5 milhões com a coleta de iscas; e R$ 2,8 milhões de reais em ranchos (zeladoria e refeições). Com isso, os pescadores profissionais agregam uma renda de R$ 93,3 milhões de reais em atividades diretamente dependentes do recurso pesqueiro.

3.3.2 Pesca Difusa

A pesca difusa, definida no escopo desse estudo, compreende todas as atividades amadoras de pesca realizadas por moradores da região, ou seja, aquelas que não são realizadas nem por pescadores profissionais nem por turistas. Portanto, compreende atividades de pesca dos habitantes locais exercidas para a subsistência e/ou para lazer. Por seu caráter difuso e de autoconsumo, essa modalidade tende a ser desconsiderada em muitas análises, embora possua alta relevância no número de pessoas envolvidas e no valor que agrega como renda indireta.

O levantamento e a análise de dados primários pelas equipes de socioeconomia e de ictiofauna e estatística pesqueira permitiram dar visibilidade e números à pesca difusa, aproximando a simples percepção de sua importância a um diagnóstico preciso. Os indicadores da pesca difusa foram obtidos a partir das (i) declarações de espécies e quantidades pescadas, da frequência e duração das pescarias (*survey* com 4.274 questionários respondidos e grau de confiança de 95%); e (ii) dos valores de primeira venda realizados pelos pescadores artesanais profissionais (com base no monitoramento de 7.667 pescadores e 21.754 pescarias).

Os resultados mostram que a modalidade pesca difusa é, de fato, importante usuária dos recursos hídricos da RH-Paraguai, englobando 982,5 mil pessoas e gerando renda indireta anual da ordem de 1,45 bilhão de reais. A Tabela 8 apresenta indicadores agregados por região de integração.

A seguir destacam-se os resultados da pesquisa com relação aos grupos de municípios: o Grupo 1 (G1) representando os grandes municípios (acima de 75 mil habitantes); o Grupo 2 (G2), os municípios médios (entre 25 e 75 mil) e o Grupo 3 (G3), os municípios pequenos (abaixo de 25 mil). Foram considerados como participantes da RH-Paraguai 80 municípios, aqueles que têm a sua sede no interior da região (Figura 22).

O percentual de mulheres e homens é constante ao longo dos grupos, com maioria de homens. A variação entre os grupos é insignificante. Do ponto de vista etário, na amostra, o predomínio geral é de jovens e jovens adultos, ou seja, até 38 anos. Predominância mais evidente nas cidades grandes e médias que detém 52% dos entrevistados, contra o G3 teve 49,2%. Os adultos maduros (entre 39 e 58 anos, incluído) variaram entre 34% (G1) a 36,3% no G3. Os mais idosos têm presença significativa no G3, 18,8%, contra o grupo mais jovem do G2, 12,8%.

Tabela 8 - Valor socioeconômico por regiões de integração

Região	Valor médio da renda indireta por pescaria (R$)	Valor anual médio da renda indireta per capita do	Valor total anual da renda indireta da	Percentual do Valor Total na
Piquiri	81,95	1.632,74	14.663.312	1,0
Porto Murtinho	54,46	827,96	20.690.981	1,4
Pantanal	67,13	2.025,30	86.617.002	6,0
São Lourenço	41,15	606,40	64.744.992	4,5
Taquari	82,37	1.584,51	44.520.375	3,1
Miranda	68,6	1.095,.84	103.626.301	7,2
Altíssimo Paraguai	54,8	1.209,38	323.829.605	22,4
Cuiabá	92,19	1.930,81	788.915.557	54,5
RH-Paraguai	71,76	1.473,35	1.447.608.126	100

No caso da renda há uma clara linha ascendente dos que ganham menos de dois salários mínimos dos pescadores amadores nativos entre os grupos G1 – G2 - G3, respectivamente, 67%, 69% e 72%. E um alinha descendente, embora bem mais tênue, no caso dos que ganham mais de 7 salários mínimos: 3,3%, 2,9% e 2,6%.

Como resultado da pesquisa, pode-se afirmar que cerca de 2.201.792 habitantes da RH-Paraguai gostam de comer peixe, dos quais 1.268.736 nas grandes cidades; 402.278 nas cidades médias e 530.778 nas pequenas cidades. Em todos os grupos a predominância dos que gostam de peixe é extraordinária, acima de 90%, com exceção do G3. Tomando-se apenas os que declararam gostar de comer peixe há uma clara linha desdente entre as cidades grandes e pequenas. Caso soma-se os que declararam gostar de comer peixe com os que declararam gostar mais ou menos, ter-se-á uma preferência por comer peixe superior a 90% (93,6%) dos habitantes da BAP nas pequenas cidades (G3), nas cidades médias (G2) este percentual vai a 95,7% e nas grandes cidades (G1), 95,3%. Os que declaram não gostar de peixe sobrepassam os 5% (6,4%) apenas nas cidades pequenas G3.

Os habitantes da RH-Paraguai nas grandes cidades comem peixe com mais frequência do que os que habitam nas pequenas cidades. Nas grandes cidades a incidência dos que comem peixe semanalmente (41,6%), ou seja, aproximadamente 570 mil habitantes, é maior do que nos outros grupos (3,4%), nestes equivalendo a, aproximadamente, 150 mil (G2) e 187 mil (G3) habitantes. No caso desses grupos (G2 e G3) predominam aqueles que comem peixe mensalmente, 43,5% e 45,2%. Em nenhuma hipótese os que comem raramente peixe alcançam um quarto do universo.

Os que preferem os peixes provenientes da região são maioria em todos os grupos, mas com uma linha levemente descendente das cidades grandes às pequenas. A prática da pesca envolve 982,5 mil habitantes, sendo proporcionalmente maior nas cidades médias (G2), com 63,3% da população partícipe, ou seja, cerca de 281,5 mil habitantes. Há menor incidência nominal nas cidades pequenas (55,7%), que somam mais de 331 mil habitantes. Nas grandes cidades são 57% os que gostam de pescar, equivalendo a 787,5 mil habitantes. Para estes pescadores amadores nativos a pesca é um meio de subsistência e/ou de lazer.

A maioria dos que pescam o faz por lazer, pois não pesca com muita frequência. Varia de 47,7% (G1), 46,7% (G2) a 50,2% (G3) os que pescam de uma a seis vezes por ano. Os que pescam semanalmente situam-se em torno de 20% nas cidades pequenas e médias e mais de 1/4 nas cidades grandes. De toda forma, é expressivo o número dos pescadores amadores nativos semanais. Portanto, são mais de 70 mil habitantes da RH-Paraguai aqueles que têm a pesca como fonte de sobrevivência ou complemento de proteína animal.

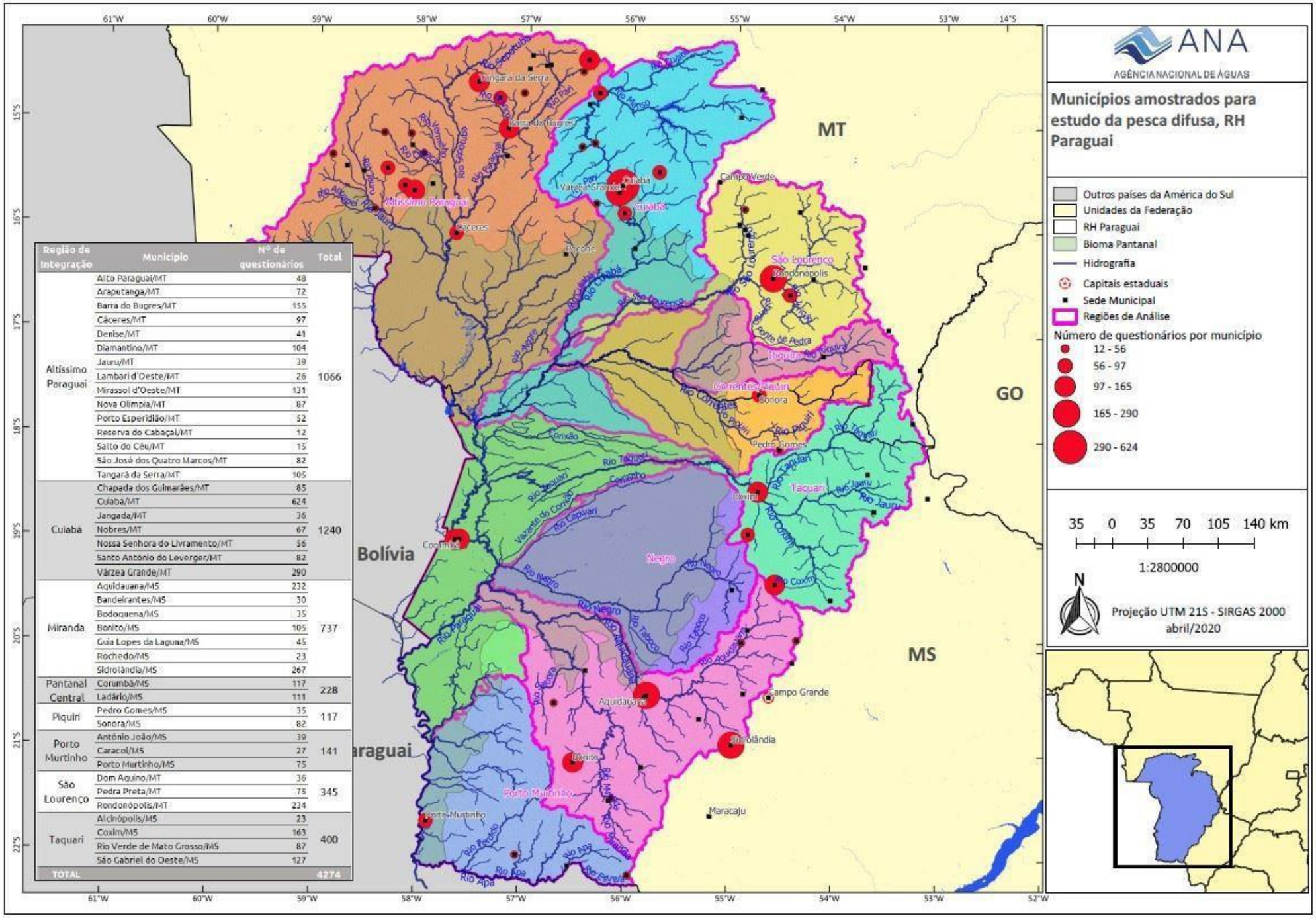
A duração da pesca, para mais de 80% dos pescadores amadores nativos da RH-Paraguai, concentra-se no espaço restrito de no máximo um dia. A tendência da pesca de pouca duração é confirmada pela localidade em que os pescadores amadores nativos costumam pescar: rios próximos. Em todos os grupos o percentual dos que tem essa preferência é superior a 2/3 dos pescadores. Os pescadores do G3 superam os demais nesta característica.

A questão sobre a forma adotada para a pesca, se embarcado ou não embarcado, confirmam os dados anteriores. O pescador amador nativo normalmente pesca em barranco, por no máximo um dia, normalmente poucas horas do dia, e próximo de suas residências.

Em todos os Grupos, a maioria dos pescadores amadores nativos considera a pesca como algo muito importante em suas vidas. As diferenças são pequenas, mas há uma leve linha descendente das cidades grandes às pequenas. Assim, quase 460 mil habitantes das grandes cidades da RH-Paraguai partilham a opinião de que a pesca é muito importante; mais de 159 mil nas cidades médias e cerca de 178 mil nas cidades pequenas. Os que a consideram como pouco importante não alcançam 20% em cada um dos grupos considerados.

Quando perguntados o que se deveria pagar por uma suspensão da pesca por tempo indeterminado, uma clara maioria nas cidades grandes respondeu que não havia como se pagar, pois o seu valor é inestimável. Entre 1/4 e 1/3 consideraram que não deveriam receber valor algum: eles são mais de 13,5 mil nas grandes cidades; mais de 48,5 mil nas cidades médias e cerca de 53,5 mil nas cidades pequenas, perfazendo um total de quase 117 mil habitantes.

A alta incidência de pescadores amadores nativos que declara pescar em rios próximos, no barranco e no máximo por um dia inteiro, e observada a sua faixa de renda, mostra que são pessoas simples, de poucas posses, que não tem muitos meios de locomoção ou de alugar barco. Eles consideram a prática da pesca como meio de subsistência e de lazer, de muita relevância. Para muitos é, praticamente, o único lazer. E, para outros, o único meio de obter proteína animal.



Região de Integração	Município	Nº de questionários	Total
Altíssimo Paraguai	Alto Paraguai/MT	48	1066
	Araputanga/MT	72	
	Barra do Bugres/MT	155	
	Cáceres/MT	97	
	Denise/MT	41	
	Diamantino/MT	104	
	Jauru/MT	39	
	Lambari d'Oeste/MT	26	
	Mirassol d'Oeste/MT	131	
	Nova Olímpia/MT	87	
	Porto Esperidião/MT	52	
	Reserva do Cabaçal/MT	12	
	Salto do Céu/MT	15	
	São José dos Quatro Marcos/MT	82	
	Tangará da Serra/MT	105	
Cuiabá	Chapada dos Guimarães/MT	85	1240
	Cuiabá/MT	624	
	Jangada/MT	36	
	Nobres/MT	67	
	Nossa Senhora do Livramento/MT	56	
	Santo Antônio do Leverger/MT	82	
	Várzea Grande/MT	290	
Miranda	Aquidauana/MS	232	737
	Bandeirantes/MS	30	
	Bodoquena/MS	35	
	Bonito/MS	105	
	Guia Lopes da Laguna/MS	45	
	Rochedo/MS	23	
	Sidrolândia/MS	267	
Pantanal Central	Corumbá/MS	117	228
	Ladário/MS	111	
Piquiri	Pedro Gomes/MS	35	117
	Sonora/MS	82	
Porto Murtinho	Antônio João/MS	39	141
	Caracol/MS	27	
	Porto Murtinho/MS	75	
São Lourenço	Dom Aquino/MT	36	345
	Pedra Preta/MT	75	
	Rondonópolis/MT	234	
Taquari	Alcinópolis/MS	23	400
	Coxim/MS	163	
	Rio Verde de Mato Grosso/MS	87	
	São Gabriel do Oeste/MS	127	
TOTAL			4274

Figura 22 - Municípios amostrados para estudo da pesca difusa e número de questionários realizados na RH-Paraguai

3.3.3 Turismo de Pesca

O que caracteriza o turismo de pesca, por alguns denominados de pesca amadora, desportiva ou esportiva, é a atratividade da prática de pesca. Não é o conhecimento do lugar, da paisagem, dos costumes locais, embora estes não sejam elementos ausentes. Claro que a beleza cênica é fator relevante, assim como a gastronomia local e, sobretudo, o conhecimento da pesca que têm os habitantes locais. Mas, em última instância, o que mais importa é a piscosidade dos rios, lagoas e similares. Por isso mesmo, a sazonalidade da pesca é fator central. Nesse caso, a sazonalidade é definida por dois parâmetros, sendo o mais importante o período da piracema ou defeso, no qual é proibida a pesca, e o segundo é o período de maior ou menor volume de peixes. No caso do Mato Grosso do Sul a alta estação começa em agosto e o período de permissão de pesca encerra-se em outubro. Já em Mato Grosso, a alta estação da pesca ocorre entre março e julho.

A piscosidade dos rios, lagos e similares define os melhores destinos turísticos. Há 86 municípios turísticos na RH-Paraguai, dos quais 53 compõem MT e 33, MS. Coxim, Miranda/Aquidauana, Corumbá/Ladário e Porto Murtinho são os locais mais visitados em Mato Grosso do Sul. Em Mato Grosso, a pesca turística se concentra também em poucos locais: Poconé (Porto Cercado e Porto Jofre), Santo Antônio de Leverger, Barão de Melgaço e Cáceres são os municípios mais importantes. Encontra-se também turismo de pesca em outros locais como, por exemplo, em Barra do Bugres e Rondonópolis, mas de forma relativamente incipiente.

Um detalhe importante na prática da pesca é que ela não é exclusiva dos turistas. Estes convivem com os pescadores profissionais e com os habitantes locais que, não sendo profissionais nem turistas, amam a prática da pesca, que aqui se denomina de Pesca Difusa, a qual abrange desde a pesca de subsistência até aquela praticada pelo simples lazer nos finais de semana.

Assim, determinados locais de muita prática de pesca, como os arredores de Cuiabá e Várzea Grande têm muitos praticantes de pesca, mas poucos turistas de pesca. Estes desembarcam em Várzea Grande, às vezes pernoitam nesta cidade ou na sua vizinha, Cuiabá, e no dia seguinte se dirigem aos destinos de pesca mais importantes. Por vezes, pernoitam já em Poconé (uma hora e meia de por rodovia do aeroporto de Várzea Grande) dirigindo-se, ao amanhecer do dia seguinte, para Porto Jofre ou Porto Cercado, ou vão diretamente a Cáceres (três horas por rodovia do aeroporto de Várzea Grande). Outra característica diferenciadora do turismo de pesca é a fidelidade dos turistas ao local. Há pequenas variações, do rio ou trecho do rio, mas sempre em torno de um determinado território. Essa é uma das razões que leva turistas de pesca, os mais aficionados, a comprarem ranchos ou barcos que lhes permitem ir e voltar várias vezes ao local com menor custo.

Outra característica, embora não exclusiva do turismo de pesca, é que os turistas, em geral, andam em grupos. Muito raramente o turista pescador se aventura sozinho a um determinado destino. Caminham em grupos de homens, ou de mulheres, mais recentemente, ou grupos de famílias. Algumas famílias saem sós

de sua moradia, mas se dirigem a um destino onde vão encontrar conhecidos ou amigos, em local e período pré-determinado.

Esse comportamento grupal, inclusive, faz com que o turista de pesca planeje suas viagens com certa antecedência. Os grupos de turistas reservam barcos hotéis ou hotéis com alguns meses de antecedência e, com certa frequência de forma direta, sem necessitar de agências ou receptivos. Com isso, estes elementos da cadeia de turismo tornam-se menos relevantes neste segmento.

Outra razão dessa antecedência, além do risco de não encontrar vagas nos hotéis ou barcos hotéis, é que este é um tipo de turismo caro. Seis dias em um barco hotel raramente custa menos do que R$ 5.000,00 (cinco mil reais) por pessoa, tudo incluído, ou seja, refeições, com bebidas, barco, piloteiro e isca, em valores 2018/2019. Segundo alguns pescadores, "tudo incluído, inclusive bebidas, a única restrição é uísque, máximo de cinco garrafas por pessoas". A diária completa também é custosa nos meios de hospedagem de terra. Uma diária completa (refeições, piloto, barco, isca, gelo) não sai por menos de R$ 1.200,00 (mil e duzentos reais) nos bons pontos de pesca, como Porto Jofre. Em outros locais é de R$ 600,00 ou R$ 800,00, por pessoa. Ao que se deve acrescentar os custos do translado aéreo ou de carro, e outras pequenas despesas que ocorrem em qualquer viagem (refeições, combustíveis, algum acessório esquecido etc.). Contudo, há locais de menor custo. Em Coxim é comum pesqueiros com diárias em torno de R$ 100,00 sem refeições ou R$ 200,00 ou R$ 300,00 com refeições simples. O preço do barco, piloteiro etc., é por conta e risco do hóspede.

No turismo de pesca na RH-Paraguai um alto volume de pessoas acessa os destinos turísticos por meio de transportes terrestres, ônibus ou carros. O que não significa que o transporte aéreo não seja muito utilizado. Campo Grande e Cuiabá são pontos de passagem dos turistas que chegam de São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e estados do sul do País, dentre outros. Para Corumbá, por exemplo, perto de 12% dos turistas chegam por avião. Em Porto Jofre há uma pista para pequenas aeronaves em uma das pousadas.

Outra especificidade do turismo de pesca é que muitos barcos hotéis, entre outros meios de hospedagem, funcionam como receptivos, oferecendo barcos e pilotos para a pesca em locais mais distantes e mais piscosos, sobretudo partindo de Cáceres ou Corumbá. Muitos oferecem também, meios de transporte do aeroporto até os meios de hospedagem.

Os objetivos centrais da pesquisa foram, além de traçar um desenho claro das características centrais do turismo de pesca na RH-Paraguai, definir indicadores, especialmente a renda, característicos da cadeia produtiva do turismo de pesca.

Os indicadores foram trabalhados no âmbito do coração da cadeia produtiva na região: os meios de hospedagem. Dadas as características do turismo de pesca na RH-Paraguai (em especial, a fidelização e o fornecimento conjugado de produtos e serviços), parte relevante dos gastos com outros elos da cadeia do turismo já é contabilizada nos meios de hospedagem. Ou seja, muitas diárias incluem, em diferentes graus, refeições completas, barcos de pesca,

combustível, piloteiros, iscas etc. Levantamentos primários complementares em bares e restaurantes e lojas de material de pesca também são apresentados de forma complementar neste segmento.

Pelas dificuldades de caracterização dos indicadores do turismo de pesca e limitação de dados secundários disponíveis, foram levantados dados primários, buscando-se o melhor diagnóstico possível diretamente em campo, fazendo uso de observação direta, aplicação de questionários em estabelecimentos e entrevistas com atores-chave locais. Foi possível coletar quantidade suficiente de informações para traçar um diagnóstico relevante do turismo de pesca. Ao mesmo tempo, os números devem ser interpretados como um piso para qualquer análise, sujeito a aumentos na medida em que outros meios de hospedagem (incluindo os ranchos próprios) e outros elos da cadeia possam ser identificados e medidos.

Foram identificados 92 meios de hospedagem em Mato Grosso do Sul (sendo 23 barcos hotéis) e 50 em Mato Grosso, incluindo os barcos hotéis. Estes constituem a parte mais rentável do turismo. Embora constituam pouco mais de um quarto dos meios de hospedagem, os barcos hotéis são responsáveis por mais de 2/3 do faturamento total e mais da metade dos empregos (54%). Faturamento este que alcança o montante anual de R$ 88.731.195 em Mato Grosso do Sul para atender 122.971 turistas. No caso de Mato Grosso, faturamento está em torno de R$ 32.450.872 para atender 100.609 turistas. O turismo de pesca movimenta, portanto, 223.580 turistas que contribuem para um faturamento de R$ 121,18 milhões de reais apenas nos meios de hospedagem.

Os turistas gastam, em média, R$ 731,00 ao dia em Mato Grosso do Sul e R$ 266,00 em Mato Grosso, porém, com grandes variações dentro da região e forte influência da quantidade de informações de barcos hotéis. A variação se dá, sobretudo, entre os turistas dos barcos hotéis que gastam localmente pelo menos R$ 5.000,00 per capita por viagem, enquanto os turistas de Coxim, por exemplo gastam R$ 241,00 valor este abaixo da média dos gastos diários em MS segundo a Fundação de Turismo de MS (R$ 262,00).

O valor médio das diárias é ainda menor em Santo Antônio do Leverger, Barra do Bugres e Nobres, R$ 150,00. É claro que os turistas de barco hotéis têm tudo incluído em sua diária, enquanto os de Coxim, Santo Antônio do Leverger, Barra do Bugres e Nobres, em boa parte, não têm nem as refeições. Mesmo assim, a diferença se mostra relevante, denotando dois tipos de turistas, os de alto poder aquisitivo, que preferem os barcos hotéis, e os de baixo poder aquisitivo que preferem as pequenas pousadas, ranchos e campings. Os primeiros, na maior parte, provêm de estados como São Paulo, Minas Gerais e Paraná, enquanto os segundos destinos atraem muitos turistas regionais.

Coxim é o destino turístico menos rentável, pois é responsável por 41% dos turistas do Mato Grosso do Sul, mas por apenas 14% do faturamento. É, portanto, o local de turismo de pesca mais barato, com seus pequenos e modestos meios de hospedagem. Seus turistas chegam em geral de carro, provindo do interior de São Paulo e outros estados.

Os meios de hospedagem de Corumbá e Miranda ocupam uma posição intermediária. Em Miranda o gasto médio do turista e de R$ 273,00 enquanto em Corumbá este gasto é de R$ 257,00. Não se pode duvidar que os entrevistados têm a tendência de minimizar seu faturamento, assim como, os gastos com empregados. Alguns, inclusive, recusaram a prestar informações sobre estes aspectos. Do lado do Mato Grosso, afora os barcos hotéis, sobretudo em Cáceres e Poconé.

Em Mato Grosso, Cáceres e Cuiabá apresentam-se como os maiores destinos turísticos. Os turistas de pesca de Cuiabá são turistas de pernoite para outros destinos, particularmente, Cáceres e Poconé, já que estes destinos não têm aeroportos para aviões de grande porte, e Cuiabá não tem muitos lugares de pesca para turistas. Os tablados sobre o rio Cuiabá, nas cercanias da cidade recebem, em geral, pescadores amadores locais (caracterizados na modalidade de "pesca difusa nativa"). Os turistas de maior poder aquisitivo dirigem-se para Cáceres e Porto Jofre (Poconé).

As tabelas 9 e 10 sintetizam as informações referentes ao Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, em seus principais polos de Turismo de Pesca.

Tabela 9 - Síntese de meios de hospedagem entrevistados: fluxo turístico, renda e emprego dos estabelecimentos nos municípios de MT, 2018.

MUNICÍPIOS	Meios de Hospedagem	Turistas (Fluxo/ano)	Faturamento (R$/ano)	Empregados (estoque/ano)	Total Salário (R$/ano)
Cáceres	24	53.900	26.622.840,00	124,5	836.667,00
Barra do Bugres	06	4.291,35	643702,50	05	51.840,00
Nobres	01	146,4	21.960,00	07	306.027,00
Cuiabá	05	17.568	4.109.265,00	29	276.000,00
Poconé	10	2.386	913.475,00	12	115.200,00
Barão de Melgaço	03	657	98.454,00	0,6	4.579,20***
Santo Antônio de Leverger	01	183	41.175,00	0,7	5.342,40
TOTAL	50	100.609	32.450.872,00	172	1.595.656,00

Notas: (***) O valor de salário total refere-se apenas aos MHs mistos do município de Barão de Melgaço. O MH especializado em turismo de pesca não possui empregados. Os próprios donos administram e realizam o atendimento, impossibilitando a realização dos cálculos.

Tabela 10 - Síntese de meios de hospedagem entrevistados: fluxo turístico, renda e emprego dos estabelecimentos nos municípios de MS, 2018.

Municípios	Meios de Hospedagem (número)	Turistas (fluxo/ano)	Faturamento (R$/ano)	Empregados (estoque/ano)	Total de Salários (R$/ano)
Coxim	40	49.875	12.128.073,0	65,75	631.200,00
Miranda	11	23.750	7.521.986,00	101	1.212.000,00
Corumbá	17	36.517	9.154.118,00	106	1.083.392,00
Corumbá - Barcos-Hotéis	22	11.511	59.637.000,00	284	9.035.000,00
Ladário	02	1.318	290.018,40	4,4	52.800,00
TOTAL	92	122.971	88.731.195,4	561,40	12.014.392,00

Destaca-se, por fim, que além do faturamento dos meios de hospedagens, a pesquisa identificou faturamento total de R$ 8,65 milhões de reais ao ano em 70 lojas de fornecimento de materiais de pesca e de R$ 6,0 milhões de reais ao ano em 81 bares e restaurantes.

3.3.4 Síntese da Pesca e Locais de Ocorrência

Nos tópicos anteriores foram apresentadas os principais resultados e análises dos três segmentos de pesca na RH-Paraguai. As pesquisas conduzidas pelas equipes de socioeconomia e de ictiofauna e estatística pesqueira geraram bases de dados amplas e robustas, com utilidade em diversas pesquisas e tomadas de decisão.

Especificamente para a gestão dos recursos hídricos, buscou-se caracterizar a pré-existência do uso da água pela pesca, em termos de localização e de relevância. O peixe migrador é o elemento integrador de todos os segmentos analisados, pois é a sua ocorrência que sustenta todo o uso associado.

Dentre os principais números agregados da pesca, destacamos nesta síntese:

> A **Pesca Profissional Artesanal** envolve 18 Colônias de Pesca e 02 Associações de Pesca. Foram identificados 9.663 colonos e 7.667 pescadores ativos na temporada de pesca 2018. Foram monitoradas 21.754 pescarias. Na RH-Paraguai, foram desembarcadas 4.995 toneladas de peixe em um ano, gerando uma renda direta de R$ 69,8 milhões de reais ao ano (valor da primeira venda). Atividades relacionadas à pesca de terceiros (pilotagem, coleta de iscas e serviços de zeladoria e refeições em ranchos) agregam mais R$ 23,5 milhões de reais ao ano. Com isso, os pescadores profissionais agregam uma renda de R$ 93,3 milhões de reais em atividades diretamente dependentes do recurso pesqueiro.

A **Pesca Turística (ou Turismo de Pesca)** movimenta 223.580 turistas ao ano que contribuem para um faturamento de R$ 121,18 milhões de reais apenas nos meios de hospedagem. Barcos-hotéis (turismo de alta renda) concentram 2/3 do faturamento anual dos meios de hospedagem. A pesquisa identificou faturamento adicional de R$ 8,65 milhões de reais ao ano em 70 lojas de fornecimento de materiais de pesca e de R$ 6,0 milhões de reais ao ano em 81 bares e restaurantes. Essa estimativa representa um piso, por contabilizar apenas o núcleo do faturamento com o turismo de pesca, não considerando gastos com deslocamentos e outros gastos diversos.

A **Pesca Difusa** é realizada por 982,5 mil pessoas (40% da população) e gera renda anual indireta de 1 bilhão e 450 milhões de reais, sendo, portanto, meio de subsistência e de lazer para uma parcela relevante da população da RH-Paraguai. Mais de 70 mil habitantes da RH-Paraguai pesca com alta frequência (no mínimo, semanalmente), tendo maior dependência potencial da atividade como fonte de sobrevivência ou complemento de proteína animal para toda a família.

Todas as pesquisas conduzidas, sintetizadas brevemente nesses grandes números, não deixam dúvida quanto à relevância da pesca como setor usuário da água, na maior área úmida do planeta e suas áreas de contribuição hidrográfica. Além da intrínseca dificuldade de identificação e monitoramento, por se tratar de uso não consuntivo da água, a pesca não pode ser expressa em termos de vazão ou de concentração.

Uso pré-existente relevante da água na RH-Paraguai, a pesca tende a ocorrer em qualquer ponto do território com razoável acessibilidade a rios com bom estoque pesqueiro. A consideração de usos na tomada de decisão requer, por outro lado, a localização mais precisa da ocorrência do uso e dos usuários.
As pesquisas conduzidas identificaram os trechos de rio de ocorrência relevante de cada segmento da pesca, apresentados nas Figuras 23, 24 e 25.

A pesca profissional e pesca difusa apresentam muitas áreas de influência comuns, vinculadas com a proximidade dos centros urbanos de residência dos pescadores. Os pescadores profissionais, entretanto, trabalham em barcos e percorrem maiores distâncias, atuando mais no piscoso Pantanal. O pescador difuso exerce atividade muitas vezes no barranco a partir de um primeiro deslocamento terrestre. O turismo de pesca, onde se encontram as maiores embarcações, inclusive os barcos-hotéis, está concentrado no Pantanal.

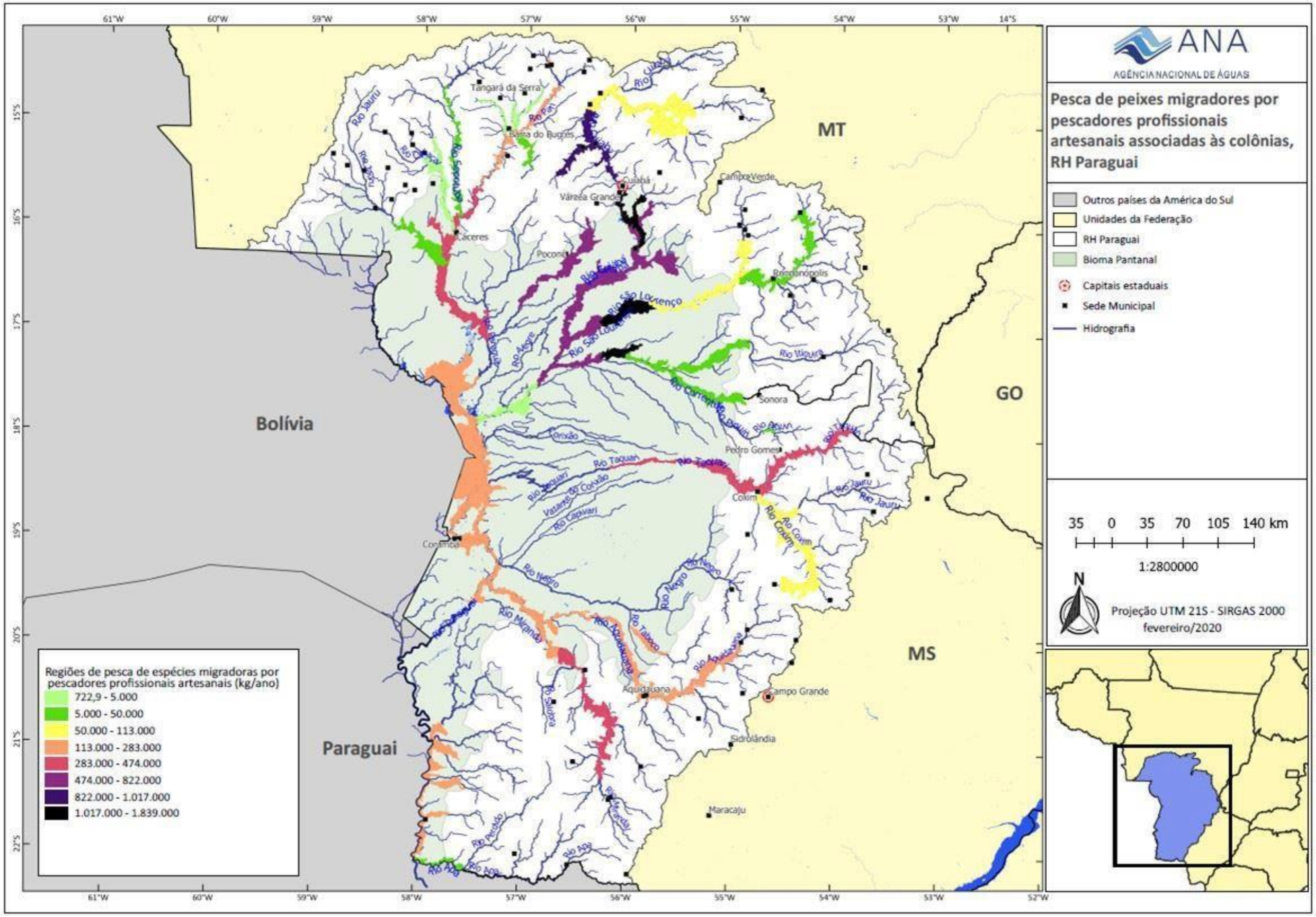


Figura 23 - - Espacialização da pesca profissional da RH-Paraguai

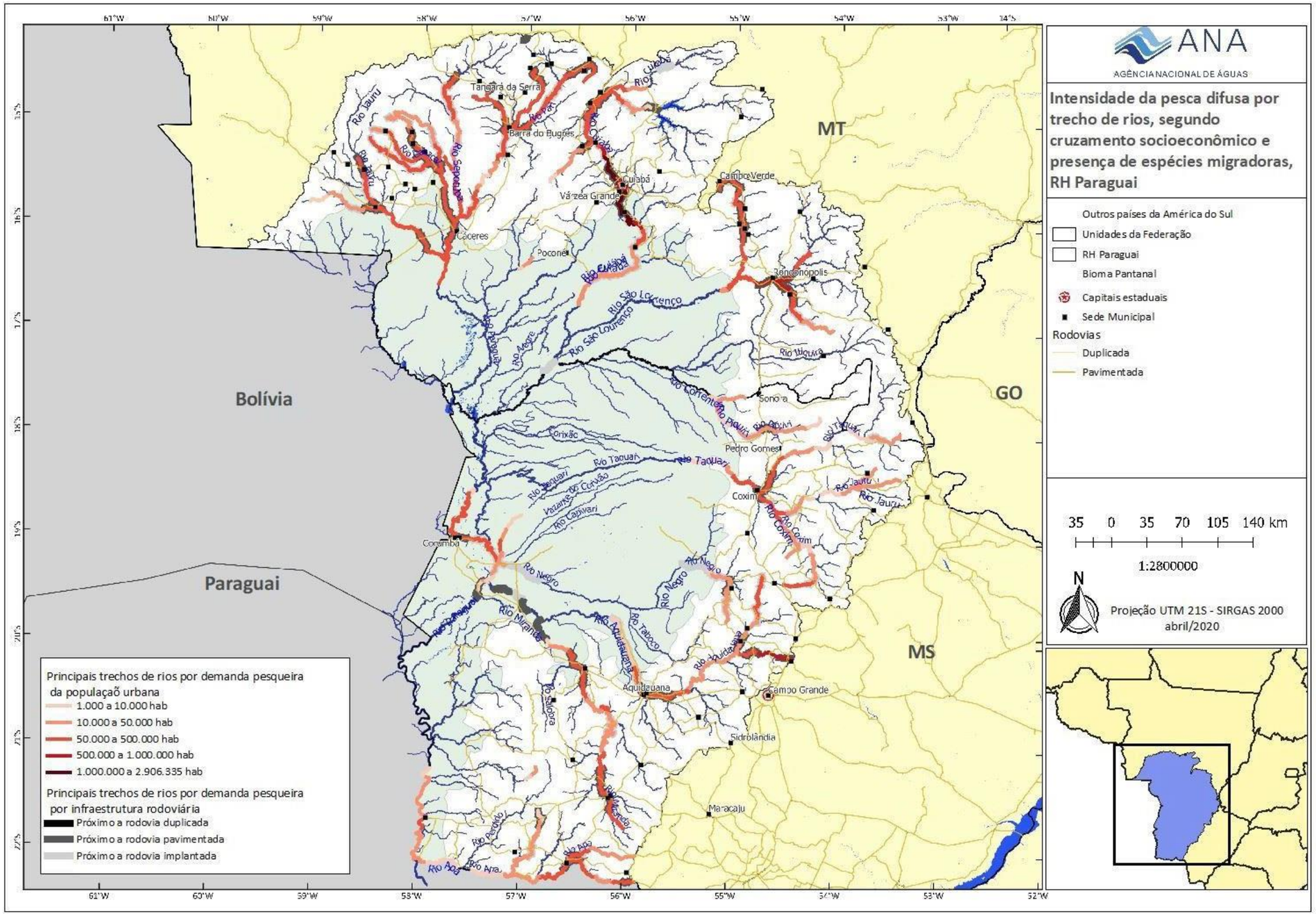


Figura 24 - Espacialização da pesca difusa na RH-Paraguai.

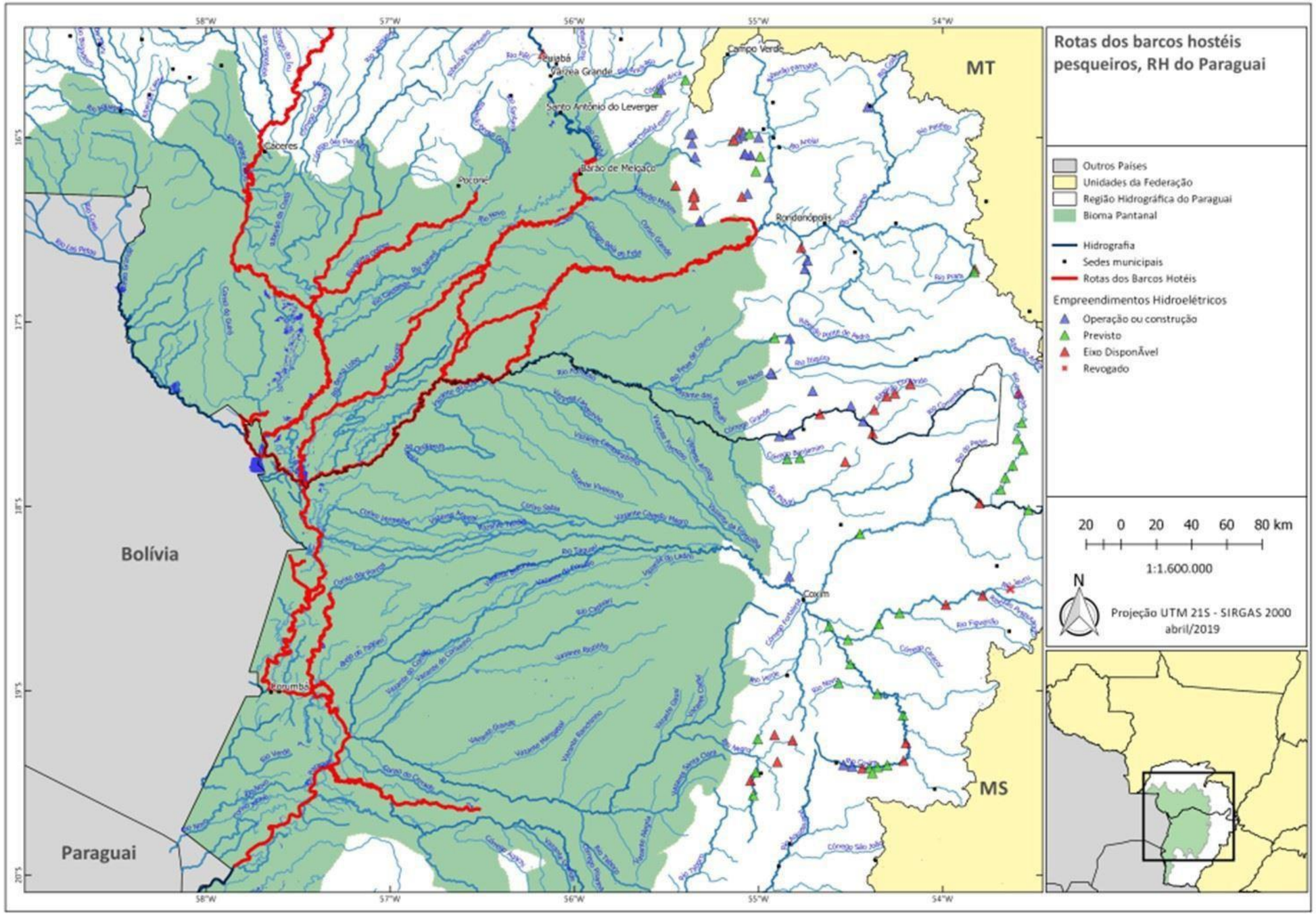


Figura 25 - Espacialização do turismo de pesca na RH-Paraguai

3.4 Hidrologia e Qualidade de Água

3.4.1 Alterações Hidrológicas

Usinas hidrelétricas com reservatórios de pequeno volume útil não são capazes de alterar o regime hidrológico de forma profunda, quando as alterações são avaliadas com base em dados de vazões médias diárias. No entanto, estas usinas podem alterar fortemente o regime hidrológico em escala temporal sub-diária, com aumentos e reduções bruscas de vazão realizadas em poucas horas durante um dia. Estas alterações são causadas por operações das usinas para atender os picos de demanda por energia elétrica, e têm sido chamadas de *Hydropeaking* na literatura internacional. Os impactos ambientais do *Hydropeaking* são diversos, afetando a produção primária, invertebrados bentônicos e peixes.

No presente projeto foi implantada uma metodologia para simular a operação de usinas gerando *Hydropeaking* utilizando o modelo hidrológico MGB, previamente calibrado para a RH-Paraguai. Através de simulação com uma solução analítica da equação de advecção-difusão foi possível avaliar como o pulso artificial de cheia (*hydropeaking*) em escala sub-diária se propaga e se atenua à medida que segue para jusante.

Os resultados mostram que uma fração expressiva dos maiores rios da região do Planalto podem ser afetados por alterações de regime hidrológico em escala sub-diária. Esses efeitos tendem a se dissipar em pontos localizados a jusante das usinas, mas podem ser perceptíveis em distâncias superiores a 100 km, em alguns casos. No caso do rio Cuiabá, os efeitos do *hydropeaking* poderiam, potencialmente, ser sentidos até o interior da planície pantaneira.

As limitações do método utilizado estão relacionadas aos seguintes aspectos:

a) A real operação das barragens ainda não operativas não é conhecida. Os resultados obtidos representam um potencial de área atingida, que pode ser maior ou menor, dependendo das condições reais de operação. Com base em registros operacionais de barragens já existentes, foi adotada a hipótese, realista, que qualquer PCH pode gerar pulsos de aumento de vazão, com duração de 4 horas, em que a vazão é subitamente aumentada em 100%, retornando ao valor original após as 4 horas. Caso na operação real da usina a magnitude da alteração seja maior (150%, por exemplo) então o efeito poderá ser sentido a distâncias ainda maiores do que as aqui obtidas. Por outro lado, caso a operação da usina resulte em alterações de vazão inferiores (apenas 50% por exemplo), então o efeito tenderá a ser sentido apenas em pontos localizados mais a montante, mais próximos da usina. Da mesma forma, caso a duração do aumento de vazão na operação real da usina seja maior do que 4 horas, o efeito será sentido a distâncias maiores do que as simuladas aqui;

b) A geometria hidráulica dos rios não é perfeitamente conhecida. Isto pode afetar os resultados do modelo, na medida em que os parâmetros de celeridade e difusividade podem ser alterados. No entanto, testes realizados utilizando essa metodologia no rio São Francisco, a jusante da usina hidrelétrica de Três Marias, por exemplo, mostram que, mesmo com relativa carência de dados de geometria hidráulica, a onda de cheia resultante da operação de um reservatório é razoavelmente bem representada.

Na região noroeste da RH-Paraguai, onde estão os rios Sepotuba, Cabaçal, Juba e Jauru e onde estão sendo construídas ou projetadas muitas usinas hidrelétricas, os resultados estão sintetizados na Figura 26. Nessa figura os trechos da rede de drenagem em cores vermelho, laranja ou amarelo representam aquelas com impacto considerado muito alto, ou seja, aqueles cuja alteração hidrológica foi superior a 40%. Percebe-se que, sempre que no trecho simulado existe um barramento, o fator de impacto é de 100%. Porém, à medida que os picos se propagam a jusante, rapidamente os efeitos são atenuados na rede de drenagem, principalmente quando o rio no qual ocorre a perturbação encontra outro rio de grande vazão.

Este é o caso, por exemplo, dos impactos decorrentes da operação da usina Araras, localizada no rio Jauquara. Observa-se que ao longo do rio Jauquara o valor do Fator de alteração de regime hidrológico Sub-Diário (FSD) permanece superior a 10% até a sua foz, no rio Paraguai. A partir da confluência com o rio Paraguai, entretanto, o valor do FSD cai rapidamente, tornando-se praticamente imperceptível (<1%) a cerca de 20 km a jusante da confluência. Por outro lado, em rios que percorrem longas distâncias sem afluentes relevantes, como é o caso do rio Jauru e do rio Sepotuba, o impacto de alteração de regime sub-diário pode ser percebido a longas distâncias das usinas.

As perturbações da vazão em função da operação da usina Figueirópolis, no rio Jauru, é perceptível com valores do FSD superiores a 10% a uma distância de, aproximadamente, 100 km da usina. Além disso, o valor do FSD ainda é perceptível (1%) até a confluência com o rio Paraguai. A jusante da confluência dos rios Paraguai e Jauru, entretanto, a alteração do regime em função de operações das usinas em escala sub-diária não é mais perceptível, sugerindo que estas alterações afetam longos trechos do rio Paraguai e de seus afluentes, mas não chegam até a região do Pantanal.

Na região nordeste da RH-Paraguai, que inclui a bacia do rio Cuiabá e de seu principal afluente, o rio Manso, o cenário de inclusão de todos os aproveitamentos hidrelétricos resulta em alterações de regime hidrológico sub-diário em quase todos os rios principais. No rio Cuiabá os efeitos de operação sub-diária podem ser considerados perceptíveis (1%) em trechos de rio localizados já na planície Pantaneira, na região de Barão de Melgaço e até a região da confluência com o rio São Lourenço.

Na região da bacia do rio São Lourenço os resultados mostram que os maiores impactos em termos de extensão são os decorrentes da operação hipotética da usina Poxoréo, que percorre aproximadamente 80 km com FSD superior a 10%, e da operação hipotética das usinas Bom Jesus e Santiago no rio Prata, em que

o valor do FSD permanece superior a 10% ao longo de, aproximadamente, 100 km.

Na bacia do rio Piquiri, destacam-se os aproveitamentos Itiquira e Itiquira III, que resultam em valores de FSD superiores a 20% ao longo de 70 km do rio Itiquira a jusante do local das usinas. Além disso, a existência de uma grande quantidade de usinas em toda a bacia neste cenário resulta em que muitos trechos de rio apresentam alto grau de impacto (FSD>40%), totalizando aproximadamente 250 km de rios nessa situação.

Da mesma forma, na bacia do rio Taquari a existência de 34 barramentos provoca um alto fator de impacto em diversos segmentos da bacia, incluindo os rios Ariranha, Taquarizinho, Jauru, Coxim e o próprio Taquari.

Por outro lado, os efeitos se dissipam à medida que o rio Taquari entra na região do Pantanal, e deixam de ser perceptíveis a aproximadamente 100 km da cidade de Coxim. Já na bacia do rio Negro os efeitos são percebidos apenas até a confluência com o córrego Anhuma.

Na bacia do rio Apa existem alguns empreendimentos hidrelétricos projetados na sub-bacia do rio Perdido. A Figura 26 mostra que os efeitos decorrentes dos picos de vazão são perceptíveis em toda a extensão do rio Perdido a jusante das usinas. Na foz do rio Perdido o valor do FSD é próximo de 9%, e, a jusante da confluência com o rio Apa, o valor do FSD cai para 1%, aproximadamente.

Ao todo são contabilizados cerca de 570 km alto grau de impacto (FSD>40%) no cenário em que os 180 novos barramentos são incluídos.

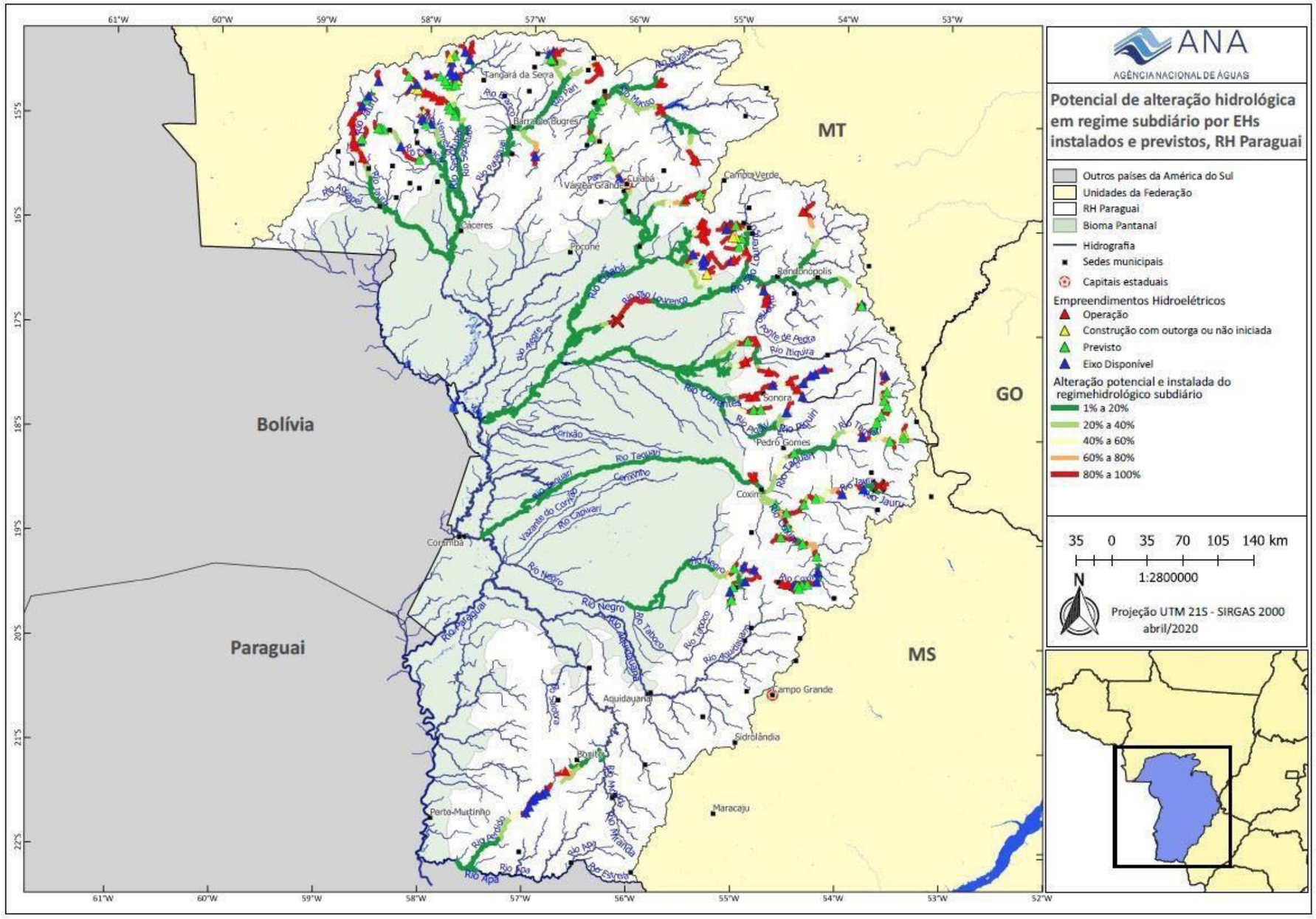


Figura 26 - Potencial de alteração no regime hidrológico sub-diário na RH-Paraguai.

3.4.2 Qualidade de Água e Hidrossedimentologia

A construção de barragens em sistemas fluviais tende a aumentar a seção transversal do rio e reduzir a velocidade de escoamento da água que adentra ao reservatório, o que provoca a sedimentação das cargas em suspensão e a interrupção do transporte de leito por arrasto. Como consequência, há redução da capacidade de transporte de sedimentos pelo rio, causando assim o assoreamento do reservatório, o que representa prejuízos ao próprio empreendimento, além de potenciais perturbações no equilíbrio geomorfológico do canal a jusante.

As alterações na morfologia do canal também estão geralmente associadas à perda da diversidade de habitats disponíveis para peixes e outros organismos em virtude do assoreamento a montante e dos processos erosivos que podem acontecer a jusante dos barramentos.

Associados aos sedimentos estão nutrientes essenciais para produtividade dos ecossistemas aquáticos e das áreas alagáveis no Pantanal, sobretudo fósforo e nitrogênio. A retenção dos nutrientes nos reservatórios tem potencial de produzir dois principais impactos. O primeiro diz respeito à manutenção do próprio empreendimento e está relacionado com o processo de eutrofização do ambiente lêntico criado a partir do barramento. A eutrofização, que consiste basicamente no crescimento excessivo da flora aquática devido ao aumento da oferta local de nutrientes limitantes à sua proliferação, pode trazer danos aos equipamentos e acelerar o assoreamento dos reservatórios, além de comprometer a qualidade da água.

O segundo impacto decorrente da retenção de nutrientes está relacionado ao empobrecimento das águas a jusante. A redução da oferta de nutrientes para jusante reduziria a produtividade dos ecossistemas aquáticos, com reflexos para o Pantanal. Nos períodos de cheia, quando os ecossistemas terrestres e aquáticos se conectam na planície de inundação, estes nutrientes são fundamentais para a produtividade pesqueira e das pastagens nativas, que formam base da produção animal no Pantanal

A intensidade de tais impactos depende das características dos empreendimentos (por exemplo, o tamanho do reservatório e tempo de residência) bem como das propriedades dos rios. São exemplos destas interferências a PCH São Lourenço, que atualmente tem uma retenção de sedimentos em suspensão estimada em mais de 60%, a PCH Jauru (36%) e a PCH Pampeana (28%). É importante ressaltar que a retenção de sedimentos e nutrientes associados nos reservatórios destes empreendimentos, além de impactar a qualidade da água, reduz sua vida útil e encarece os custos de manutenção.

A Tabela 11 resume as alterações no fluxo de sedimentos, carbono orgânico particulado (COP), NT e PT, tanto em suspensão quanto no leito dos rios, observada nos EHs em operação estudados, de acordo com classificação apresentada anteriormente neste documento (Tabela 1).

Tabela 11 - EHs em operação segundo classes de alteração no fluxo de constituintes.

Nível	Sedimentos		COP		NT		PT	
	Susp.	Leito	Susp.	Leito	Susp.	Leito	Susp.	Leito
Baixo	35%	0%	76%	6%	82%	6%	58%	0%
Médio	30%	0%	12%	6%	6%	6%	18%	6%
Alto	35%	100%	12%	88%	12%	88%	23%	94%

A maior parte do transporte de sedimentos e nutrientes nos rios estudados se dá por meio da coluna d'água, se comparado com o fluxo que ocorre no leito dos rios. Em 43% dos locais amostrados a descarga de leito contribui com menos de 1% do total de sedimentos. Em praticamente todos os pontos de coleta, o fósforo total (PT) e nitrogênio total (NT) transportados no leito representaram menos de 1% do total das cargas em suspensão.

O transporte de leito é importante para a estruturação do canal fluvial (Kondolf, 2014) e, apesar de relativamente representar uma pequena parte do total das cargas, esse fluxo é importante para as comunidades bentônicas e, consequentemente, para as demais espécies aquáticas, uma vez que os sedimentos são essenciais para a composição de *habitats* no substrato. O transporte no leito de nutrientes, por sua vez, é importante para a produtividade primária dos ecossistemas aquáticos.

Já o transporte de materiais em suspensão tem maior importância regional não só por representar a maior parte do processo, mas também por seu alcance, conectando o planalto e planície em termos das cargas de materiais importantes para a manutenção dos processos ecológicos do Pantanal, indispensáveis para a manutenção do estoque pesqueiro da RH-Paraguai e da produtividade de pastagens nativas.

Os rios Cuiabá, Itiquira e Taquari apresentaram o maior transporte de sedimento, carbono orgânico, nitrogênio e fósforo de toda a RH-Paraguai. É importante destacar a importância destes rios no nível regional, visto que eles contribuem de forma mais significativa para a dinâmica hidrogeomorfológica do Pantanal, assim como para o funcionamento deste ecossistema. Do ponto de vista regional, as alterações no fluxo de sedimentos, nutrientes e outros constituintes associados, bem como alterações nos parâmetros físico-químicos e biológicos de qualidade de água delas decorrentes, tendem a exercer impactos de variados níveis nos ecossistemas aquáticos na RH-Paraguai.

Os resultados do modelo de redes neurais artificias (RNAs) indicaram que 91% dos EHs previstos para a RH-Paraguai alterariam o fluxo de sedimentos em suspensão em mais de 20%, o que pode ser considerada perturbação intensa se forem levadas em conta as variações observadas em campo neste estudo. Para se ter uma ideia geral do impacto, caso sejam construídos todos os EHs atualmente previstos para a bacia do rio Cuiabá, 88% da carga atual de sedimentos não chegaria ao Pantanal. O aporte de sedimentos do rio Sepotuba ao rio Paraguai seria reduzido em 35% e, no caso do Taquari, a entrega à planície seria 51% menor.

Em termos de fósforo total, nutriente determinante da produtividade primária dos ecossistemas afetados, seu transporte nos rios seria alterado em 20% em seis de cada dez EHs previstos para a RH-Paraguai. O déficit de fósforo nos exutórios dos rios Taquari e Cuiabá seriam de 60% e 25%, respectivamente, segundo as simulações do estudo. Isso indica um empobrecimento das águas que alimentam o Pantanal, com reflexos na produtividade daquele bioma e, consequentemente na produção pesqueira.

Embora alguns empreendimentos previstos não tenham apresentado potencial para provocar impactos regionais, os efeitos de suas barragens podem comprometer a qualidade da água, com possíveis efeitos indiretos sobre a oferta de pescado nos trechos de rios em que forem construídos. As estimativas de alterações no transporte de constituintes nos trechos onde há EHs previstos, assim como suas implicações, foram individualmente exploradas em maior detalhe nas análises por sub-bacia apresentadas nos Apêndices do presente Documento.

Com base nas estimativas do modelo RNA, foi estabelecida a classificação dos trechos de rios segundo os níveis do potencial de impacto dos EHs previstos na manutenção dos ecossistemas aquáticos afetados diretamente ou indiretamente, visando à garantia dos usos múltiplos da água na RH-Paraguai. Os critérios adotados para essa classificação consideraram os graus alteração no transporte apresentados anteriormente, com referência na variabilidade atual destes fluxos e no alcance dos efeitos destas interferências no sentido de garantir a integridade do Pantanal. A Figura 27 apresenta os resultados dessa análise para toda a RH-Paraguai.

Os rios da RH-Paraguai têm papel fundamental nos processos hidrogeomorfológicos do Pantanal e na ecologia deste precioso bioma. Esse papel está diretamente relacionado ao transporte, pelo leito e na coluna d'água, de sedimentos, nutrientes e outros constituintes. Como possíveis implicações das alterações de qualidade de água para os usos múltiplos, alterações nos fluxos destes materiais nos rios geralmente provocam:

- ***Alterações na qualidade da água**:* os sedimentos suspensos têm relação com a transparência das águas. A redução das cargas nas barragens tende a tornar as águas menos turvas a jusante dos barramentos, expondo ovos e larvas de peixes à predação e afetando o ciclo de vida e a reprodução dos peixes.

- ***Redução na diversidade de habitats**:* a dinâmica dos sedimentos no leito afeta produtividade primária autóctone dos ecossistemas aquáticos, a diversidade de habitats para organismos bentônicos e para os demais organismos da cadeia trófica, incluindo os peixes. O assoreamento ocasionado a partir do barramento diminui a disponibilidade de substratos estáveis no fundo dos trechos diretamente afetados com acentuadas mudanças das comunidades de organismos aquáticos e pode afetar a disponibilidade do pescado.

- ***Quedas na produtividade dos ecossistemas aquáticos do planalto e da planície**:* os nutrientes fósforo e nitrogênio tem papel fundamental na produtividade primária dos ecossistemas aquáticos. Uma vez retidos nas barragens, a redução no aporte destes nutrientes deve ocasionar impactos para o RH-Paraguai, que já possui rios predominantemente oligotróficos. Nos períodos de cheia, quando os ecossistemas terrestres e aquáticos se conectam na planície de inundação, estes nutrientes são fundamentais na produtividade pesqueira e das pastagens nativas, que formam base da produção animal no Pantanal.

- ***Distúrbios na geomorfologia dos corpos d'água**:* as alterações na dinâmica do fluxo dos sedimentos do planalto para a planície afetarão a formação e dinâmica de áreas inundadas, podendo comprometer atividades agropecuárias nas áreas afetadas e o ciclo de vida dos peixes que dependem destas áreas para a reprodução e desenvolvimento, com reflexos na pesca.

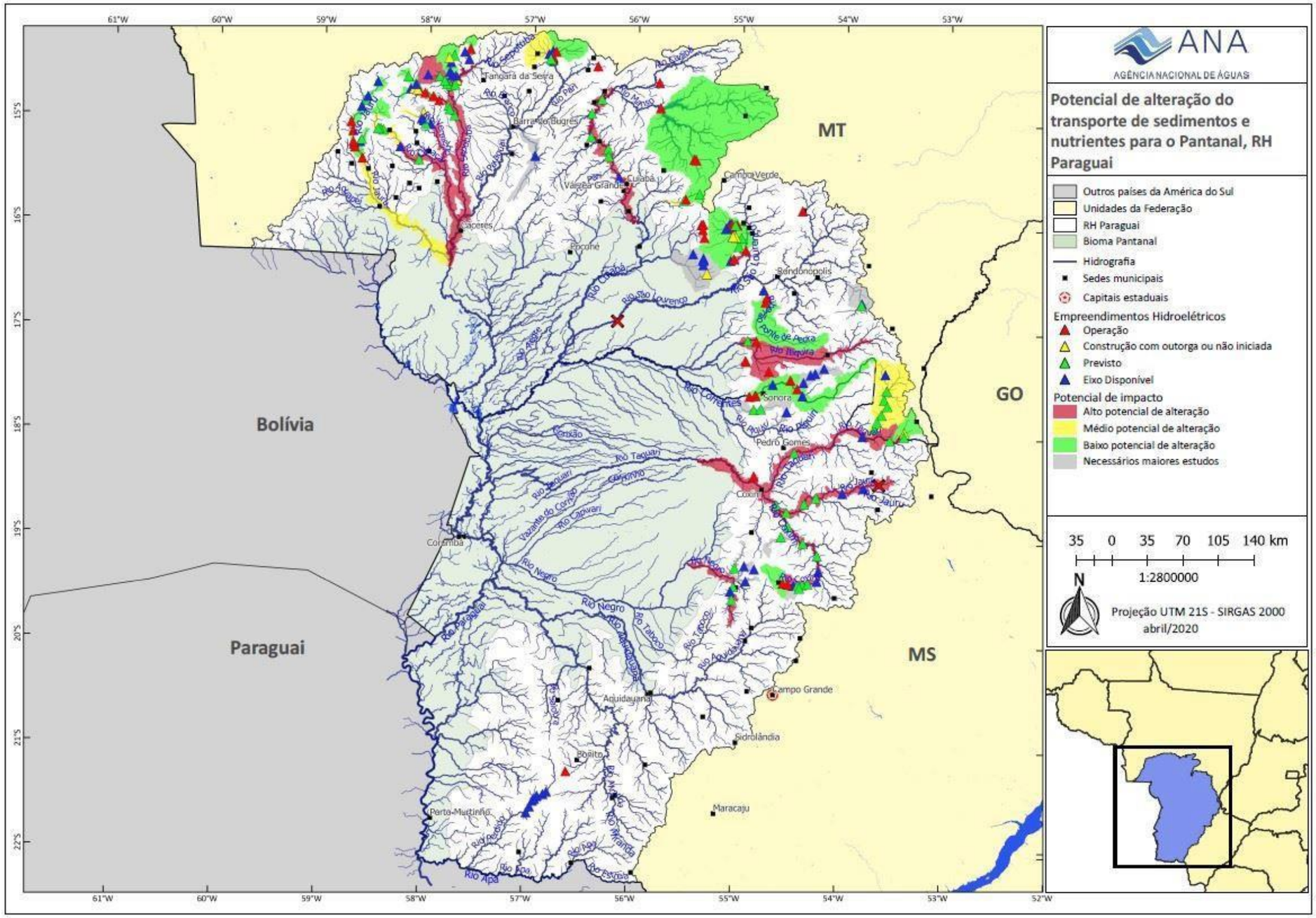


Figura 27 - Potencial de Alteração no transporte de sedimentos e nutrientes na RH-Paraguai.

3.5 Resultados Finais da Análise Integrada

Os resultados da análise integrada, seguindo o fluxograma apresentado na Figura 2, indicam áreas estratégicas como rota migratória dos peixes migradores, ou seja, que permitem a conexão entre a planície e áreas do planalto utilizadas em grande escala para a reprodução dessas espécies. Além disso suportam atividade pesqueira importante em suas diversas modalidades. As áreas identificadas como **estratégicas** para a manutenção dos recursos pesqueiros são partes das sub-bacias:

- Região do Alto Paraguai: baixo Jauru (MT), baixo Cabaçal, Sepotuba, Formoso e Paraguai;
- Cuiabá: Cuiabá, Cuiabazinho e baixo Manso;
- São Lourenço: baixo São Lourenço, Vermelho, baixo Tadarimana e baixo Poxoréu;
- Correntes/Piquiri: Piquiri e baixo Tauá;
- Taquari: Taquari, Coxim, Jauru (MS) e Figueirão;
- Negro: Peixe e baixo Rico;
- Apa: Apa

Nessas sub-bacias, a reprodução das espécies migradoras foi muito representativa (elevado fluxo de ovos e larvas de migradores) dentro da bacia amostrada. Nelas também se verifica a realização de atividades significativas das diversas modalidades de pesca. A instalação de barragens, com ou sem aproveitamentos hidrelétricos (AHEs), interromperá a conectividade entre as áreas de jusante e a montante desses barramentos e consequentemente impedirá as migrações ascendente (chegada dos peixes migradores até as áreas de desova no tempo exato de maturação) e descendente (chegada da larva no tempo adequado aos locais de crescimento na planície alagada).

Ao impedir os fluxos migratórios, essas estruturas provocam impactos negativos sobre a manutenção dos estoques pesqueiros não somente nessas bacias, como também em bacias conectadas e no Pantanal. Com isso, a atividade pesqueira na região teria sua sustentabilidade comprometida, configurando, portanto, conflito com o uso da água pré-existente.

Do mesmo modo, foram identificadas áreas não estratégicas para a manutenção dos estoques pesqueiros e pouco relevantes para a conexão entre a planície e o planalto. Em parte dessas áreas observou-se ausência ou baixa reprodução dos migradores devido, provavelmente, às condições ambientais, como graves assoreamentos (rios muito rasos) ou a alta transparência da água (aumenta a predação de ovos e larvas). Em outras, ainda que tenham importância para a reprodução, o impacto da instalação de novas barragens na conectividade é reduzido.

As áreas identificadas como **não estratégicas** ou sem impacto significativo sobre o estoque pesqueiro são partes das sub-bacias:

- Região do Alto Paraguai: alto Jauru (MT), alto Cabaçal, Vermelho, Juba, Sapo, Maracanã e Santana;
- Cuiabá: alto Manso, Aricá-mirim e Mutum
- São Lourenço: alto São Lourenço, Tenente Amaral, Prata, Beleza, Alto Ibo, Ponte de Pedra, Anhumas, alto Tadarimana e alto Poxoréo;
- Correntes/Piquiri/Itiquira: Itiquira, Correntes, Comprido, alto Tauá, córregos Benjamin e Piranema;
- Taquari: alto Taquari, Ariranha, Verde, Novo e Camapuã;
- Negro: Negro, Negrinho, alto Rico e córregos Falha dos Padres e do Garimpo;
- Apa: Perdido

A definição de áreas estratégicas (com conflito regional ou local com o uso pré-existente da água) e não estratégicas ou sem impacto significativo sobre os estoques pesqueiros, bem como das sem definição (áreas que necessitam de mais estudos para serem classificadas) resultou no zoneamento para a RH-Paraguai apresentado na Figura 28 e sintetizado na tabela 12.

Tabela 12 - Classificação dos empreendimentos (número e potência) em áreas não estratégicas e com conflito regional e/ou local, em rios de domínio da União e dos Estados na RH-Paraguai.

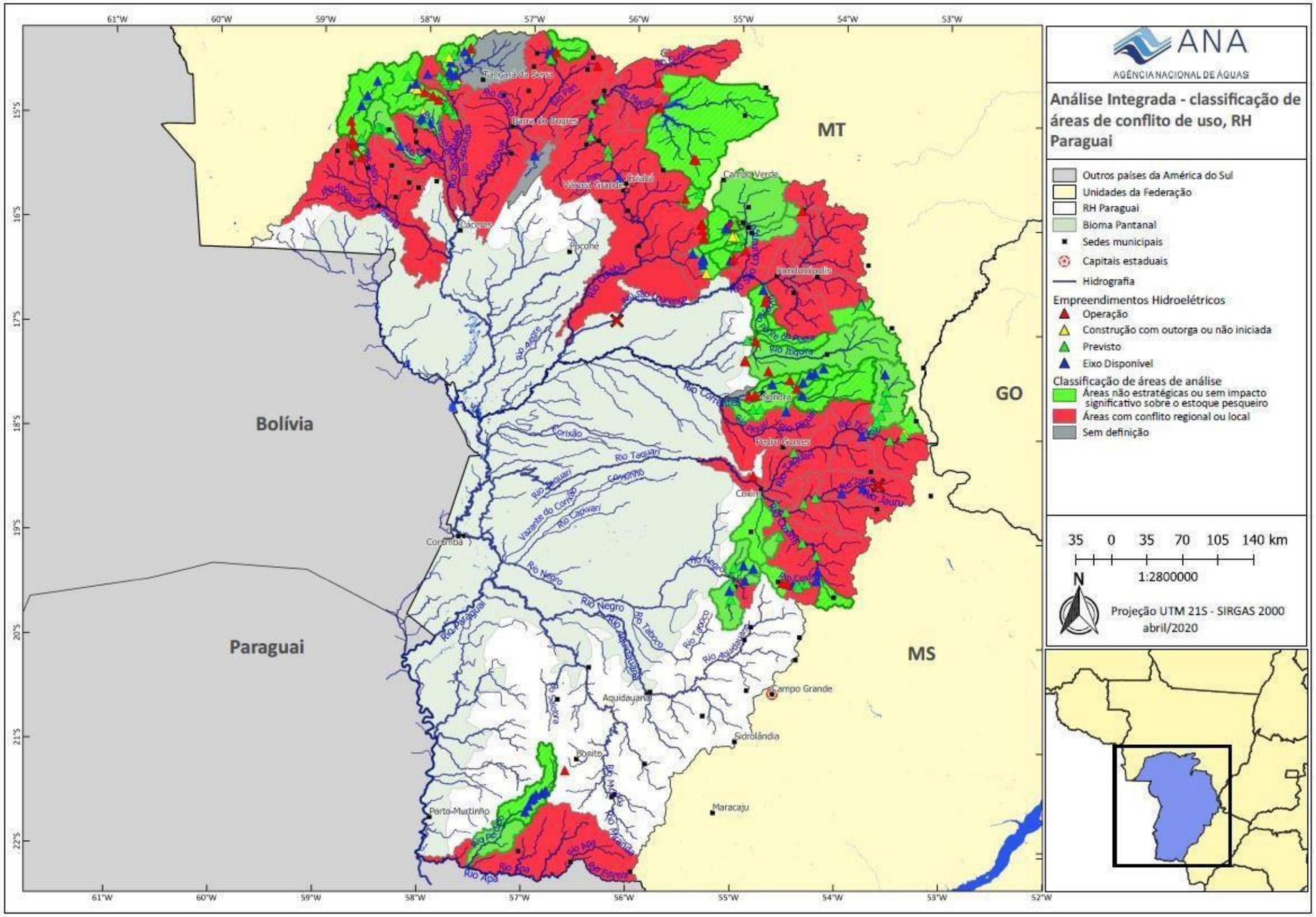
Classificação	Total		Estados		União	
	N.	MW	N.	MW	N.	MW
Áreas não estratégicas/sem impacto estoque pesqueiro	83 (69%)	536 (51%)	78 (75%)	507 (61%)	5 (33%)	29 (13%)
Conflito Regional e/ou Local	36 (30%)	513 (48%)	26 (24%)	321 (38%)	10 (67%)	192 (87%)
Sem definição	1 (1%)	9,4 (1%)	1 (1%)	1 (1%)	-	-

Cabe apontar que a bacia do rio Miranda não foi alvo de análise por não haver empreendimentos hidrelétricos previstos no inventário de referência. Entretanto, caso venha a ser planejada a implantação de barragens, com ou sem AHEs, nessa bacia, é importante que seja feita sobre essa bacia abordagem similar à apresentada neste Documento, para manter a coerência com as demais bacias.

Considerando as informações constantes do Estudo de Inventário Hidrelétrico de partida de março de 2017, a Tabela 12 apresenta a classificação dos Aproveitamentos Hidrelétricos previstos em cada uma das categorias definidas. Observa-se que 69% dos empreendimentos inventariados, que correspondem a 51% da potência a ser instalada, localizam-se em áreas não estratégicas, sem impacto evidente sobre o recurso pesqueiro e, consequentemente, sem caracterização de conflito com o uso pré-existente. Em áreas de conflito, por

outro lado, encontram-se 30% dos AHEs e 48% da potência inventariada. Em rios de domínio dos estados, são ainda maiores as proporções de AHEs em áreas não estratégicas (Tabela 12).

A classificação apresentada na Figura 28, que identifica as áreas de conflito com usos pré-existentes, está alinhada com dois fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos – proporcionar o uso múltiplo das águas e adotar a bacia hidrográfica como unidade territorial de implementação.


ANA
AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS
Análise Integrada - classificação de áreas de conflito de uso, RH Paraguai
Outros países da América do Sul
Unidades da Federação
RH Paraguai
Bioma Pantanal
Sedes municipais
Capitais estaduais
Hidrografia
Empreendimentos Hidroelétricos
Operação
Construção com outorga ou não iniciada
Previsto
Eixo Disponível
Classificação de áreas de análise
Áreas não estratégicas ou sem impacto significativo sobre o estoque pesqueiro
Áreas com conflito regional ou local
Sem definição
35 0 35 70 105 140 km
1:2800000
N
Projeção UTM 21S - SIRGAS 2000
abril/2020
MT
GO
MS
Bolívia
Paraguai
Tangará da Serra
Barra do Bugres
Cáceres
Poconé
Cuiabá
Chapada dos Guimarães
Rio Paraguai
Rio Cuiabá
Rio Negro
Rio Taquari
Rio Aquidauana
Rio Miranda
Rio Apa
Corumbá
Aquidauana
Bonito
Porto Murtinho
Maracaju
Campo Grande
Sidrolândia
Coxim
Pedro Gomes
Rio Verde de Mato Grosso
Rio Piquiri
Rio Ivinhema
Rio Dourados
Rio Ivaí
Rio Paraná
Rio Iguatemi
Rio Amambai
Rio Ipa
Rio Ivinheima
Rio Paraguai
Rio Taboco
Rio Aquidauana
Rio Miranda
Rio Apa
Rio Paraguai
Rio Negro
Rio Taquari
Rio Capivari
Vazante do Corrigo
Corixão
Rio Cuiabá
Rio Piquiri
Rio Ivaí
Rio Ivinhema
Rio Dourados
Rio Amambai
Rio Iguatemi
Rio Paraná
Rio Verde de Mato Grosso
Rio Taquari
Rio Coxim
Rio Negro
Rio Taboco
Rio Aquidauana
Rio Miranda
Rio Apa
Rio Paraguai
Rio Cuiabá
Rio Paraná
Rio Ivinheima
Rio Dourados
Rio Amambai
Rio Iguatemi
Rio Ivaí
Rio Piquiri

4. TECNOLOGIAS PARA PASSAGEM DE PEIXES

As tecnologias para passagem de peixe são bastante antigas, sendo as primeiras desenvolvidas no século XVIII, visando a permitir que peixes migradores, em especial os salmonídeos, pudessem transpor obstáculos nos rios (Clay, 1995; Agostinho; Gomes; Pelicice, 2007). O primeiro barramento artificial a ter uma estrutura para passagem de peixes data de 1828 (Godoy, 1985), enquanto a primeira passagem para peixes no Brasil foi construída em 1911 no rio Pardo (Makrakis et al, 2007). O uso destas tecnologias ganhou força no Brasil na segunda metade do século XX, e alguns estados, o uso das passagens de peixe passou a ser exigido por lei (Godinho; Kynard, 2009; Lira et al, 2017).

Existem diversas tecnologias de passagem de peixes (Agostinho; Gomes; Pelicice, 2007):

- Escadas de peixe: tecnologia mais comum no Brasil e no mundo, consiste em uma estrutura para reduzir a velocidade e o gradiente da água, de maneira a permitir que os peixes consigam subir e passar bela barragem. Existem diversos modelos de escadas de peixe;
- Eclusa de peixe: semelhante às eclusas para navegação, trata-se de um sistema de compartimentos interligados e comportas de diferentes níveis (jusante e montante), de modo que se possa variar o nível da água no interior do compartimento;
- Elevadores de peixe: têm um conceito de funcionamento similar ao das eclusas, mas contam com um sistema mecânico (elevador) para levar os peixes do nível jusante ao montante;
- Canais de passagem secundários: são rios artificiais que visam a manter a conexão entre o trecho à montante e o trecho à jusante;
- Sistema de captura e transporte por caminhões: usado, em geral, apenas de maneira provisória.

O sucesso atribuído às passagens de peixe, notadamente às escadas de peixe, está muito ligado à sua eficiência no caso dos salmonídeos do hemisfério norte (Agostinho et al, 2007). Contudo, apesar dos diversos tipos de tecnologias disponíveis e dos grandes investimentos de capital e de engenharia para melhorá-las, diversos estudos mostram que as passagens de peixe são ineficientes no caso dos peixes neotropicais, devido a sua alta diversidade ecológica e comportamental (Pelicice; Pompeu; Agostinho, 2015).

Alguns estudos até consideram as passagens de peixes eficientes, mesmo no caso de peixes neotropicais, por entender que elas promovem a subida dos peixes para a montante da barragem. Contudo, este aspecto, isoladamente, não é suficiente para determinar o sucesso desta tecnologia para preservação das espécies de peixe (Pompeu; Agostinho; Pelicice, 2012). Primeiro, é preciso

que as passagens de peixe consigam atrair os peixes para dentro delas. Se o mecanismo de atração não funcionar de maneira apropriada, os peixes podem ficar nos arredores da passagem, sem efetivamente transpor a barragem. Isso pode atrasar a migração, comprometendo a desova. Caso esse atraso seja excessivo, pode resultar inclusive na reabsorção dos ovócitos, de modo a nem sequer haver a desova (Agostinho; Gomes; Pelicice, 2007).

Outros problemas são a seletividade e a dominância. A seletividade diz respeito à proporção das espécies existentes no rio que percorrem a passagem, enquanto a dominância significa que uma quantidade pequena de espécies representa a maior parte dos peixes que atravessam a passagem. A seletividade foi verificada, por exemplo, por Fernandez, Agostinho e Bini (2004) na UHE Itaipu. Eles verificaram que as espécies mais abundantes na escada não eram as mesmas que no rio (rio Paraná). Diversos outros estudos relatam tanto o problema da seletividade e da dominância (Pompeu, Agostinho e Pelicice: 2012). Estes estudos indicam que, em geral, apenas de 3 a 5 espécies de peixes representam 80% ou mais dos exemplares encontrados nas escadas de peixe.

Uma questão relevante apontada por Agostinho et al (2012) é a predação intensa nas escadas de peixe. Isso ocorre em função da alta concentração de peixes em uma estrutura de espaço limitado. Desse modo, a escada pode se tornar um *hotspot* para a predação (Mclaughlin et al, 2013). O estudo de Agostinho et al (2012) mostra que a predação intensa não ocorre apenas na escada, havendo predação também nos arredores da entrada e da saída da escada. Algumas espécies podem, inclusive, passar períodos prolongados dentro da escada, predando as demais espécies de peixe que passam por ela. Mas as espécies predadoras não se limitam aos próprios peixes, ocorrendo predação por mamíferos, répteis e aves.

O maior problema das passagens de peixe é que elas são estruturas unidirecionais. Tanto peixes que conseguem subir a montante da barragem, quanto os ovos e larvas resultantes da desova desses peixes, têm dificuldade para descer de volta a jusante da barragem. No caso dos peixes adultos, há consenso de que as passagens projetadas para fazê-los subir não funcionam de maneira adequada para fazê-los descer (Larinier; Travade, 2002; Pompeu; Agostinho; Pelicice, 2012).

Os peixes da América do Sul tendem a evitar ambientes lênticos, como os reservatórios das hidrelétricas. Desse modo, após subir pelas passagens de peixe, eles tendem a subir ainda mais pelo rio e não mais retornar ao reservatório (Pompeu; Agostinho; Pelicice, 2012). Assim, os próprios reservatórios funcionam como barreiras comportamentais, com efeito semelhante à barreira física imposta pela barragem.

O gradiente de condições hidrológicas e limnológicas nos reservatórios resulta em uma transição do ambiente lótico do rio para um ambiente semi-lêntico e lêntico. Esse ambiente lêntico não oferece as condições necessárias para a orientação dos peixes para a migração rumo à jusante (Pelicice; Pompeu; Agostinho, 2015). O reservatório também impede que os ovos e larvas desçam o rio. Como os ovos e as larvas são levemente mais densos que a água, no ambiente lêntico do reservatório, eles tendem a afundar (Pelicice; Pompeu; Agostinho, 2015). Estudo feito por Agostinho et al (2007) na UHE Luís Eduardo Magalhães não identificou nenhuma larva ou ovo de peixes migradores abaixo

da barragem. Eles constataram também que a subida dos peixes pela escada de peixe ocorria em uma frequência 258 vezes maior que a descida, chegando a 282 vezes para espécies migradoras.

Deste modo, as passagens de peixe, ao invés de auxiliar na conservação do ecossistema, podem, na verdade, funcionar como armadilhas ecológicas. Se os peixes que sobem pela passagem não conseguem descer e se o ambiente a montante da barragem tem condições piores que o ambiente a jusante para o desenvolvimento dos ovos e larvas, o resultado é que os peixes ficam presos em um ambiente com condições ruins para a reprodução. Isso ocorre com mais frequência em rios com hidrelétricas em sequência e em barragens localizadas nas regiões superiores da bacia hidrográfica (Pelicice; Agostinho, 2008).

Ressalta-se que a migração descendo o reservatório não é um problema nos sistemas temperados, visto que os salmonídeos têm comportamento diferente dos peixes neotropicais, sendo capazes de vencer o efeito de barreira imposto pelo reservatório (Pelicice; Pompeu; Agostinho, 2015).

Segundo Pompeu, Agostinho e Pelicice (2012), o insucesso na descida é o maior obstáculo para o uso das passagens de peixe como ferramentas de gestão e conservação ambiental. Isso é ainda mais relevante por não haver, até o momento, solução técnica para o problema da descida dos peixes (Pelicine; Pompeu; Agostinho, 2015).

Portanto, as informações elencadas fornecem um indicativo de que as passagens de peixe não solucionam o impacto que as barragens têm no ciclo reprodutivo dos peixes, em especial das espécies migradoras na RH-Paraguai. Entretanto, a avaliação final sobre a efetividade da utilização das passagens de peixe nestes casos deve ser realizada pelo órgão ambiental responsável, tendo em vista as competências estabelecidas na Política Nacional de Meio Ambiente, instituída pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, na Lei Complementar nº 140, de 08 de dezembro de 2011, e em legislações correlatas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 Revisão das metodologias de classificação de áreas

A Resolução ANA nº 64, de 04 de setembro de 2018, sobrestou os processos referentes aos requerimentos de Declarações de Reserva de Disponibilidade Hídrica e de Outorgas de direito de uso de recursos hídricos para novos aproveitamentos hidrelétricos em rios de domínio da União na Região Hidrográfica do Paraguai, até 31 de maio de 2020. A resolução também estabeleceu que, após aprovação dos estudos indicados no PRH-Paraguai pela ANA, os procedimentos e as metodologias de análise de Declarações de Reserva de Disponibilidade Hídrica e outorgas de direito de uso de recursos hídricos poderiam ser revisados para estabelecer novos critérios aplicáveis aos requerimentos sobrestados.

Os resultados técnicos finais da Hidrologia; Qualidade de Água e Hidrossedimentologia; Ictiofauna, Ictioplâncton e Estatística Pesqueira; Socioeconomia e Energia; e Análise de Conectividade, que foram consolidados nos relatórios finais dos **Estudos de avaliação dos efeitos da implantação de empreendimentos hidrelétricos na Região Hidrográfica do Rio Paraguai**, subsidiaram a elaboração da análise integrada sintetizada neste Resumo Executivo.

A análise integrada, cujas etapas estão ilustradas na Figura 2 e os resultados consolidados na Figura 28 e na Tabela 12, classificou as sub-bacias da RH-Paraguai em três categorias distintas:

1) **Áreas não estratégicas** ou sem impacto significativo sobre o estoque pesqueiro;
2) **Áreas com existência de conflito regional ou local** com a pesca (pesca profissional, pesca difusa e turismo de pesca); e
3) **Áreas sem definição**.

A partir da conclusão dos estudos e das discussões ao longo de sua elaboração, os itens a seguir tratam da consequência regulatória dos estudos a partir da incorporação dos resultados nas análises de outorga em rios de domínio da União na RH-Paraguai e do rebatimento na política ambiental e energética.

5.2 Incorporação dos Resultados nas Análises de DRDHs ou Outorga em rios de domínio da União na RH-Paraguai

Considerando as motivações elencadas e os resultados encontrados pelos estudos, recomenda-se que as análises dos pedidos de DRDH ou outorga para barragens, com ou sem AHEs, localizados em rios de domínio da União na RH-Paraguai, sejam realizadas conforme descrito a seguir:

- Se a barragem, com ou sem AHE, estiver localizada em sub-bacia classificada na **Categoria 1 – "Áreas não estratégicas ou sem impacto sobre o estoque pesqueiro"**, recomenda-se que a análise do pedido de DRDH ou outorga siga o procedimento geral adotado pela ANA para esse tipo de empreendimento.

- Se a barragem, com ou sem AHE, estiver localizada em sub-bacia classificada na **Categoria 2 – "Áreas com existência de conflito regional ou local com a pesca e/ou turismo"**, recomenda-se que a análise do pedido de DRDH ou outorga seja realizada conforme descrito a seguir.

- Se a barragem não possuir tecnologia de passagem de peixes que vise a mitigar os seus impactos sobre a ictiofauna, recomenda-se que o requerente seja informado sobre os resultados apresentados neste Sumário Executivo e seja solicitado a fazer reavaliação do seu pedido. Caso não seja apresentada essa reavaliação, recomenda-se que o pedido seja indeferido por descumprimento do parágrafo único do art. 13 da Lei 9.433, de 08 de janeiro de 1997.

- Se a barragem possuir tecnologia de passagem de peixes que vise a mitigar os seus impactos sobre a ictiofauna, recomenda-se que o pedido de DRDH ou outorga, para a devida análise, venha acompanhado de manifestação formal de anuência quanto à tecnologia proposta, que considere inclusive os resultados deste Sumário Executivo, emitido pelo órgão ambiental responsável, tendo em vista as competências estabelecidas na Política Nacional de Meio Ambiente, instituída pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, na Lei Complementar nº 140, de 08 de dezembro de 2011 e em legislações correlatas.

- Por fim, observa-se que na avalição dos AHE realizada neste Estudo, não foram identificados AHEs em rios de domínio da União enquadrados na **Categoria 3 – "Áreas sem definição"**.

5.3 Atualização do PRH Paraguai no âmbito do CNRH

O Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica do Paraguai, aprovado pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos em sua 40ª Reunião Extraordinária, realizada em 08 de março de 2018, por meio da Resolução CNRH nº 196, de 08 de março de 2018, publicada no Diário Oficial da União em 19 de julho de 2018, dispôs, dentre as diretrizes para outorga de direito de uso de recursos hídricos, que os pedidos de DRDHs ou Outorgas para novos aproveitamentos hidrelétricos na RH-Paraguai deveriam aguardar os resultados dos Estudos de que trata este Resumo Executivo para a conclusão de suas análises, de forma a poder incorporar seus resultados.

Considerando o exposto, recomenda-se o início de discussão de atualização do PRH Paraguai, no âmbito do CNRH, de forma a incorporar os resultados destes estudos. Nesse processo de atualização, sugere-se avaliar as áreas com conflito regional ou local com os usos pré-existentes de pesca (pesca profissional, pesca difusa e turismo de pesca) como áreas sujeitas à

restrição de uso de recursos hídricos para barragens, com ou sem AHE, localizadas em rios de domínio da União e dos Estados.

Essa sugestão tem por base a Lei 9.433, de 1997, que estabelece, em seu artigo 7º, que os Planos de Recursos Hídricos terão entre os itens previstos no seu conteúdo mínimo, propostas para a criação de áreas sujeitas a restrição de uso. Observa-se que o processo de atualização do PRH Paraguai deverá seguir as diretrizes para a elaboração de Planos de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas, estabelecidas na Resolução CNRH nº 145, de 12 de dezembro de 2012.

O Grupo de Acompanhamento do Plano (GAP) foi criado nesse contexto para acompanhar a elaboração e a implementação do PRH Paraguai, mas foi formalmente extinto pelo Decreto Nº 9.759, de 11 de abril de 2019. Como cabem ao CNRH as deliberações sobre o plano, em 2020, nos moldes do que dispõe o referido Decreto, foi instituído novo Grupo de Trabalho de acompanhamento do PRH Paraguai, no âmbito da Câmara Técnica de Planejamento e Articulação - CTPA - do CNRH, de forma a preservar o arranjo previsto na Resolução CNRH Nº 145.

5.4 Considerações para o licenciamento estadual e federal

Considerando as diretrizes do PRH Paraguai já apresentadas, as manifestações realizadas durante o workshop ANA-FEA do dia 27 de maio 2020 e a participação no grupo institucional definido na Portaria ANA Nª 365/2017, é essencial a articulação com o Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul (IMASUL) e com a Secretaria de Estado de Meio Ambiente do Mato Grosso (SEMA/MT), para conhecimento e avaliação pelos setores responsáveis pela Política Nacional de Recursos Hídricos quanto à sua incorporação nas análises de DRDH ou outorga de uso de recursos hídricos em rios de domínio dos Estados na RH-Paraguai.

Adicionalmente, considerando que as referidas instituições, juntamente com o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), também são responsáveis pelas competências relacionadas à Política Nacional de Meio Ambiente, instituída pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e legislações correlatas, recomenda-se que os setores responsáveis correspondentes também considerem os resultados destes estudos nas análises das barragens, com ou sem AHE, da RH-Paraguai sob sua responsabilidade.

5.5 Articulação com a Política Energética

Considerando que os estudos realizados avaliam os efeitos da implantação de empreendimentos hidrelétricos na RH-Paraguai, torna- se necessária a articulação com as entidades federais responsáveis pela implementação da Política Energética, ou seja, Ministério de Minas e Energia (MME), Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), promovendo o conhecimento d os r es u l t ados e avaliação quanto à incorporação dos mesmos nos Estudos de Inventário Hidrelétrico da RH do Paraguai e nos estudos que subsidiam os requerimentos de DRDH.

5.6 Promoção e manutenção dos usos múltiplos

A caracterização do uso da água pela pesca na região trouxe informações inéditas e importantes para melhorar o entendimento da relevância desta atividade para a economia e cultura locais e das condições necessárias para sua manutenção ao longo do tempo.

Por seu caráter multidisciplinar, o desenvolvimento desse projeto foi um grande desafio, mas possibilitou, além de metodologias e resultados acadêmicos inovadores, resultados práticos, que analisados de maneira integrada, são de extrema importância para o papel da ANA e dos órgãos gestores de recursos hídricos de garantir o uso múltiplo da água. Ao permitir o diálogo e interface entre as diversas áreas do conhecimento foi possível definir o que é permissível para a obtenção de energia elétrica com impactos menores sobre os outros interesses, inclusive das populações locais, e áreas em que a geração de energia elétrica não agrega muito e os prejuízos socioambientais e econômicos são muito grandes.

Deve-se considerar, ademais, que esses conflitos ocorrem, neste caso, em um bioma extremamente sensível que é o Pantanal, que deve ser preservado pela sociedade como um todo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agostinho et al. Fish ladder of Lajeado Dam: Migrations on one-way routes? Neotropical Ichthyology, v. 5, n. 2, p. 121-130, 2007.

Agostinho, A. et al. Fish ladders: Safe fish passage or hotspot for predation? Neotropical Ichthyology, v. 10, n.4, p.687-696, 2012.

Agostinho, A.; Gomes, L.; Pelicice, F. Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil. 1a ed. Maringá: Eduem, 2007.

Antonio, R. et al. Blockage of migration routes by dam construction: Can migratory fish find alternative routes? Neotropical Ichthyology, v. 5, n.2, p. 177-184, 2007.

Almeida FS, Frantine-Silva W, Lima SC, Garcia DA, Orsi ML. DNA barcoding as a useful tool for identifying non-native species of freshwater ichthyoplankton in the neotropics. Hydrobiologia. 2018; 817(1): 111-119.

Ayala D, Riemann L, Munk P. Species composition and diversity of fish larvae in the subtropical convergence zone of the Sargasso Sea from morphology and DNA barcoding. Fish Oceanogr. 2016; 25: 85–104.

Bailly D, Agostinho AA, Suzuki HI. Influence of the flood regime on the reproduction of fish species with different reproductive strategies in the Cuiabá River, Upper Pantanal, Brazil. River Res Appl. 2008; 24(9): 1218-1229.

Baumgartner G, Nakatani K, Gomes LC, Bialetzki A, Sanches PV. Identification of spawning sites and natural nurseries of fishes in the upper Paraná River, Brazil. Environ Biol Fish. 2004; 71(2): 115-125.

Becker RA, Sales NG, Santos GM, Santos GB, Carvalho DC. DNA barcoding and morphological identification of neotropical ichthyoplankton from the upper Paraná and São Francisco. J Fish Biol. 2015; 87: 159-168.

Bialetzki A, Nakatani K, Sanches PV, Baumgartner G. Eggs and larvae of the 'curvina' *Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840) (Osteichthyes, Sciaenidae) in the Baía River, Mato Grosso do Sul State, Brazil. J Plant Res. 2004; 26(11): 1327-1336.

Catella AC**.** Reflexões sobre a pesca esportiva no Pantanal Sul: crise e perspectivas*.* Corumbá: EMBRAPA; CPAP. Artigo de Divulgação na Mídia. 2003; 46: 5p.

Clay, C. Design of fishways and other fish facilities. 2a ed. Boca Raton: CRC Press, 1995.

Collet A, Durand JD, Desmarais E, Cerqueira F, Cantinelli T, Valade P *et al.* DNA barcoding post-larvae can improve the knowledge about fish biodiversity: an example from La Reunion, SW Indian Ocean. MITOCHONDR DNA part A. 2017; 29(6): 905-918.

Cote, D., Kehler, D. G., Bourne, C., & Wiersma, Y. F. (2009). A new measure of longitudinal connectivity for stream networks. Landscape Ecology, 24(1), 101-113.

Dudley RK, Platania SP. Flow regulation and fragmentation imperil pelagic-spawning riverine fishes. Ecol Appl. 2007; 17(7): 2074-2086.

Dynesius M, Nilsson C. Fragmentation and flow regulation of river systems in the Northern third of the world. Science 1994; 266(5186): 753-762.

Fernandez, D.; Agostinho, A. Bini, L. Selection of an exceptional fish ladder located at the dam of Itaipu Bincacional, Paraná River, Brazil. Brazilian Archives of Biology and Technology, Curitiba, v. 47, n. 4, p. 579-586, 2004.

Frantine-Silva W, Sofia SH, Orsi ML, Almeida FS. DNA barcoding of freshwater ichthyoplankton in the Neotropics as a tool for ecological monitoring. Mol Ecol Resour. 2015; 15(5): 1226-1237.

Frantine-Silva W, Lima, SC, Orsi, ML, Almeida, FS. DNA barcoding na análise de ictioplâncton: protocolos e métodos. In: Orsi ML, Swarça AC, Claro-García A, Vianna NC, Garcia DAZ, Bialetzki A, editors. Ovos, larvas e juvenis dos peixes da bacia do rio Paranapanema: uma avaliação para a conservação. São Paulo: Triunfal Gráfica e Editora; 2016. p.37-45.

Godinho, A.; Kynard, B. Migratory fishes of Brazil: Life history and fish passage needs. River Research and applications, v. 25, p. 702-712, 2009.

Godoy, M. P. Aquicultura: atividade multidisciplinar, escadas e outras facilidades para passagens de peixes, estações de piscicultura. Florianópolis: Eletrosul, 1985.

Godoy MP. Peixes do Brasil, subordem Characoidei: bacia do rio Mogí Guassú (Vol. 1). Piracicaba: Editora Franciscana. 1975.

Gosset C, Rives J, Labonne J. Effect of habitat fragmentation on spawning migration of brown trout (*Salmo trutta L.*). Ecol Freshw Fish. 2006; 15(3): 247-254.

Graaf GJ, Born AF, Uddin AMK, Huda S. Larval fish movement in the river Lohajang, Tangail, Bangladesh. Fisheries Manag Ecol. 1999; 6(2): 109-120.

Hebert PD, Cywinska A, Ball SL, Dewaard JR. Biological identifications through DNA barcodes. Proc Biol Sci B. 2003; 270, 313-321.

Horreo JL, Martinez JL, Ayllon F, Pola IG, Monteoliva JA, Héland M. et al. Impact of habitat fragmentation on the genetics of populations in dendritic landscapes. Freshwater Biol. 2011; 56(12): 2567-2579.

Hubert N, Delrieu-Trottin E, Irisson JO, Meyer C, Planes S. Identifying coral reef fish larvae through DNA barcoding: A test case with the families Acanthuridae and Holocentridae. Mol Phylogenet Evol. 2010; 55: 1195-1203.

Hubert N, Espiau B, Meyer C, Planes S. Identifying the ichthyoplankton of a coral reef using DNA barcodes. Mol Ecol Resour. 2015; 15: 57-67.

Jager, H. I., Efroymson, R. A., Opperman, J. J., & Kelly, M. R. (2015). Spatial design principles for sustainable hydropower development in river basins. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 45, 808-816.

Ko HL, Wang YT, Chiu TS, Lee MA, Leu MY, Chang KZ, Chen WY, Shao KT. Evaluating the accuracy of morphological identification of larval fishes by applying DNA barcoding. PLoS One. 2013; 8(1): e53451.

Kondolf GM, Gao Y, Annandale GW, Morris GL, Jiang E, Zhang J, Cao Y, Carling P, Fu K, Guo Q, Hotchkiss R, Peteuil C, Sumi T, Wang H-W, Wang Z, Wei Z, Wu B, Wu C, Yang CT (2014). Sustainable sediment management in reservoirs and regulated rivers: experiences from five continents, Earth's Future , 2: 256-280.

Larinier, M.; Travade, F. Downstream migration: problems and facilities. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture, n. 364, p. 181–207, 2002.

Lechner A, Keckeis H, Humphries P. Patterns and processes in the drift of early developmental stages of fish in rivers: a review. Rev Fish Biol Fisher. 2016; 26(3): 471- 489.

Lima-Green AP, Moreira GG. Metodologia estatística da pesca: pesca embarcada. Relatório Técnico: Textos para Discussão, n. 40. Rio de Janeiro: IBGE/DPE. 2012.

Lira, N. et al. Fish passages in South America: an overview of studied facilities and research effort. Neotropical Ichthyology, v. 15, n. 2, e160139, 2017.

Lopes CM, Almeida FSD, Orsi ML, Britto SGDC, Sirol RN, Sodré LMK. Fish passage ladders from Canoas Complex-Paranapanema River: evaluation of genetic structure maintenance of Salminus brasiliensis (Teleostei: Characiformes). Neotrop Ichthyol. 2007; 5(2): 131-138.

Makrakis, S. et al. The Canal da Piracema at Itaipu Dam as a fish pass system. Neotropical Ichthyology, v. 5, n. 2, p. 185-192, 2007.

Mclaughlin, R. et al. Unintended consequences and trade-offs of fish passage. Fish and Fisheries, v. 14, n.4, p. 580-604, 2013.

Nakatani K, Agostinho AA, Baumgartner G, Bialetzki A, Sanches PV, Makrakis MC, et al. Ovos e larvas de peixes de água doce: desenvolvimento e manual de identificação. Maringá: EDUEM; 2001.

Netto S, Mateus L. Comparação entre a pesca profissional-artesanal e pesca amadora no Pantanal de Cáceres, Mato Grosso, Brasil. Bol Inst Pes. 2009; 35(3): 373 - 387.

Maggia ME, Vigouroux Y, Renno JF, Duponchelle F, Desmarais E, Nunez J et al. DNA metabarcoding of amazonian ichthyoplankton swarms. PLoS ONE. 2017; 12(1): e0170009.

Matarese AC, Spies IB, Busby MS, Orr JW. Early larvae of Zesticelus profundorum

(family Cottidae) identified using DNA barcoding. ICHTHYOL RES. 2011; 58: 170-174.

Mateus LAF, Vaz M, Catella A. Fishery and fishing resources in the Pantanal. In: JUNK W, DA Silva C, Nunes Da Cunha C, Wantzen M. The Pantanal: ecology and sustainable management of a large neotropical seasonal wetland. Pentasoft, 2011, 870p.

Nilsson C, Reidy CA, Dynesius, M, Revenga C. Fragmentation and flow regulation of the world's large river systems. Science 2005; 308(5720): 405-408.

Olden JD. Challenges and opportunities for fish conservation in dam-impacted water. In: Closs GP, Krkosek M, Olden JD editors. Conservation of freshwater fishes. United Kingdom: Cambridge University Press, 2016; p. 107-148.

Orsi ML, Almeida FS, Swarça AC, Garcia AC, Garcia DAZ, Vianna NC. *et al.* Ovos, larvas e juvenis dos peixes da Bacia do Rio Paranapanema uma avaliação para a conservação. Assis: Triunfal Gráfica e Editora; 2016.

Pelicice FM, Agostinho AA. Fish-passage facilities as ecological traps in large neotropical rivers. Conserv Biol. 2008; 22(1): 180-188.

Pompeu, P.; Agostinho, A.; Pelicice, F. Existing and future challenges: The concept of successful fish passage in South America. River Research and Application, v. 28, p. 504-512, 2012.

Resende, E.K. 2008 Estratégias reprodutivas dos peixes do pantanal. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2008_3/peixes/index.htm>. Acesso em: 19/2/2020.

Resende EK. Considerações para definição de períodos de defeso de reprodução: o caso do Pantanal. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2004. Disponível em: https://core.ac.uk/download/pdf/15432797.pdf

Resende EK. Migratory fishes of the Paraguay-Paraná Basin, excluding the Upper Paraná Basin. In: Carolsfeld J, Harvey B, Ross C, Baer A. editors. Migratory fishes of South America: biology, fisheries, and conservation status. Victoria: World Fisheries Trust/IDRC/World Bank; 2003. p. 99-155.

Santin M, Bialetzki A, Assakawa LF, Taguti TL. Abundância e distribuição temporal de larvas de *Pachyurus bonariensis* Steindachner, 1879 (Perciformes, Sciaenidae), em uma baía do pantanal matogrossense. Acta Sci Biol Sciences 2009; 31(1): 65-71.

Santos AI, Albieri RJ, Araújo FG. Seasonal response of fish assemblages to habitat fragmentation caused by an impoundment in a Neotropical river. Environ Biol Fish. 2013; 96(12): 1377-1387.

Victor BC, Hanner R, Shivji M, Hyde J, Caldow C. Identification of the larval and juvenile stages of the Cubera Snapper, *Lutjanus cyanopterus*, using DNA barcoding. Zootaxa. 2009; 2215, 24-36.

Estudos de Avaliação dos Efeitos da Implantação de Empreendimentos Hidrelétricos da Região Hidrográfica do Paraguai

RESUMO EXECUTIVO

ANEXO 1

Síntese dos Resultados para a Região do Alto Rio Paraguai

Brasília (DF), 2020

ANEXO 1 - Síntese dos Resultados para a Região do Alto Rio Paraguai

(UPGs/MT P1, P2 e P3)

Localização dos empreendimentos hidrelétricos

Na bacia do alto rio Paraguai já existem 22 EHs em operação e com outorgas já concedidas (EH com construção iniciada ou não) e 41 EHs em eixos disponíveis e previstos (Figura 1), distribuídos da seguinte forma:

- 6 com construção não iniciada
- 21 previstos;
- 20 eixos disponíveis.
- 16 em operação;

Ictiofauna/Ictioplâncton

Nas amostragens de ictioplâncton realizadas nos rios Formoso, Sepotuba, Juba, Cabaçal, Vermelho, Paraguai e Jauru, foram coletadas e triadas 1756 amostras, com as seguintes médias de ovos e de larvas de espécies migradoras por período reprodutivo:

- Sepotuba 3 (SEP3): 69,4 bilhões de ovos e 3 bilhões de larvas;
- Sepotuba 1 (SEP1): 8,2 bilhões de ovos e 13 milhões de larvas;
- Paraguai Norte (PAR): 5,5 bilhões de ovos e 1,5 bilhão de larvas;
- Sepotuba 2 (SEP2): 3,1 bilhões de ovos e 44 milhões de larvas;
- Jauru (JAUMT): 1,9 bilhão de ovos e 2,3 bilhões de larvas;
- Cabaçal 2 (CAB2): 1,0 bilhão de ovos e 309 milhões de larvas;
- Formoso (FOR): 971 milhões de ovos e 214 mil de larvas;
- Vermelho (VERN): 94 milhões de ovos e 86 milhões de larvas;
- Juba (JUB): 20 milhões de ovos e 3 milhões de larvas;
- Cabaçal 1 (CAB1): 9 milhões de ovos e 116 mil de larvas;

Os resultados são mostrados nas Figuras 2 (ovos) e 3 (larvas). Em todos os locais amostrados foram encontrados ovos e larvas em diferentes estádios de desenvolvimento, sendo esta uma evidência de que as áreas a montante dos pontos amostrais são locais de desova, que foram estimados por meio de retrocálculo utilizando a velocidade média da água medida nos locais (pontos) de coletas. Com base nesse retrocálculo, se identificou que nos trechos a montante dos empreendimentos hidrelétricos já instalados no Jauru e no Juba a ausência da reprodução do migrador (Classe 1 – áreas não estratégicas). Por outro lado, os rios Jauru (antes do primeiro empreendimento), baixo Cabaçal, Sepotuba (até o Salto das Nuvens), Formoso e Alto Paraguai são importantes rotas migratórias, dada a alta produção de ovos e larvas observada (Classes 2, 3 e 4 – áreas estratégicas) (Figuras 4 e 5).

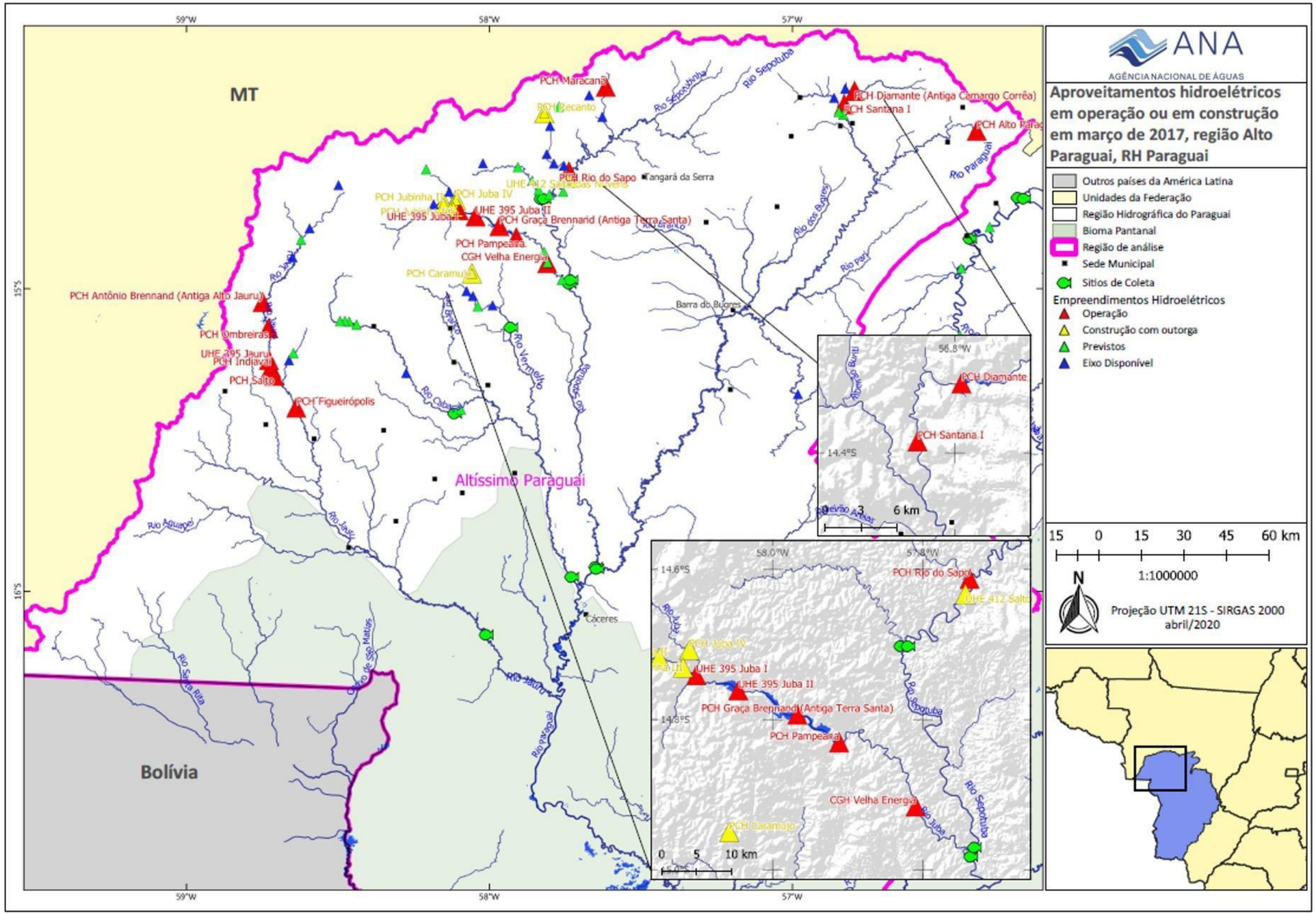


Figura 1 - Localização dos empreendimentos hidrelétricos na região do Alto Paraguai.

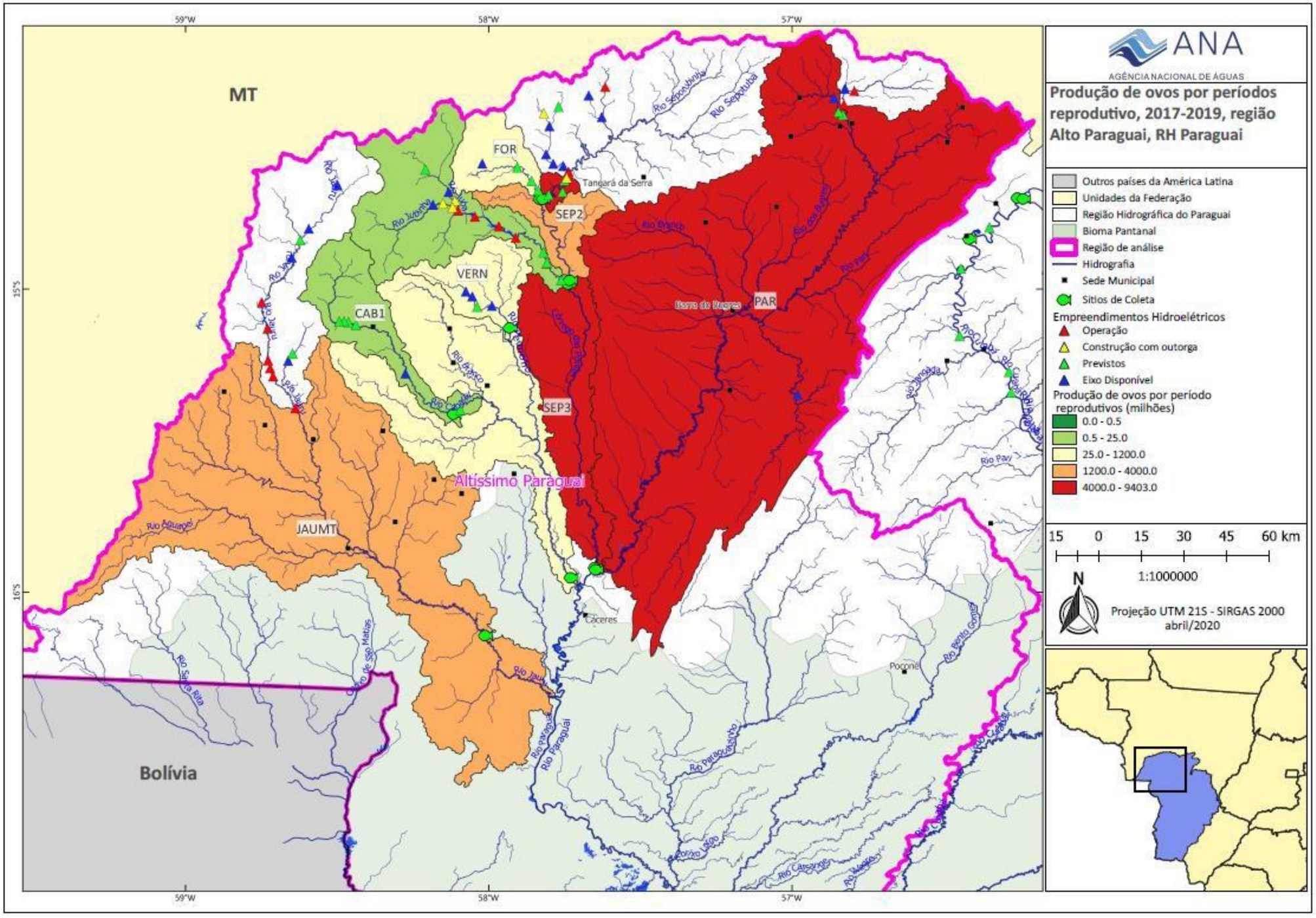


Figura 2 – Produção/Fluxo de ovos por período reprodutivo na região do Alto Paraguai.

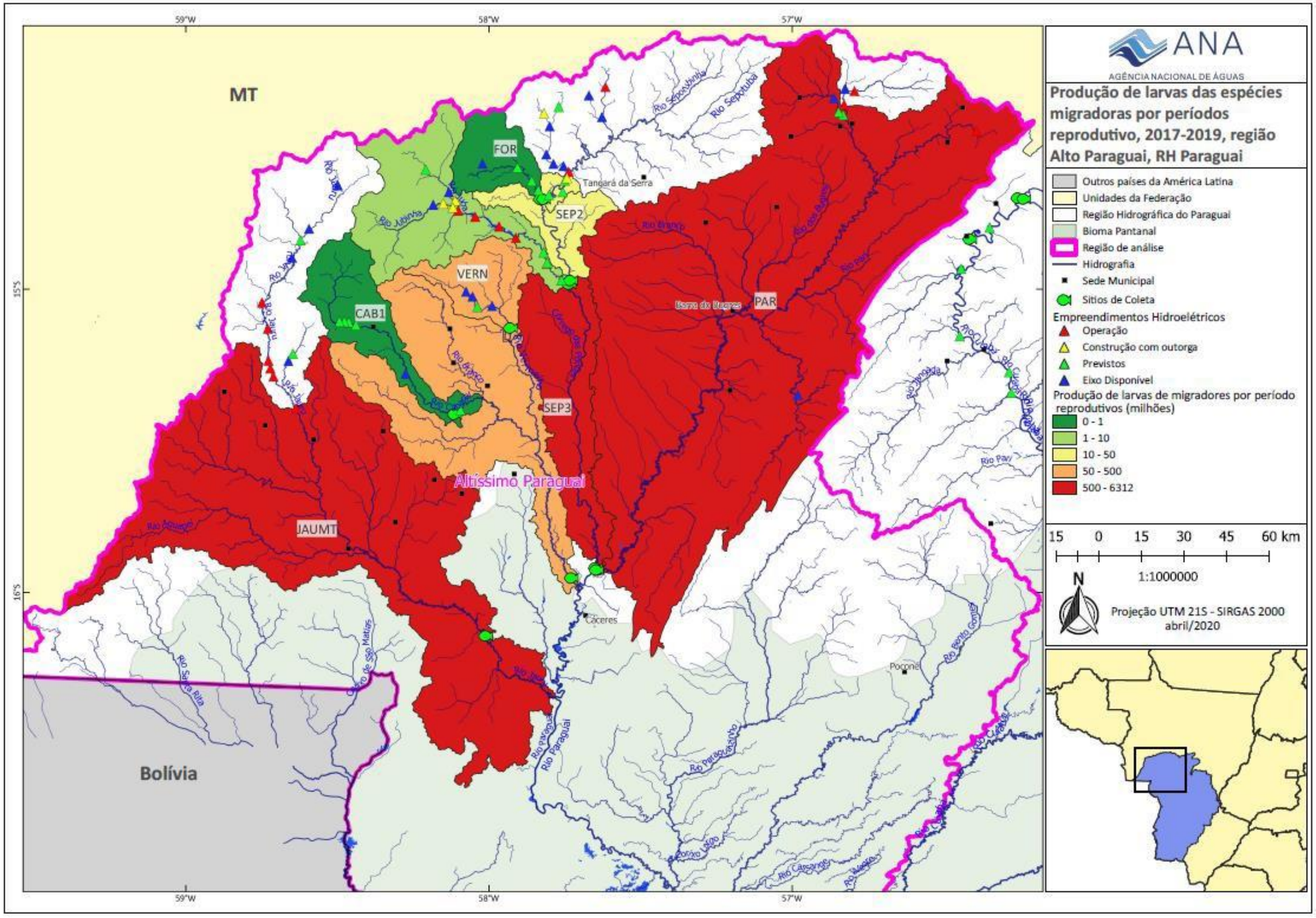


Figura 3 – Fluxo total de larvas das espécies de peixes migradores por período reprodutivo na região do Alto Paraguai.

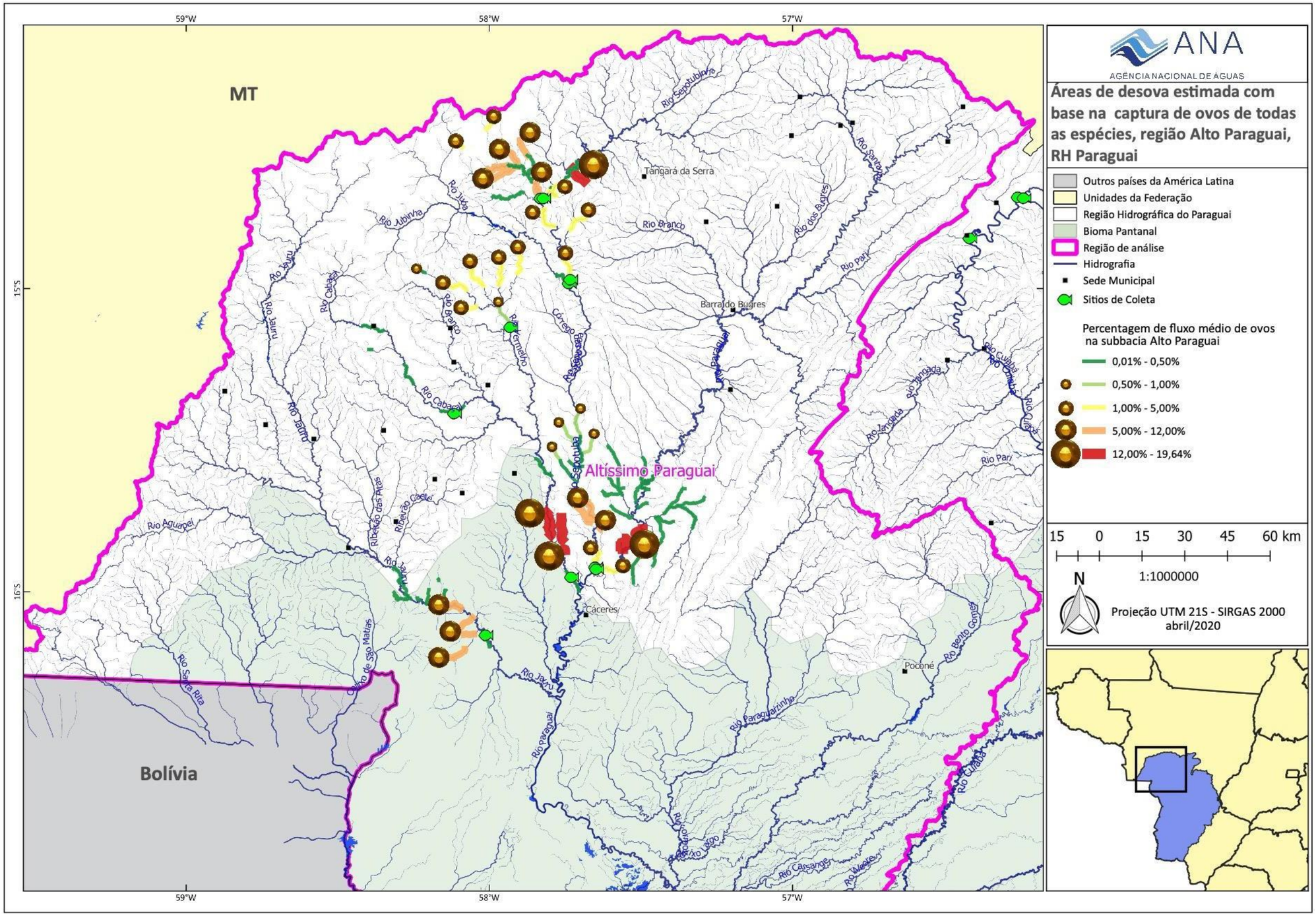


Figura 4- Áreas de desova estimadas com base na captura de ovos de todas as espécies na região do Alto Paraguai.

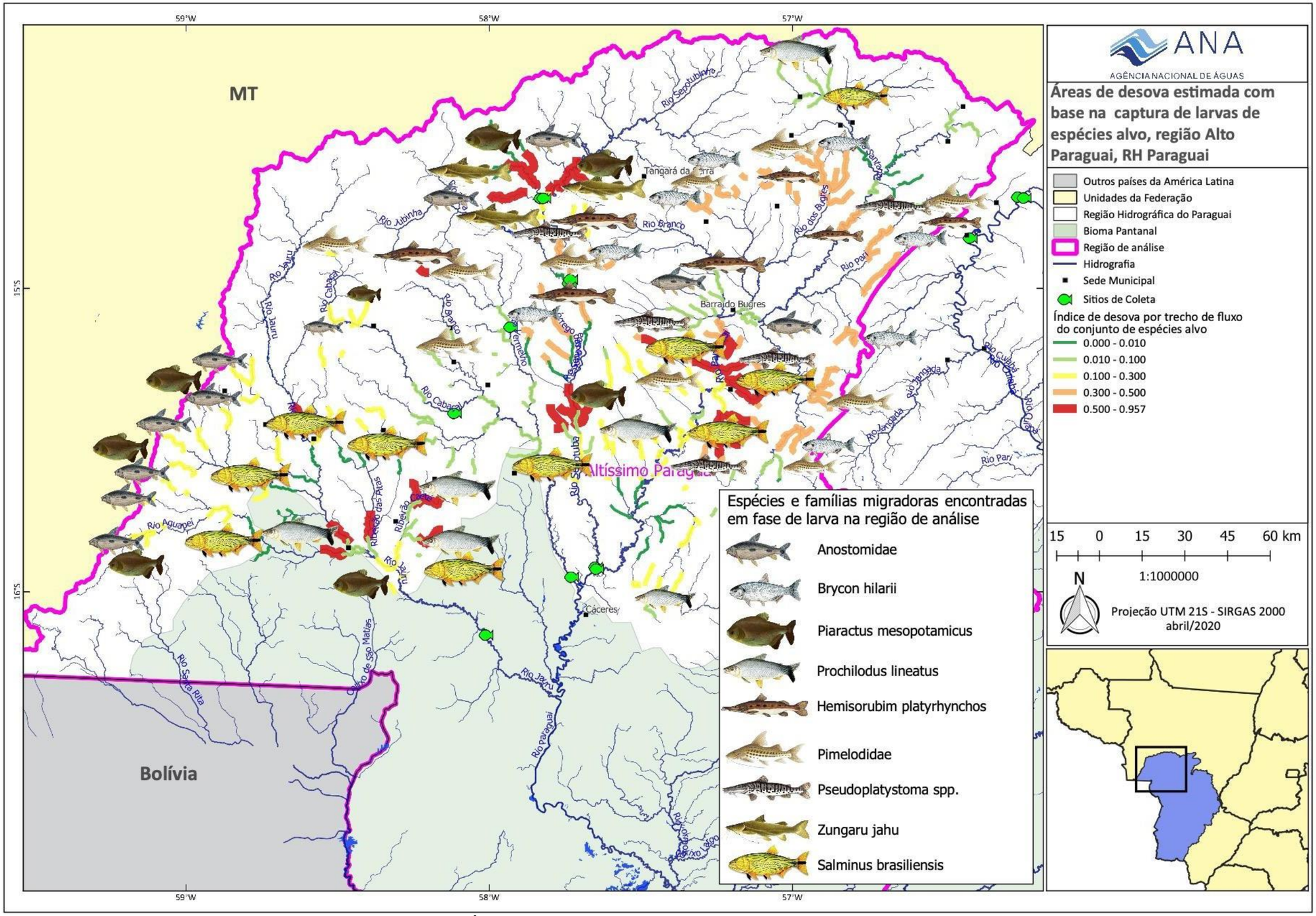


Figura 5 – Áreas de desova estimada com base na captura de larvas de espécies alvo na região do Alto Paraguai.

Análise de conectividade

Existem alguns obstáculos naturais que dificultam a migração de peixes para montante no período de piracema. Os obstáculos naturais foram identificados com base em dados de declividade dos rios estimados a partir do modelo digital de elevação do SRTM e de imagens de satélite de alta resolução. Estas informações foram complementadas ainda com fotografias do local e com informações obtidas no campo, quando possível.

Cabe destacar dois obstáculos naturais importantes que podem ser considerados barreiras intransponíveis à migração na região do Alto Paraguai: o Salto das Nuvens (Figura 6), no rio Sepotuba e o Salto do Céu (Figura 7), no rio Branco, na bacia do rio Cabaçal.

Figura 6: Salto das Nuvens no rio Sepotuba, no município de Tangará da Serra.

Na totalidade foram identificados 28 obstáculos naturais totais ou parciais ao deslocamento de peixes migratórios na região do Alto Paraguai. A cada um dos obstáculos foi atribuída uma probabilidade de passagem de peixes migratórios. Esta probabilidade foi estimada com base em fotografias do obstáculo, imagens de satélite, estimativas de declividade e comparação com obstáculos semelhantes. A localização dos obstáculos está apresentada na Figura Figura8, em que a cor do ponto representa a probabilidade de passagem de peixes migradores.

Figura 7- Salto do Céu, no rio Branco, no município de Salto do Céu.

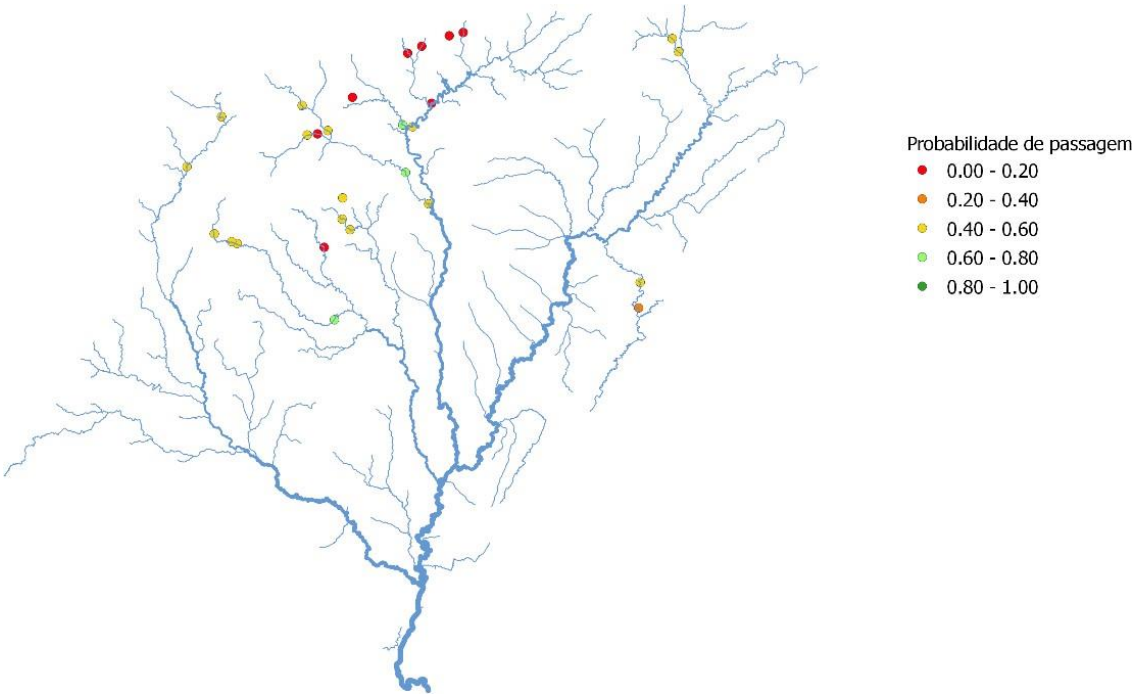


Figura 8- Localização e probabilidade de passagem de obstáculos naturais para migração de peixes na bacia do rio Paraguai a montante de Descalvados.

Cenários de construção de barragens

Existem 46 barragens em projeto na bacia do rio Paraguai definida até o posto fluviométrico Descalvados. O impacto de cada uma delas sobre a conectividade fluvial na bacia depende da construção ou não de outras barragens. Assim, idealmente seria necessário calcular o índice de conectividade para todas as combinações possíveis da inclusão ou não de 46 barragens. O número de cenários a ser analisado, portanto, é igual a 2 elevado a 46, o que corresponde a cerca de 70 trilhões de cenários. Por questões de limitação de capacidade computacional, este número é elevado demais, pois, ainda que o DCI de cada cenário fosse calculado em 1 milésimo de segundo, seriam necessários 133 mil anos para obter o resultado de todos os cenários.

Por este motivo, foi adotada uma metodologia de combinar as barragens na forma de conjuntos, ou blocos de barragens. Os critérios para definir os conjuntos foram baseados em análises preliminares e foram baseados nas seguintes considerações:

- Todas as barragens atualmente em operação constituem um único grupo.
- Barragens localizadas a montante de barragens já existentes, ou de grandes obstáculos naturais, podem ser agrupadas porque o impacto sobre o DCIPD é nulo.

- Barragens próximas, localizadas sobre o mesmo segmento da rede de drenagem, na forma como esta é representada na BHO5K, podem ser agrupadas, pois a inclusão no cenário de análise de apenas uma delas, de apenas outra ou das duas não apresenta diferença no valor do DCIPD calculado.

Com base nestes critérios, foram definidos 23 blocos, ou conjuntos, de barragens, conforme a
Figura 9.

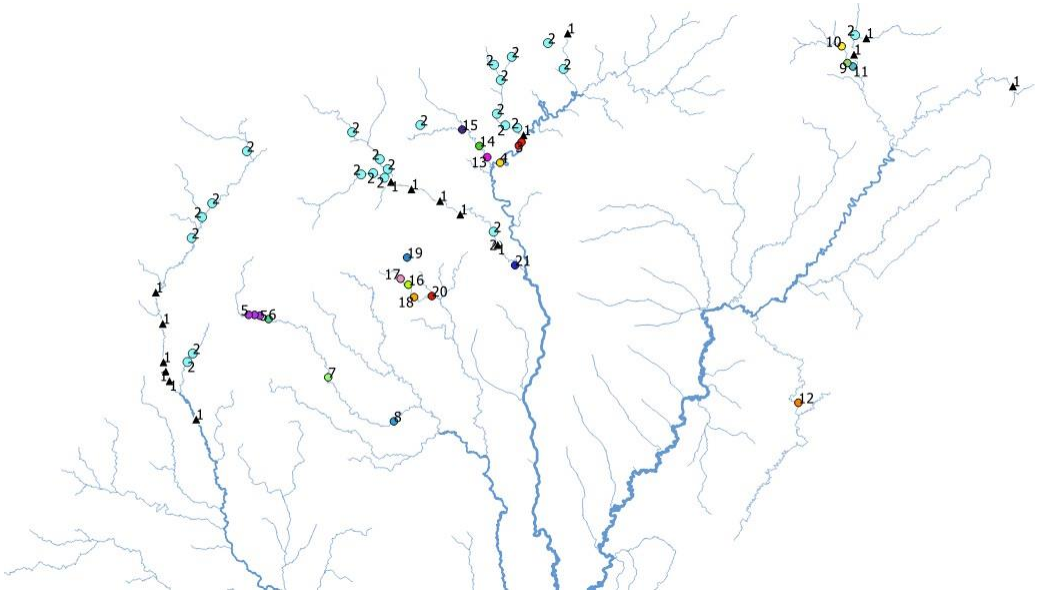


Figura 9- Agrupamento das barragens da bacia do Alto Paraguai em 22 blocos.

Considerando que as barragens do bloco 1 já estão em operação, e devem estar presentes em todos os cenários, o número final de cenários para analisar foi de 2 elevado a 20, que é igual a 1.048.576, ou seja, pouco mais do que 1 milhão.

Fator ponderador da rede de drenagem

Como fator ponderador da rede de drenagem foi atribuído um peso a cada trecho de rio, procurando refletir a importância do trecho para o processo de reprodução dos peixes na bacia.

Para isto foram utilizados os dados de fluxo de ovos e larvas nos pontos de amostragem apresentados no mapa da Figura 10 e na Tabela 1.
Os valores de número de indivíduos por dia foram divididos pelo comprimento da rede de drenagem na área de captação de ovos e larvas de cada ponto de amostragem, para obter a densidade de ovos e larvas por km de rio. A área de captação de ovos e larvas de cada ponto de amostragem foi definida considerando toda a rede de drenagem localizada a montante do ponto de amostragem, e a uma distância inferior do ponto de amostragem do que a distância estimada pelo chamado retrocálculo da posição de desova, dado o estágio de desenvolvimento do ovo ou larva. A Tabela 1 apresenta os valores finais de fluxo diário de ovos e larvas por km de rio.

O valor final do fluxo diário de ovos e larvas por km de rio, obtido para cada ponto de amostragem, foi definido como atributo da rede de drenagem, refletindo a sua qualidade como habitat para reprodução de peixes. O resultado é apresentado na Figura 10.
Para obter o mapa da Figura 10 foi necessário preencher regiões em que a metodologia descrita acima não permitiu estimar o fluxo de ovos e larvas, como a região da bacia incremental entre os pontos de amostragem PAR, SEP3, CAB2 e JAUMT e o posto fluviométrico Descalvados, e as regiões a montante das barragens dos aproveitamentos hidrelétricos atualmente em operação na bacia.

Tabela 1- Pontos de amostragem de ovos e larvas de peixes na sub-bacia do rio Paraguai a montante de Descalvados, com os respectivos valores de fluxo médio diário de ovos e larvas, e densidade de fluxo por km de rio.

Local	Fluxo de ovos+larvas (milhões de indivíduos por dia)	Comprimento dos rios (km)	Fluxo (milhões de indivíduos por dia por km)
CAB1	15,6	126	0,12
CAB2	3342,4	529	6,32
FOR	1372,4	81	16,94
JAUMT	7539,8	824	9,15
JUB	31,0	21	1,48
PAR	10.331,0	1785	5,79
SEP1	8497,7	36	236,05
SEP2	3789,1	152	24,93
SEP3	26.945,8	370	72,83
VERN	268,6	87	3,10

Para a região da bacia incremental entre os pontos de amostragem PAR, SEP3, CAB2 e JAUMT e o posto fluviométrico Descalvados, considerou-se como valor do fluxo de ovos e larvas por km de rio o valor médio obtido dos pontos PAR, SEP3, CAB2 e JAUMT, localizados logo a montante.

Para as regiões a montante das barragens atualmente existentes, e a montante dos grandes obstáculos naturais, e a montante do extremo máximo identificado de possíveis pontos de desova, foi utilizado o valor mais baixo identificado nos pontos de amostragem, que corresponde ao ponto CAB1, ou seja, o ponto de amostragem mais a montante no rio Cabaçal.

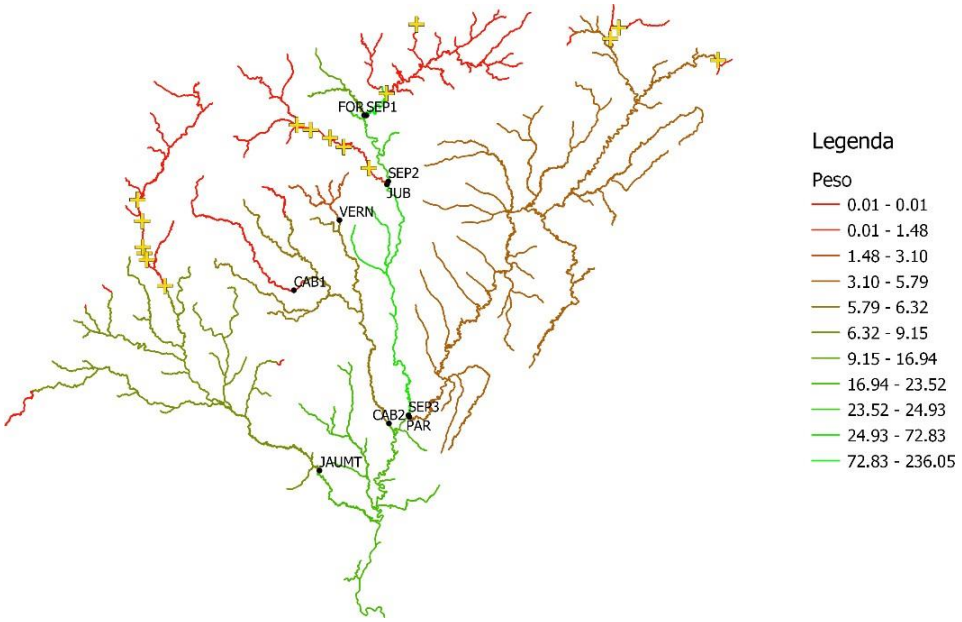


Figura 10- Mapa da rede de drenagem da bacia do rio Paraguai a montante de Descalvados (somente rios com área de drenagem superior a 100 km²) com cores indicando o peso para o cálculo do DCIPD (Índice de Conectividade Dendrítico Ponderado para peixes Diádromos) cruzes simbolizando os locais com aproveitamentos hidrelétricos em operação e pontos pretos indicando os locais de amostragem de ovos e larvas.

Observa-se no mapa da Figura 10, que a bacia do rio Paraguai a montante de Descalvados tem áreas mais favoráveis a desova de peixes (identificadas em verde) e áreas menos favoráveis à desova (identificadas em vermelho). Entre as áreas mais favoráveis à desova está o rio Sepotuba, desde a sua foz, no rio Paraguai, indo para montante até o Salto das Nuvens, que é um obstáculo natural que praticamente impede a migração de peixes para montante. A montante do Salto das Nuvens o rio Sepotuba e seus afluentes foram consideradas áreas desfavoráveis à desova, com peso igual a 0,12. Outros rios favoráveis à desova são os rios Paraguai e seus afluentes, e o rio Jauru, e seus afluentes, pelo menos até o local em que estão localizadas as barragens atualmente em operação. Já os rios Cabaçal e Vermelho apresentam fluxos relativamente baixos de ovos e larvas, embora não existam barragens em operação nestes rios.

Resultados da análise de fragmentação da rede fluvial

Para cada um dos cerca de 1 milhão de cenários foi calculado o valor do DCIPD e da potência instalada total na bacia.

Os resultados podem ser analisados em um gráfico com os eixos DCIPD e Potência Instalada, como mostra a Figura 11. Neste gráfico cada ponto representa o resultado de um cenário. Entretanto, o número de pontos neste gráfico é grande demais para uma análise objetiva. Por este motivo, é conveniente selecionar os pontos que combinam os melhores resultados em termos de Potência Instalada e Conectividade Fluvial, na forma de uma linha de Pareto. A linha de Pareto, ou região de Pareto, está ilustrada pelos pontos azuis na Figura 11, e é constituída de cenários que não são superados por nenhum outro cenário pelos dois critérios (DCIp e Potência) ao mesmo tempo. Para complementar a análise, foram escolhidos também os pontos de uma linha de Pareto inferior (em cor vermelha). Estes pontos correspondem aos cenários com as mais baixas combinações de valores de DCIp e Potência Instalada.

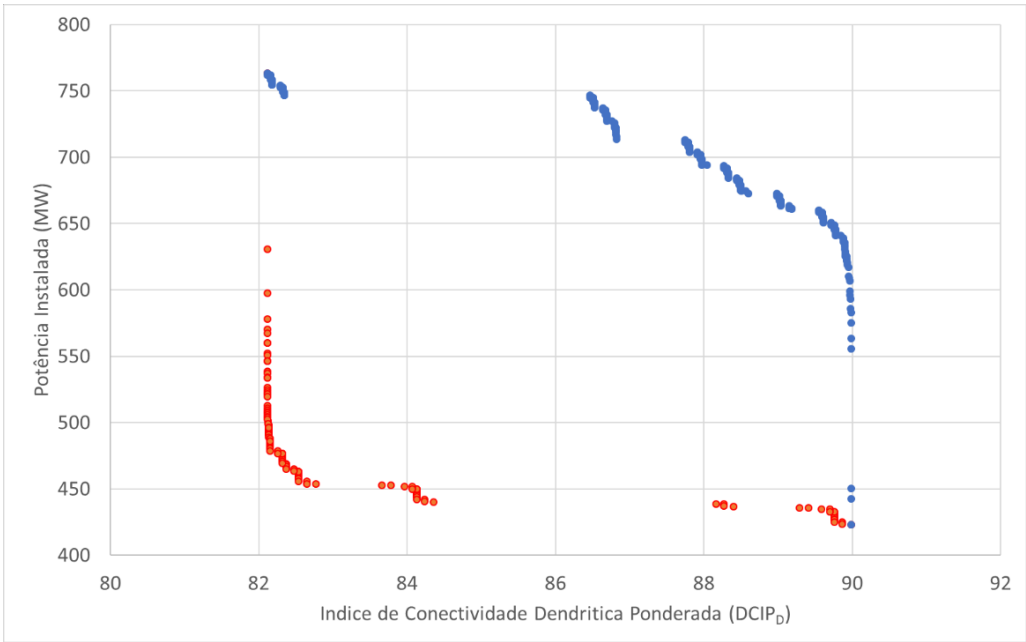


Figura 11- Resultados da linha de Pareto superior (pontos azuis) e da linha de Pareto inferior (pontos vermelhos) da análise de mais de 1 milhão de cenários de construção de barragens na bacia do rio Paraguai até Descalvados.

Os resultados mostram que existe um trade-off entre as variáveis Potência instalada total na bacia (eixo vertical) e Conectividade da rede de drenagem (DCIPD). De forma geral, a inclusão de novas barragens na bacia tende a fazer com que o índice de conectividade tenha seu valor reduzido. Da mesma forma, o valor original do índice de conectividade só pode ser mantido se não forem construídas novas barragens, ou se forem construídas apenas barragens a montante de barragens já existentes ou de grandes obstáculos naturais, que já representam impedimento para a migração de peixes.

Observa-se, na Figura 12, que no cenário atual, a potência instalada na bacia equivale a 423,20 MW, e o valor de DCIPD é de 89.99%. Num cenário futuro em que fossem implementadas todas as usinas previstas, a potência instalada atingiria 763,58 MW e o valor de DCIPD cairia para 82,12%.

Entretanto, é interessante observar que a inclusão de algumas barragens pode resultar em aumentos expressivos de potência instalada, sem reduções muito substanciais do valor de DCIp (Figura 12). Por exemplo, é possível identificar um cenário com 555,83 MW de potência instalada e com DCIp de 89,98% (Cenário B na Figura 12). Este cenário agrega boa parte do potencial hidrelétrico da bacia a sua potência instalada sem comprometer a conectividade fluvial. Neste cenário considera-se que seriam implementadas todas as usinas do bloco 2, isto é, com barragens localizadas a montante de barramentos já existentes, ou de obstáculos naturais relevantes. (Cenário adotado no estudo).

A Figura 12 e a Tabela 2 apresentam mais alguns cenários interessantes que emergem da análise dos resultados. O cenário C, por exemplo, apresenta 639,23 MW de potência instalada e DCIp de 89,88%. O incremento de potência instalada na bacia, em relação ao cenário atual, seria de 216,03 MW neste cenário, com impacto praticamente nulo na conectividade da rede fluvial. No cenário C considera-se que seriam implementadas, além das usinas do bloco 2, as usinas Salto Cacau, Salto do Céu, Salto Vermelho e Caramujo na bacia do rio Vermelho, e todas as usinas do rio Cabaçal.

Tabela 2- Cenários relevantes identificados com base nos resultados do índice de conectividade e de potência instalada na região do alto Paraguai (o X indica se a barragem ou bloco de barragens está presente no cenário analisado).

Bloco	Descrição	Cenários						
		A	B	C	D	E	T	R
1	Barragens já em operação	X	X	X	X	X	X	X
2	Barragens localizadas a montante de barragens já existentes, ou a montante de grandes obstáculos naturais		X	X	X	X	X	
3	Barragens Sepotuba e Salto das Nuvens, no rio Sepotuba					X	X	
4	Barragem Salto Maciel, no rio Sepotuba						X	X
5	Barragens Cabaçal 6, 5 e 4, no alto rio Cabaçal			X	X	X	X	
6	Cabaçal 3			X	X	X	X	
7	Cabaçal 2			X	X	X	X	
8	Cabaçal 1			X	X	X	X	
9	Jaçanã Alta				X	X	X	
10	Saíra				X	X	X	
11	Biguá				X	X	X	X
12	Araras				X	X	X	X
13	Formoso III				X	X	X	X
14	Formoso II				X	X	X	
15	Formoso I				X	X	X	
16	Salto Cacau			X	X	X	X	
17	Salto do Céu			X	X	X	X	
18	Salto Vermelho I			X	X	X	X	
19	Caramujo			X	X	X	X	
20	Salto Caramujo				X	X	X	
21	Tapirapuã			X	X	X	X	

Potência Instalada (MW)	423.20	555.83	639.23	713.08	746.58	763.58	476.85
$DCIP_D$ (%)	89.99	89.98	89.88	87.75	86.47	82.12	82.26
Incremento de Potência em relação ao cenário atual (MW)	0.00	132.63	216.03	289.88	323.38	340.38	53.65
Incremento de DCIPD em relação ao cenário atual (%)	0.00	0.00	-0.10	-2.24	-3.52	-7.86	-7.73
Redução na produção de ovos totais (% região do Alto)			-0,41	-21,61	-21,61	-48,69	-48,38
Redução na produção de Larvas migradores (% região)			-0,85	-15,15	-15,15	-15,28	-14,46
Redução na produção de ovos totais + larvas migradoras (% região)			-0,52	-19,9	-19,9	-40,0	-39,6

No cenário D a potência instalada chegaria a 713,08 MW. Neste cenário considera-se que seriam implementadas todas as usinas identificadas no inventário, exceto as usinas do rio Sepotuba (Salto Maciel, Salto das Nuvens e Sepotuba). O impacto na conectividade fluvial já seria perceptível, no entanto, com redução do DCIPD de 89.99% para 87.75%.

No cenário E a potência instalada chegaria a 746.58 MW e o DCIPD seria reduzido a 86.47%. Este cenário corresponde à situação em que seriam implementadas todas as usinas do inventário, exceto a usina Salto Maciel, localizada no rio Sepotuba.

Finalmente, cabe destacar o cenário R, por apresentar baixo incremento de potência instalada, e perda de conectividade fluvial relativamente alta. Neste cenário, considera-se que seriam implementadas as usinas Biguá (Rio Buritis), Araras (Rio Jauquara), Formoso III (Rio Formoso), além da usina Salto Maciel, no rio Sepotuba. No cenário R a potência instalada na bacia passaria a 476.85 MW e o valor do DCIPD cairia para 82.26%, um valor quase tão baixo como o resultante do cenário de implementação de todas as usinas. Pode-se inferir, portanto, que as usinas Biguá (Rio Buritis), Araras (Rio Jauquara), Formoso III (Rio Formoso), e Salto Maciel (Rio Sepotuba) são as que mais trazem prejuízo à conectividade fluvial na bacia.

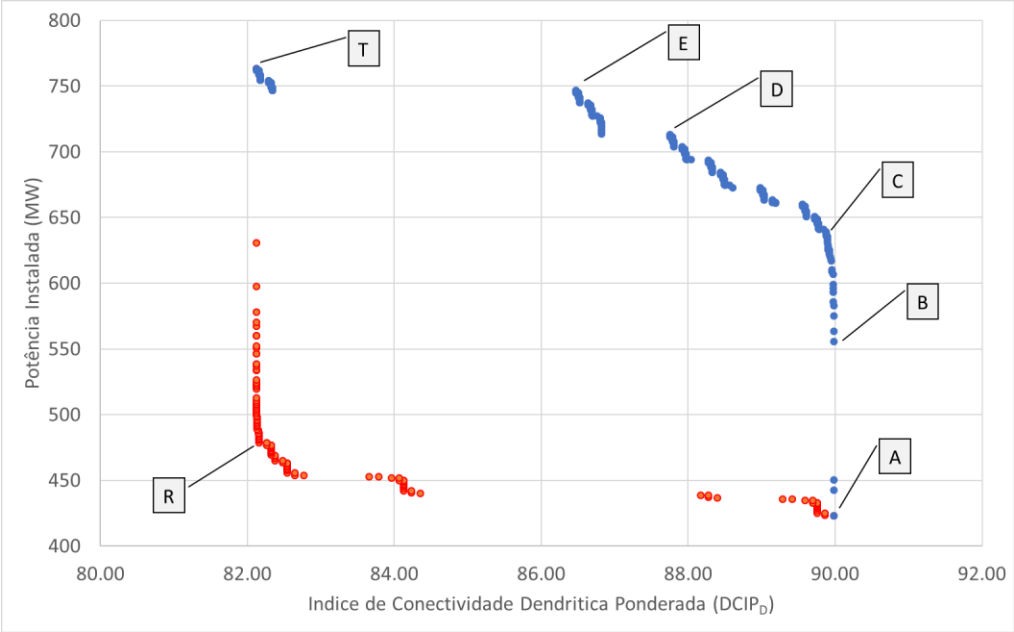


Figura 12- Resultados da linha de Pareto superior (pontos azuis) e da linha de Pareto inferior (pontos vermelhos) da análise de mais de 1 milhão de cenários de construção de barragens na bacia do rio Paraguai até Descalvados, com a indicação do cenário atual (A); do cenário com inclusão de todas as 46 barragens propostas (T); e de outros cenários relevantes da linha de Pareto superior e inferior, conforme o texto.

Considerando os resultados resumidos na Figura 12, é interessante identificar quais os empreendimentos que participam dos cenários com melhor e pior desempenho. A Tabela 2 identifica com o símbolo X quais as usinas ou blocos de usinas que se considera implementadas em cada um dos cenários, além de apresentar os resultados em termos de potência instalada na bacia e índice de conectividade dendrítica ponderado (DCIPD). O cenário adotado (C) nesse trabalho apresenta a melhor relação entre incremento de energia (216 MW) e perda de conectividade (DCIPD= -0,10), com redução de 0,41% na produção de ovos totais e 0,85% de larvas de migradores. No cenário seguinte, D, o índice de conectividade dendrítico ponderado para peixes Diádromos (DCIPD) vai para -2,24, com incremento de 73 MW em relação ao cenário C, e com impacto significativo na manutenção do estoque pesqueiro, com redução de 21,61% na produção de ovos totais e 15,15% de larvas de migradores.

Pesca Profissional Artesanal

Em toda a Região do Alto Paraguai foram realizadas 1.036 pescarias, praticadas por pescadores associados às colônias de Cáceres e Barra do Bugres no ano de 2018. Considerando os pesos estatísticos dessas colônias, a quantidade pescada foi de aproximadamente 594 toneladas de peixes, sendo 553 toneladas de peixes migradores (89,73%), das quais, cerca de 474 toneladas (85,71%) e 50 (9,04%) toneladas de espécies migradoras foram pescadas na microbacia do Paraguai Norte e no rio Sepotuba, respectivamente (Figura 13).

A Colônia de Cáceres tem uma renda anual de R$ 6,6 milhões (CV 10%), referentes a 668 pescadores ativos, gerando uma renda anual por pescador de R$ 9,8 mil. Na colônia de Barra do Bugres, a renda anual é de R$ 2,5 milhões (CV 9,2%), referentes a 269 pescadores ativos, o que gera uma renda anual por pescador de R$ 9,2 mil.

O rio mais piscoso é o rio Paraguai Norte, com 512 toneladas de pescado por período de pesca (CV 8,3%), seguido do Sepotuba, com 52 toneladas (CV 32,7%), do Jauquara, com 16 toneladas (CV 71%), do Jauru, com 9 toneladas (CV 44%), e Cabaçal, com 4 toneladas (CV 46%).

O maior volume de pesca realizado pelos pescadores associados à colônia de Barra do Bugres é realizado no rio Paraguai, e nos subsidiários principais próximos à sede municipal: rio Jauquara, rio dos Bugres, rio Branco e rio Bracinho. Já os pescadores associados à colônia de Cáceres pescam preferencialmente no rio Paraguai, a jusante da confluência do rio Sepotuba, com maior destaque aos trechos pantaneiros à jusante da confluência com o rio Jauru. A Figura 13 mostra as regiões de pesca espacializadas segundo os resultados do estudo.

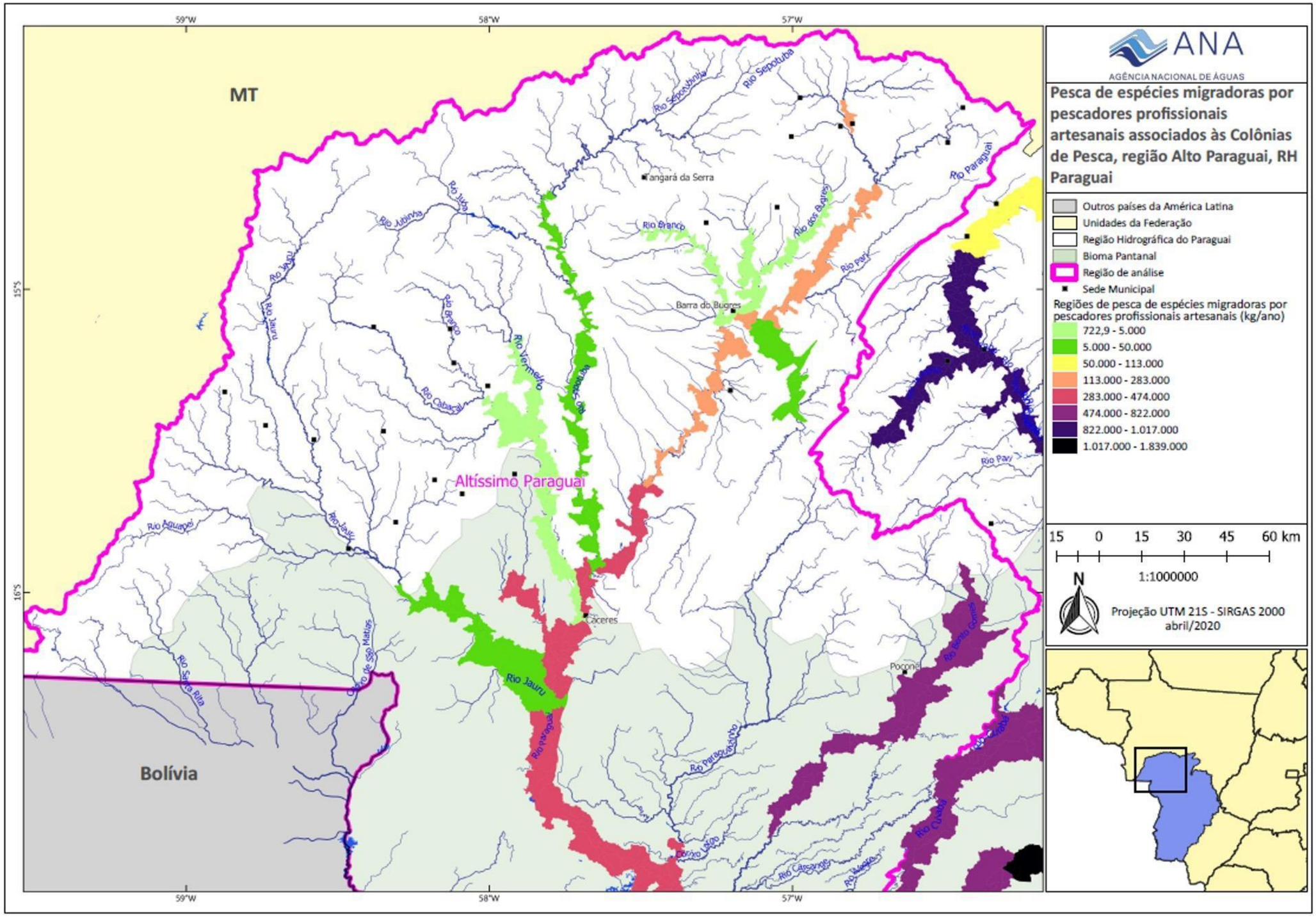


Figura 13 – Pesca de peixes migradores por pescadores profissionais artesanais associadas às colônias de pesca da região do Alto Paraguai.

Pesca Difusa

A região em análise abrange 25 municípios com 433.654 habitantes. Contudo, para efeitos de cálculo considerou-se apenas a população a partir de 14 anos, pois foi o universo definido de pescadores amadores nativos para a amostra, embora haja pessoas de menor idade que pescam, com um total de 325.241 habitantes.

O valor monetário da pesca daqueles que pescam todos os dias (considerando seis dias de pesca por semana e o número total de semanas no período da pesca de 8 meses) ou quase todos os dias (considerando três dias na semana), alcança o valor de R$ 193.964.560,00 (cento e noventa e três milhões, novecentos e sessenta e quatro mil e quinhentos e sessenta reais) ao ano. Dividindo este valor pelo número de pescadores amadores nativos nesta categoria (8.748 pescadores), obtém-se o valor anual de R$ 22.172,00 por pescador e o valor mensal per capita de R$ 2.272,00 (durante 8 meses), ou seja, mais do que dois salários mínimos de 2018.

O valor monetário da pesca daqueles que pescam de 1 a 2 dias por semana foi de R $ 124.890.360,00 (cento e vinte e quatro milhões, oitocentos e noventa mil e trezentos e sessenta reais), que divididos pelos 36.024 pescadores que compõem esta categoria temos R$ 3.467,00 per capita/ano e R$ 433,00 per capita mês.

Finalmente, o valor monetário da pesca daqueles que pescam uma a três vezes por mês foi de R$ 42.214.027,00 (quarenta e dois milhões, duzentos e quatorze mil e vinte e sete reais). Os daqueles que pescam de uma a seis vezes por ano foi de R$ 10.707.357,00 (dez milhões, setecentos e sete mil e trezentos e cinquenta e sete reais). Evidentemente que para os pescadores amadores nativos que praticam a pesca por lazer o valor do pescado é de menor importância, pois o essencial é o prazer de pescar, por esta razão não tem sentido para eles o quanto ganhariam caso vendessem o que pescaram. Por outro lado, em grande parte praticam a pesca esportiva, ou seja, não levam o peixe para casa para comer ou eventualmente vender turismo de pesca

O faturamento anual do turismo de pesca, apenas nos meios de hospedagem, é da ordem de R$ 28,2 milhões de reais por ano – reflexo de um fluxo de 60.577 turistas. O gasto médio diário dos turistas com hospedagem na região de Cáceres é de R$ 650.

Os rios da região também são frequentados por turistas de pesca de média e longa distância embarcados na região do Pantanal Central (Corumbá e Ladário, principalmente). Essa região totaliza faturamento anual de R$ 69,1 milhões de reais nos meios de hospedagem – o fluxo é de 49.346 turistas. Com maior importância dos barcos hotéis, o investimento médio diário por turista é da ordem de R$ 1.200.

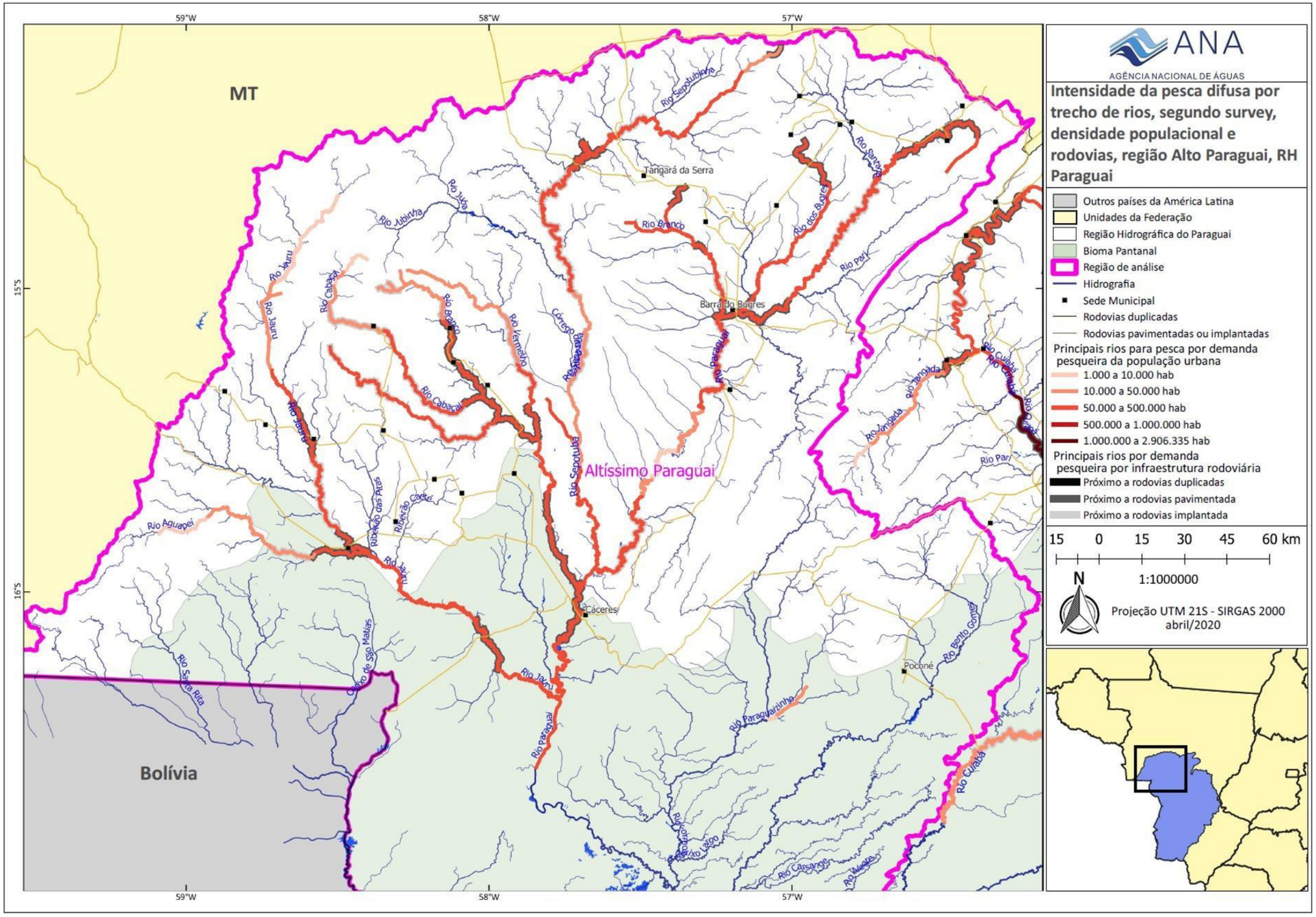


Figura 14. Principais rios para a pesca difusa por demanda pesqueira da população urbana na região da bacia do Alto rio Paraguai.

Alterações no regime hidrológico

Avaliação de alterações do regime sazonal

A avaliação do regime sazonal é apresentada por meio do fator IHA - *Indicators of Hydrologic Alteration*, obtendo para cada trecho o valor de Alteração Hidrológica – AH média. A Figura 15 mostra a região de análise, correspondendo aos rios Sepotuba, Cabaçal, Juba e Jauru. Em toda essa região os valores de AH são relativamente baixos, não contribuindo para a alteração dos pulsos de inundações na Planície.

Os maiores valores ocorrem na bacia do rio Cabaçal, a jusante das barragens Cabaçal 1 e Salto Caramujo, onde o valor de AH está na faixa de 2,5 a 5,0%. No rio Jauru, também há um trecho em que o valor de AH fica na faixa entre 2,5 e 5,0%, imediatamente a jusante da barragem Figueirópolis. Os trechos a jusante mostram um impacto menor, sugerindo que a modificação de regime hidrológico se dissipa à medida que novos afluentes, não afetados pelas barragens, contribuem com o rio principal. Tanto no rio Cabaçal como no rio Jauru os efeitos que chegam ao rio Paraguai indicam um valor de AH da ordem de 1% apenas.

Avaliação de alterações do regime sub-diário

Visto que alterações no regime sub-diário de vazões dos rios podem impactar a atividade de pesca devido às oscilações frequentes no nível da água, foram realizadas análises especificas sobre esse tema. Os resultados da avaliação de alterações no regime sub-diário são apresentados por meio do Fator de Alteração Hidrológica Sub-Diária – FSD em cada trecho de rio e em qualquer cenário de construção das barragens. Os resultados aqui apresentados tratam da condição caso todos os empreendimentos fossem implantados.

Foram observados impactos muito altos (alteração hidrológica superior a 40%, em vermelho no mapa) em trechos da rede de drenagem dos rios Jauru, Cabaçal, Vermelho, Juba, Formoso e Sepotuba (Figura 16). No caso do rio Jauru e do rio Sepotuba, o impacto de alteração de regime sub-diário pode ser percebido a longas distâncias das usinas, uma vez que não recebem afluentes relevantes nesses trechos. As perturbações da vazão em função da operação da usina Figueirópolis, no rio Jauru, é perceptível com valores do FSD superiores a 10% a uma distância de, aproximadamente, 100 km da usina. Além disso, o valor do FSD ainda é perceptível (>1%) até a confluência com o rio Paraguai. A jusante da confluência dos rios Paraguai e Jauru, entretanto, a alteração do regime em função de operações das usinas em escala sub-diária não é mais perceptível, sugerindo que estas alterações afetam longos trechos do rio Paraguai e de seus afluentes, mas não chegam até a região do Pantanal.

No geral, à medida que os picos se propagam a jusante, rapidamente os efeitos são atenuados na rede de drenagem, principalmente quando o rio no qual ocorre a perturbação encontra outro rio de grande vazão. Esse é o caso, por exemplo, dos impactos decorrentes da operação da usina Araras, localizada no rio Jauquara, na parte leste. Observa-se que ao longo do rio Jauquara o valor do FSD permanece superior a 10% até a sua foz, no rio Paraguai. A partir da confluência com o rio Paraguai, entretanto, o valor do FSD cai rapidamente, tornando-se praticamente imperceptível (<1%) cerca de 20 km a jusante da confluência.

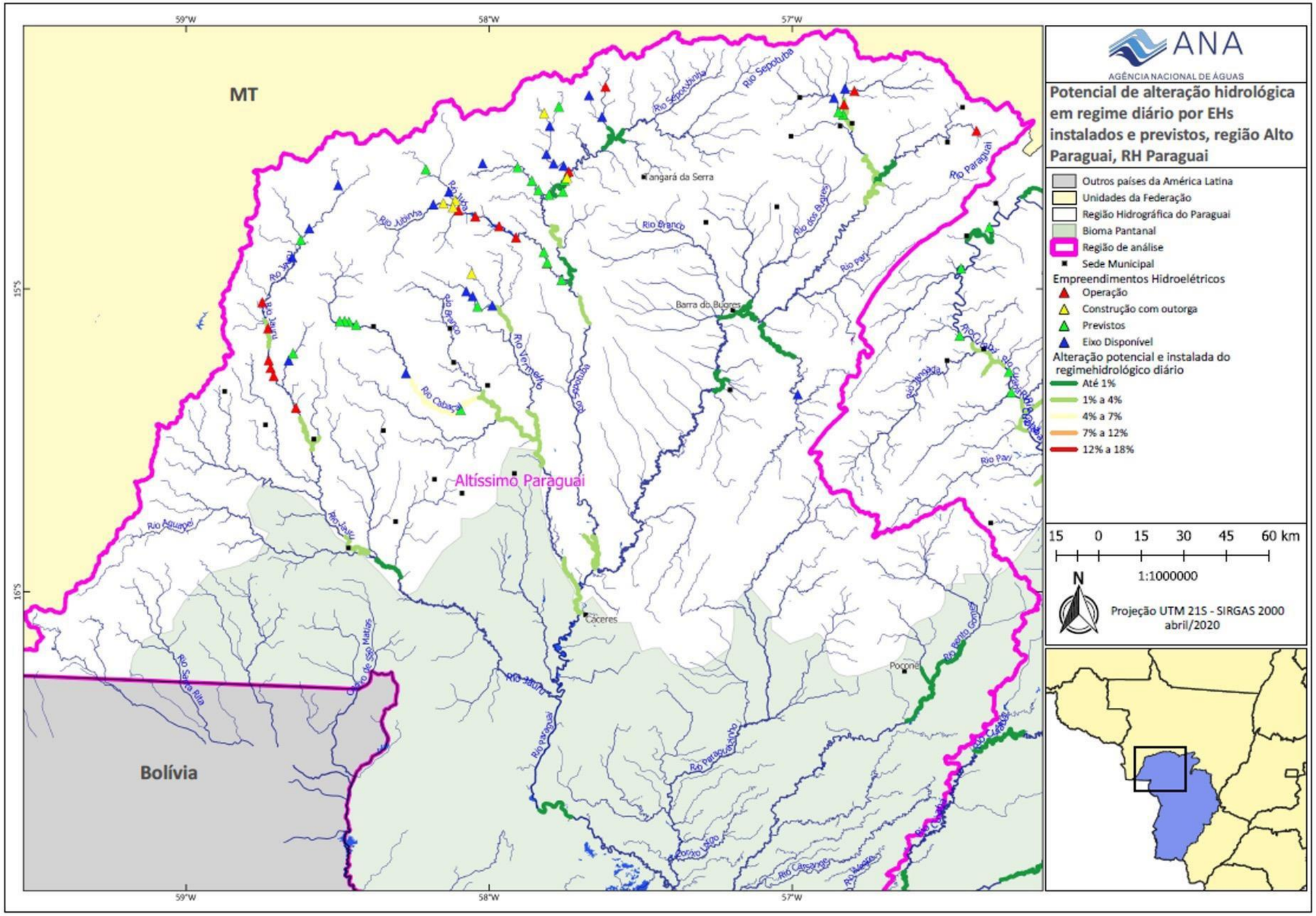


Figura 15 – Mapa de Alteração Hidrológica, em escala diária, de trechos dos rios na região do Alto Paraguai (Paraguai Norte).

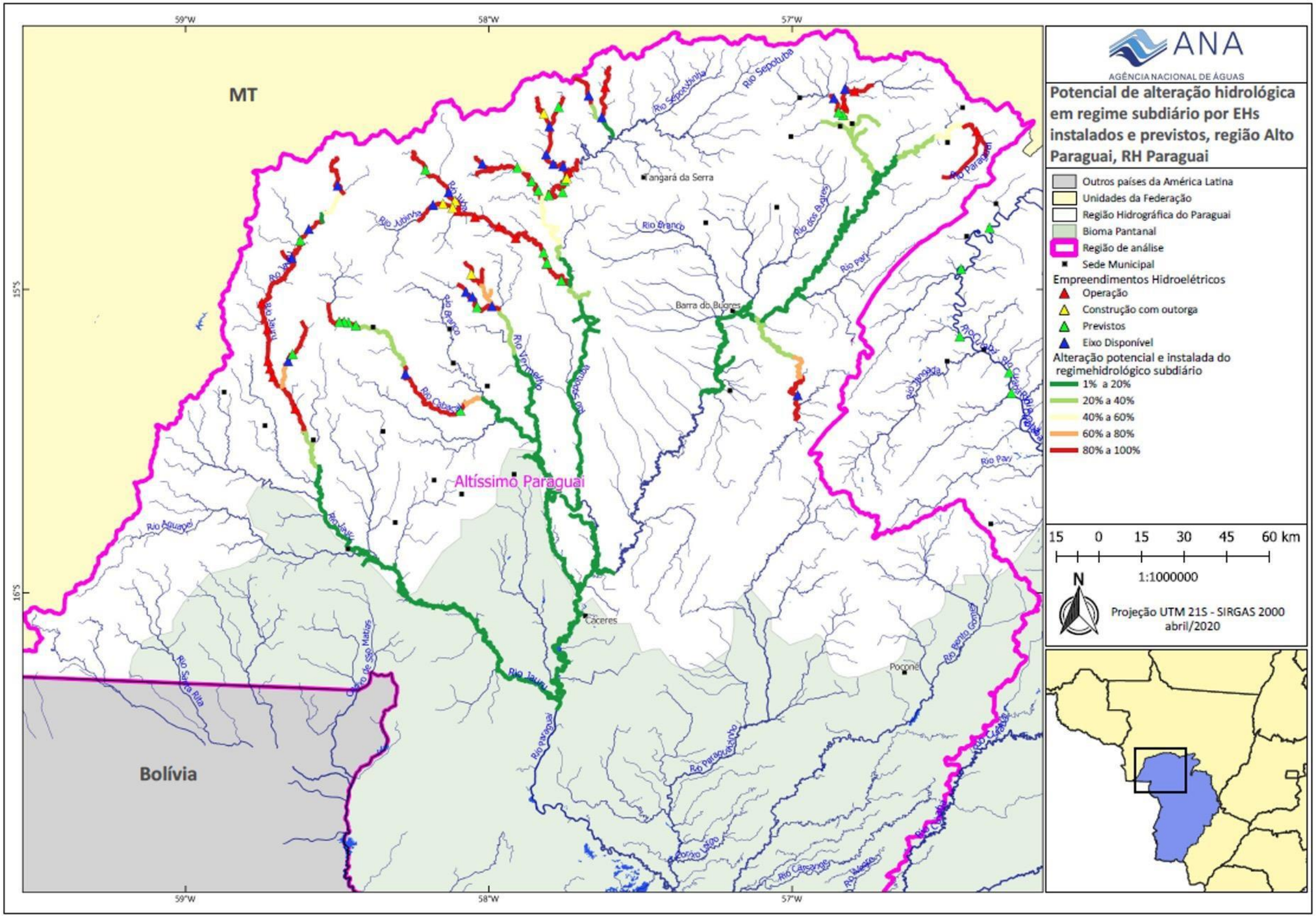


Figura 16 – Mapa de Alteração Hidrológica, em escala sub-diária, de trechos dos rios na bacia do Alto Paraguai (Paraguai Norte).

Estudos de qualidade da água e hidrossedimentologia

No Diagnóstico de qualidade da água e hidrossedimentologia (Produto 12) foram utilizadas diversas abordagens metodológicas para a avaliação de potenciais impactos decorrentes da instalação de empreendimentos hidrelétricos (EHs) previstos para a Região Hidrográfica do Paraguai (RHP), incluindo estimativas de cargas a partir de dados primários e secundários, monitoramento de alta frequência e análise do assoreamento dos reservatórios dos EHs em operação, além do uso de modelos para estimar a produção e o transporte de sedimentos e outros constituintes nos rios da RHP.

Aqui estão resumidos os resultados da aplicação de um modelo de Redes Neurais Artificiais (RNA) para a previsão de alterações, em termos de cargas anuais e percentuais, nos fluxos de sedimentos e nutrientes, decorrentes da instalação de EHs na região, visto que este é o objetivo do projeto dentro deste tema. Com base no modelo RNA e em todo o conjunto de resultados apresentado anteriormente, foram definidos níveis de impactos potenciais no transporte constituintes da água importantes para a manutenção do equilíbrio dos ecossistemas aquáticos com referência as variações naturais observadas neste estudo e em referências técnico-científicas (Tabela 3). Os resultados das alterações esperadas são apresentados na Tabela 4 e os impactos potenciais nas áreas com EH previstos são especializados na Figura 17.

Tabela 3. Níveis de impacto no transporte de constituintes da água.

Critério	Sedimentos, solutos dissolvidos, fósforo, carbono	Nitrogênio
Baixo	0 -10%	0 -15%
Médio	10 – 20%	15 – 25%
Alto	> 20%	> 25%

Cabeceiras do rio Paraguai e seus tributários rios Santana e São Francisco de Paula

O rio Paraguai, na região de cabeceira onde está instalada a PCH Alto Paraguai, tem vazão relativamente baixa (3,45 m^3/s, vazão média de longo termo - QMLT) e baixas concentrações de sedimentos em suspensão, nutrientes e solutos dissolvidos. O transporte reduzido de destes materiais pode ser explicado pela reduzida área de contribuição a montante do ponto estudado.

O rio Santana, afluente da margem direita do rio Paraguai, apresenta uma vazão maior (13 m^3/s QMLT) do que o rio Paraguai no ponto medido na cabeceira próximo a foz. O rio Santana já possui duas PCHs em operação, Diamante e Santana I (Figura 17). A jusante destes dois EHs foram observadas retenções de fósforo total - PT (54,5%, 5,5 kg/dia), Carbono Orgânico Particulado - COP (20,0%, 201,7 kg/dia), nitrogênio total - NT (12,2%, 8,9 kg/dia) e sólidos em suspensão - QSS (11,8%, 3,5 ton./dia). As alterações previstas por modelagem a partir da instalação de mais um EH no rio Santana foram consideradas de baixo impacto (Tabela 4).

Já no seu afluente, o rio São Francisco de Paula, também conhecido como Buriti, as taxas de retenção individuais para as três PCHS previstas serão bem maiores (Tabela 4). Apesar dos níveis alto e médio das retenções de sedimentos e nutrientes, respectivamente, o impacto decorrente dos barramentos previstos deve produzir impactos locais no fluxo de

materiais, com efeito reduzido no nível da região do Alto Paraguai, já que cargas retidas são relativamente pequenas nessa escala (Tabela 4). Em função dos efeitos locais, o nível de impacto desta área foi considerado médio.

Tabela 4. Taxas de variação para os empreendimentos da previstos na Região do Alto Paraguai

AHE previsto	Rio	Qss (ton/ano)	QN (kg/ano)	QP (Kg/ano)	Alteração Média Anual Qss (%)	Alteração Média Anual N (%)	Alteração Média Anual P (%)
Alagados 3	Jauru (MT)	-1810	109750	3313	-26	59	50
Estivadinho 3	Jauru (MT)	1911	165074	6396	13	54	50
Trairão 3	Jauru (MT)	1642	171633	6530	12	55	50
Rancho Grande	Vermelho (tributário Jauru)	-2203	2682	-1144	-36	4	-43
Progresso	Vermelho (tributário Jauru)	-2151	2689	-1052	-35	4	-40
Cabaçal 6	Cabaçal	-2045	-8471	-6355	-22	-7	-54
Cabaçal 5	Cabaçal	-2033	-8344	-6312	-22	-6	-54
Cabaçal 4	Cabaçal	-2032	-8306	-6309	-22	-6	-54
Cabaçal 3	Cabaçal	-1967	-8011	-6320	-21	-6	-54
Cabaçal 2	Cabaçal	-2054	-4318	-5666	-22	-3	-48
Cabaçal 1	Cabaçal	-2403	-304	-6104	-23	0	-45
Salto do Céu	Vermelho	-1415	2004	15	-42	7	1
Salto Cacau	Vermelho	-1322	2075	21	-39	7	1
Salto Vermelho I	Vermelho	-230	2688	37	-9	9	2
Salto Caramujo	Vermelho	-1305	5859	-771	-20	11	-28
Juba III	Juba (montante Jubinha)	-3275	54147	4404	-34	37	50
Juba IV	Juba (montante Jubinha)	-3275	54147	4404	-34	37	50
Jubinha II	Jubinha	-25	27811	1518	0	25	41

Jubinha III	Jubinha	-224	34448	2143	-3	29	50
Corredeira	Juba (jusante Jubinha)	6529	408956	9175	25	57	49
Usina Velha	Juba (jusante Jubinha)	6529	466258	10697	25	60	50
Tapirapuã	Juba (jusante Jubinha)	6366	471528	10614	24	60	50
Formoso I	Formoso	-7549	55434	1087	-47	32	16
Formoso II	Formoso	-10261	77781	1958	-53	35	22
Formoso III	Formoso	-266	78531	1994	-53	35	22
Taquarinha	Maracanã	-191	1750	30	-41	18	9
Medianeira	Maracanã	-2105	25926	336	-48	26	11
Sepotuba	Sepotuba	-11032	-192402	-455	-53	-17	-2
Paiaguás	Sepotuba	-11032	-134854	-8483	-53	-13	-25
Salto Maciel	Sepotuba	-11155	-127230	-8713	-53	-12	-26
Santana 2	Santana	-338	18845	-352	-5	15	-3
Saíra	São Francisco de Paula	-7216	-37040	-1786	-85	-19	-12
Jaçanã Alta	São Francisco de Paula	-7679	-38577	-1917	-85	-19	-13
Biguá	São Francisco de Paula	-11114	-105430	-1063	-79	-19	-4

Rios Sepotuba e tributários (Maracanã, Sapo, Formoso, Juba e Jubinha)

O rio Sepotuba é um rio com águas de baixa turbidez (<10 NTU) e baixa condutividade elétrica (mediana <10 µS/cm). Predomina neste rio o transporte de substâncias dissolvidas, principalmente solutos (SD), nitrogênio dissolvido e nitrogênio total. O transporte de sedimentos em suspensão, COP e PT na bacia do rio Sepotuba, nos três pontos de amostragem situados no trecho médio e inferior e nos tributários, é reduzido se comparado aos outros rios de mesmo porte da sub-bacia. O transporte de leito no rio Sepotuba também é pouco significante.

Na porção superior da bacia do Sepotuba, no sub-bacia do rio Maracanã, espera-se para os EH previstos, Taquarinha e Medianeira, alterações altas (>40%) no fluxo de sedimentos suspensos e médias para nutrientes (Tabela 4). Em virtude do impacto ser localmente restrito, o nível do impacto foi considerado médio nestes tributários (Figura 17).

No rio do Sapo há previsão de instalação de cinco AHEs, sendo uma na cabeceira, uma no encontro com o córrego Água Limpa e três no trecho mais a jusante. Todos esses EHs previstos ficariam a montante da PCH Rio do Sapo, já em operação na foz do rio do Sapo. Considerando a existência desta PCH e as baixas cargas de sedimentos e nutrientes transportadas neste rio, previsão é de que a instalação de novos empreendimentos a montante terá pouca influência no aporte de sedimentos e nutrientes para o rio Sepotuba.

Na porção média do rio Sepotuba, a contribuição do rio Formoso é expressiva em termos de carga de sedimentos e nutrientes. O Formoso é um rio com maior importância no transporte de leito de sedimentos (7,9 ton./dia), fósforo total (1,6 kg/dia), nitrogênio total (2,8 kg/dia) e carbono total (1.450,4 kg/dia) na Região do Alto Paraguai. No rio Formoso estão previstos os EHs Formoso I, Formoso II e Formoso III. As alterações decorrentes da instalação de cada um desses em termos de transportes de sedimentos em suspensão e nutrientes são, em grande maioria, consideradas altas, como se verifica na Tabela 4.

Os rios Juba e Jubinha, somados ao rio Formoso, representam boa parte da vazão líquida do rio Sepotuba. O rio Juba possui quatro EHs em operação: Juba I, Juba II, Graça Brennand e Pampeana. No balanço da cascata de reservatórios existentes do rio Juba, observou-se retenção de 18% (9,8 ton./dia) do sedimento transportado em suspensão e de 99% do sedimento do leito (0,5 ton./dia).

Há previsão de instalação de mais cinco EHs no rio Juba e mais dois no Jubinha. A Tabela 4 mostra que os EHs previstos (Jubinha II e III e Juba III e IV), a montante da cascata de empreendimentos em operação, terão impacto elevado no fluxo de sedimentos em suspensão e nutrientes, segundo o modelo de simulação. No entanto, no nível regional, este impacto seria amortizado pela existência da cascata de empreendimentos em operação. Portanto, impacto no nível da região do altíssimo Paraguai seria baixo (Figura 17). A jusante da sequência de barramentos no rio Juba, devido à previsão de alta interferência no fluxo destes materiais, sobretudo de nutrientes, o nível de impacto deve ser alto (Figura 17).

O curso principal do rio Sepotuba atualmente não possui EHs em operação. A previsão de redução no fluxo de sedimentos em suspensão para três EHs previstos no Sepotuba é alta (53%). Em dois deles a retenção de PT também é considerada alta, cerca de 25% (Figura 17).

Rios Cabaçal e Vermelho

O rio Cabaçal, comparado aos rios Sepotuba e Jauru, possui vazão menor. Porém, no Cabaçal, a carga transportada de sedimentos, carbono, nutrientes e solutos dissolvidos é semelhante a estes dois rios. Suas águas apresentam, em geral, maiores concentrações de solutos dissolvidos, como indica a condutividade elétrica de 60 µS/cm (mediana).

O rio Cabaçal é um rio livre de barramentos. Porém, atualmente, há previsão de construção de seis empreendimentos, sendo quatro na parte alta do rio e dois na porção média. Caso sejam instalados, cada um destes barramentos deve reter pouco mais de 20% de sedimentos em suspensão, algo na ordem de 2.000 ton./ano. As interferências previstas para estes EHs no fluxo de PT (>45%) também seriam altas portanto. Por estes motivos, o impacto no nível da sub-bacia foi considerado alto em termos de qualidade de água.

Para o rio Vermelho, também conhecido como Caramujo, estão previstos cinco

empreendimentos na sua porção superior. Em 3 deles, a retenção de sedimentos suspensos prevista será alta (Tabela 4). No entanto, em função da baixa interferência prevista para os nutrientes, dentro das flutuações observadas atualmente, o impacto no trecho foi considerado médio. A jusante desta cascata de EHs prevista, recomenda-se a manutenção de trechos livres de barramentos em função da contribuição do Vermelho no transporte de materiais para o Sepotuba e, indiretamente, para o rio Paraguai.

Assim como o rio Sepotuba, o rio Cabaçal tem contribuição direta para o rio Paraguai e, devido à proximidade dos locais com EHs em relação ao curso principal da bacia, são rios com maior potencial de causar alterações que venham a afetar o Pantanal. Desta forma, se considerou que esses rios devem ficar livres de barramentos, principalmente no seu trecho médio e baixo (Figura 14).

Rio Jauru

O rio Jauru tem possui seis barramentos em operação na sua metade superior, sendo a PCH Figueirópolis localizada mais a jusante desta sequência. No Jauru, há mais quatro barramentos previstos a montante da PCH Figueirópolis. Para caracterizar o transporte no rio Jauru, foram considerados dois trechos: a montante dos barramentos (QMLT 43,3 m^3/s) e a jusante do último barramento (QMLT 71,6 m^3/s), além de seu afluente, o rio Vermelho (QMLT 8,6 m3/s), que tem suas águas fluindo para o reservatório da PCH Figueirópolis.

No rio Jauru não se observou um padrão definido de retenção ou liberação a jusante de cada reservatório estudado (Tabela 4). Houve retenção de sedimento em suspensão nas PCHs Antônio Brennand, UHE Jauru e Ombreiras (entre 11 e 37%), e liberação a jusante da PCH Figueirópolis (18%). Somando-se as cargas retidas nos reservatórios a montante deste, os resultados chegam a 39 ton./dia, superior às 20 ton./dia que foram liberados a jusante de Figueirópolis.

O rio Vermelho, afluente rio Jauru, desagua no reservatório da PCH Figueirópolis, tendo contribuição importante no transporte de leito. A instalação dos EHs previstos neste rio não deve afetar no rio Jauru em função do barramento a jusante.
Para os três novos reservatórios previstos na cabeceira do rio Jauru, apesar das alterações no transporte de materiais ser considerada superior às variações naturais do rio, o impacto deverá ser assimilado pelos barramentos a jusante. É recomendável manter a metade inferior do curso do Jauru livre de intervenções com o intuito de evitar impactos na qualidade de água do rio Paraguai.

Analisando toda a região do Alto Paraguai (Figura 17) com os EHs em operação e previstos, nos exutórios dos rios Sepotuba, Cabaçal e Jauru, a estimativa é de que haverá retenção de 1.325 a 25.608 ton/ano de sedimento, o que corresponde a uma redução entre 7 e 32% do sedimento que flui em direção ao rio Paraguai, o que pode ser considerada uma alteração alta.

Possíveis implicações das alterações de qualidade de água para os usos múltiplos da água

Os rios da RHP têm papel fundamental nos processos hidrogeomorfológicos do Pantanal e na ecologia deste precioso bioma. Este papel está diretamente relacionado com o transporte, pelo leito e na coluna d'água, de sedimentos, nutrientes e outros constituintes. As possíveis alterações nos fluxos destes materiais foram descritas no subitem 3.4.2 do Resumo Executivo.

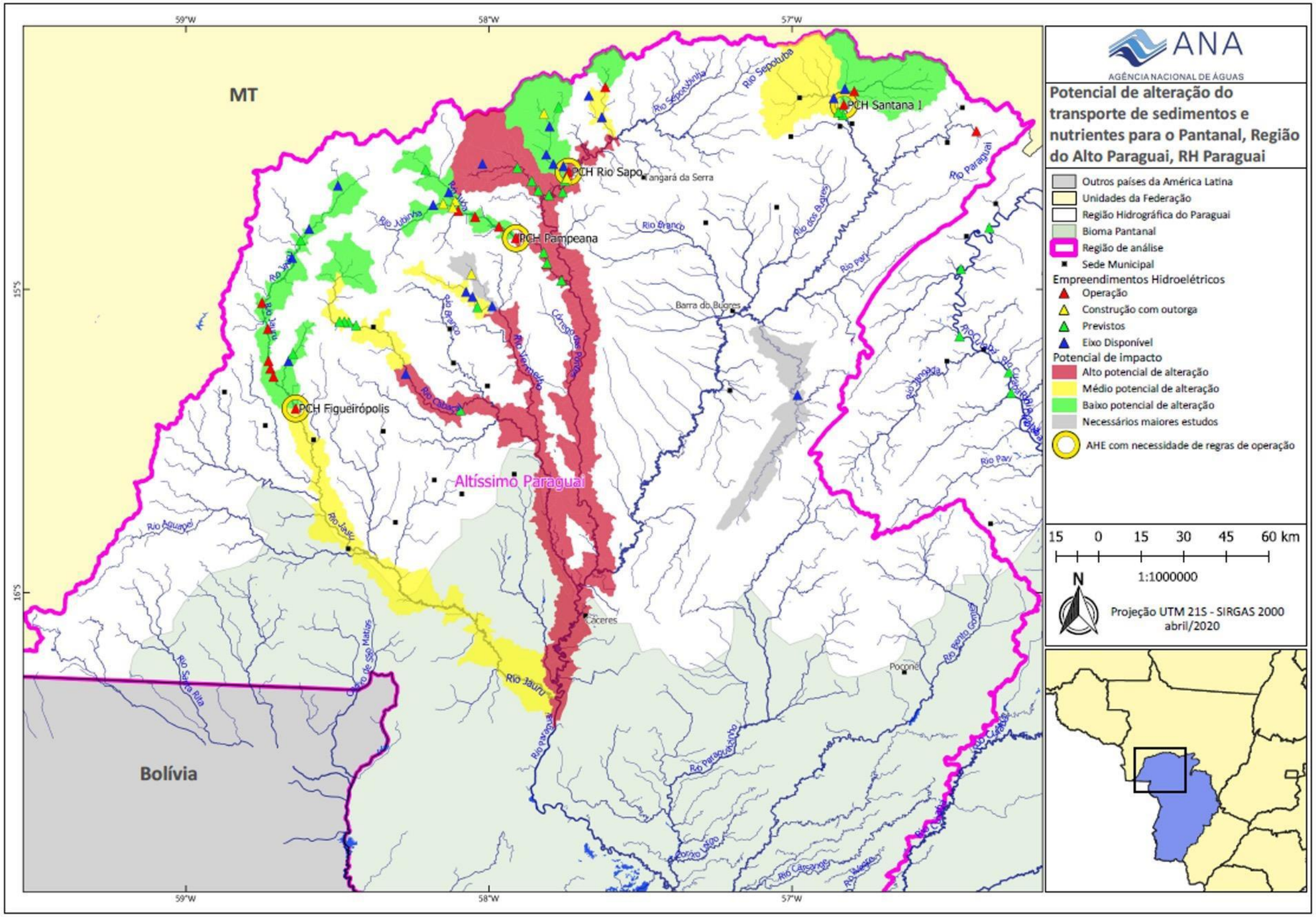


Figura 17. Potencial de alteração do transporte de substâncias entre o planalto e Pantanal devido a barramentos para geração de energia na região do Alto Paraguai (Norte).

Zoneamento proposto

Os resultados obtidos para a bacia do Alto Paraguai indicam, por um lado, áreas que não se demonstraram estratégicas como rota migratória dos migradores, ou seja, importantes para a manutenção dos estoques pesqueiros, nem tampouco para a realização da pesca profissional artesanal. Por outro lado, os resultados também indicam áreas que se demonstraram extremamente estratégicas como rota migratória dos migradores e para a realização da pesca profissional artesanal, resultando no zoneamento apresentado na Figura 18.

As áreas das bacias do rio Jauru (a montante do empreendimento hidrelétrico Figueirópolis), do rio Juba, do rio Sapo (a montante do AHE rio do Sapo) e do rio Santana (a montante do empreendimento hidrelétrico Santana 1) são as de menor importância para o recurso pesqueiro, por não ter sido detectada a desova de espécies migratórias nos períodos de análise nem a atividade pesqueira profissional. Além disso, a maior parte das áreas já está desconectada com a planície pantaneira dado que estão a montante de empreendimentos já instalados. Assim sendo, a instalação de novos empreendimentos nessas sub-bacias não provocará impactos negativos adicionais sobre o recurso pesqueiro na bacia do Alto rio Paraguai, nem na RH Paraguai.

Com base nesses resultados, foi elaborada em novembro de 2019 a Nota Técnica Conjunta Nº 3/2019/SPR/SRE que recomendou a liberação do sobrestamento dos processos de novos empreendimentos nessas áreas e culminou com a emissão da Resolução ANA nº 99, de 19 de novembro de 2019, liberando o sobrestamento no rio Santana, de domínio da União.

As áreas identificadas como extremamente importantes para a manutenção dos recursos pesqueiros são as bacias dos rios baixo Jauru (a jusante do AHE Figueirópolis), baixo Cabaçal, Sepotuba, Formoso e Paraguai. Nessas bacias, a reprodução das espécies migradoras foi muito representativa (elevado fluxo de ovos e larvas de migradores) em relação a outras sub-bacias do Alto Paraguai. Nelas também se verifica a realização de atividades significativas de pesca profissional artesanal e difusa, o que configura conflito de uso local. A instalação de qualquer tipo de barramento nas bacias mencionadas, como os empreendimentos hidrelétricos previstos nesses rios, interromperá a conectividade entre as áreas de jusante e a montante desses EHs, e consequentemente impedirá a chegada dos peixes migradores até as áreas de desova no tempo exato de maturação. Ao impedir a reprodução, poderá provocar impactos negativos sobre a manutenção dos estoques pesqueiros não somente na bacia do Alto Paraguai, como também na RH Paraguai como um todo, dado que essa bacia é uma das principais contribuintes para o estoque pesqueiro da RH, configurando, portanto, um conflito de uso de caráter regional.

Em síntese, as **áreas não estratégicas** para a manutenção dos estoques pesqueiros e pouco relevante para a conexão entre a planície e o planalto são:

- alto Jauru/MT,
- alto Cabaçal,
- Vermelho Norte,
- Juba,
- Sapo,
- Maracanã e
- Santana

As áreas **extremamente estratégicas** como rota migratória dos migradores, ou seja, que permitem a conexão entre a planície e áreas do planalto e que suportam uma atividade pesqueira importante em suas diversas modalidades são:

- Altíssimo: baixo Jauru/MT,
- baixo Cabaçal,
- Sepotuba,
- Formoso e
- Paraguai

Com os resultados obtidos, não foi possível classificar parte das bacias do Sepotubinha e do Jauquara, para as quais serão **necessários mais estudos**.

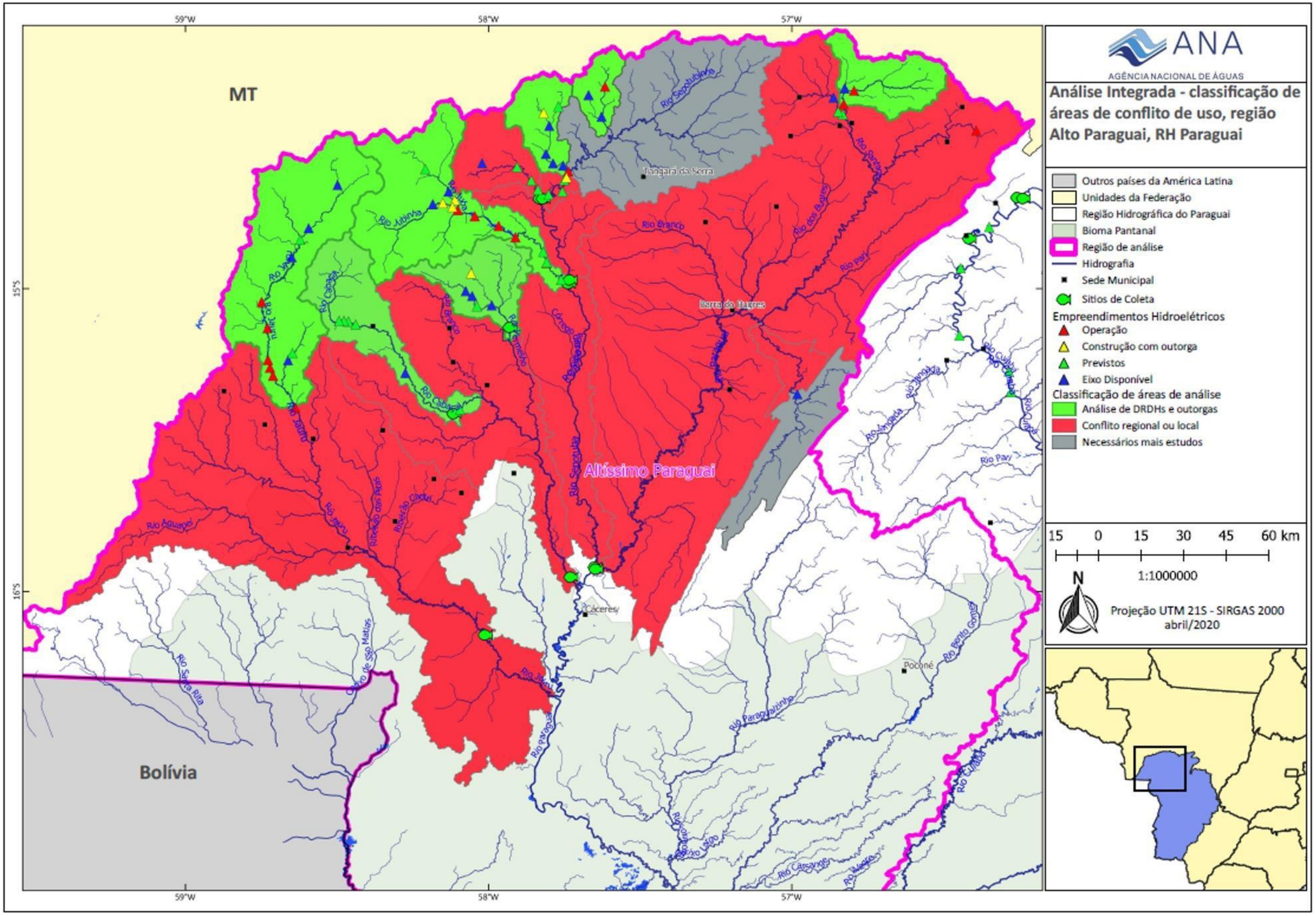


Figura 18 – Zoneamento proposto das áreas de menor e de maior importância para os recursos pesqueiros na bacia do Alto rio Paraguai

Estudos de Avaliação dos Efeitos da Implantação de Empreendimentos Hidrelétricos da Região Hidrográfica do Paraguai

RESUMO EXECUTIVO

ANEXO 2

Síntese dos Resultados para a Sub-bacia do Rio Cuiabá

Brasília (DF), 2020

ANEXO 2 - Síntese dos Resultados para a Sub-bacia do Rio Cuiabá

(UPG/MT P4)

Localização dos empreendimentos hidrelétricos

Na bacia do rio Cuiabá constam 25 empreendimentos hidrelétricos (Figura), distribuídos da seguinte forma:

- 9 em operação;
- 1 com construção não iniciada
- 8 previstos;
- 7 eixos disponíveis.
-

Ictiofauna/Ictioplâncton

Para a bacia do Cuiabá, foram utilizados dados secundários coletados entre 2002 e 2004, pela equipe do Nupélia. A sub-bacia do Mutum, afluente do Cuiabá, foi amostrada no âmbito deste Projeto (ciclos de 2017/2018 e 2018/2019). No total foram coletadas e avaliadas 676 amostras de ictioplâncton, com as seguintes médias de produção de ovos e de larvas das espécies de peixes migradoras, por período reprodutivo (valor diário x dias do período reprodutivo), os quais estão representados na Figura e Figura .

- Cuiabá (CB2): 56,6 bilhões de ovos e 1,6 bilhões de larvas;
- Manso (MJ3): 27 bilhões de ovos e 634 milhões de larvas;
- Manso (MJ2): 18 bilhões de ovos e nenhuma larva; e
- Cuiabazinho (CB1): 6,9 bilhões de ovos e 472 milhões de larvas;
- Mutum (MUT): 22 mil ovos e 2 mil larvas;
- Manso (MJ1): 220 mil ovos e nenhuma larva.

Observa-se que o rio Cuiabá (pontos de coleta CB1 e CB2) e partes do rio Manso (MJ2 e MJ3) se destacam como áreas muito importantes para a desova das espécies migradoras (Classes 2 a 4), enquanto que a sub-bacia do rio Mutum (MUT) e a área a montante da AHE Manso (MJ1) apresentaram baixa importância na produção de ovos e larvas das espécies de migradores (Classe 1).

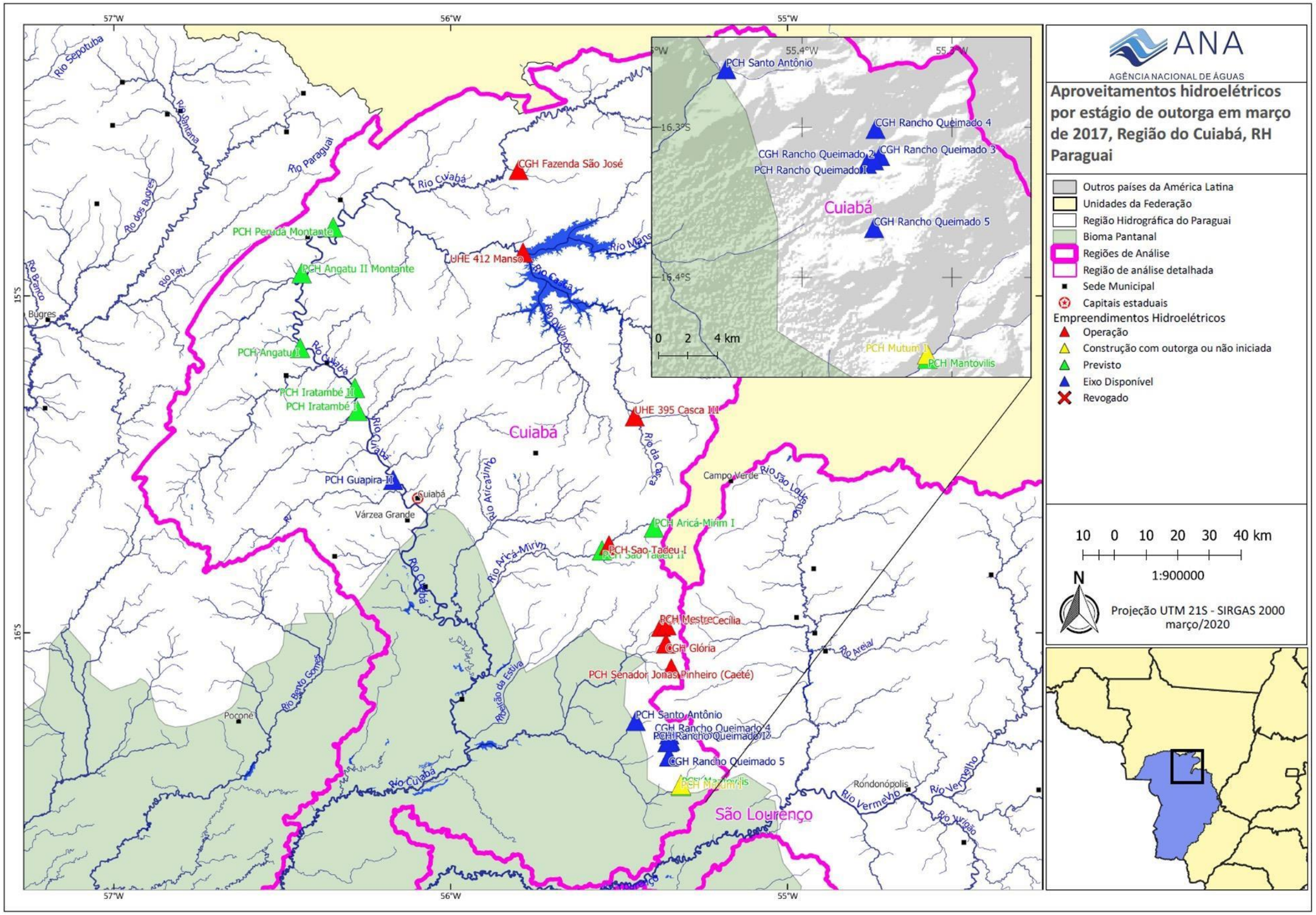
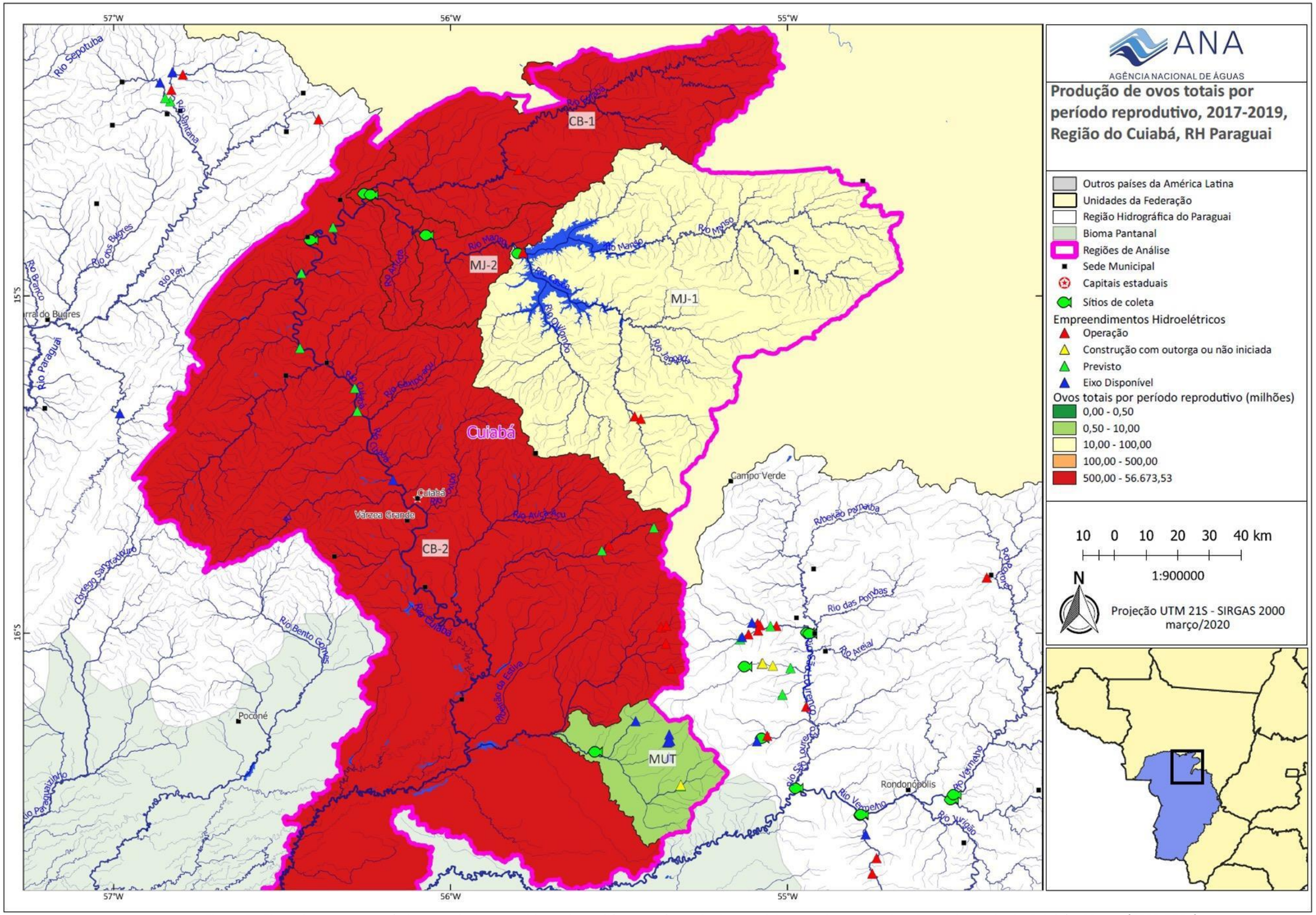


Figura 1 - Aproveitamentos hidrelétricos na bacia do rio Cuiabá.


ANA
AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS
Produção de ovos totais por período reprodutivo, 2017-2019, Região do Cuiabá, RH Paraguai
Outros países da América Latina
Unidades da Federação
Região Hidrográfica do Paraguai
Bioma Pantanal
Regiões de Análise
Sede Municipal
Capitais estaduais
Sítios de coleta
Empreendimentos Hidroelétricos
Operação
Construção com outorga ou não iniciada
Previsto
Eixo Disponível
Ovos totais por período reprodutivo (milhões)
0,00 - 0,50
0,50 - 10,00
10,00 - 100,00
100,00 - 500,00
500,00 - 56.673,53
10 0 10 20 30 40 km
1:900000
N
Projeção UTM 21S - SIRGAS 2000
março/2020
57°W
56°W
55°W
15°S
16°S
CB-1
MJ-2
MJ-1
CB-2
MUT
Cuiabá
Várzea Grande
Poconé
Campo Verde
Rondonópolis
Rio Sepotuba
Rio Paraguai
Rio Bento Gomes
Rio das Pombas
Rio Arenal
Rio Vermelho
Rio Vermelho
Rio Manso
Rio Jaciara
Rio Cuiabá
Rio Aricá-Açu
Rio Poxoréo
Rio Verde
Rio Vermelho
Rio Vermelho
Rio Vermelho
Rio Verde
Rio Verde
Rio Verde

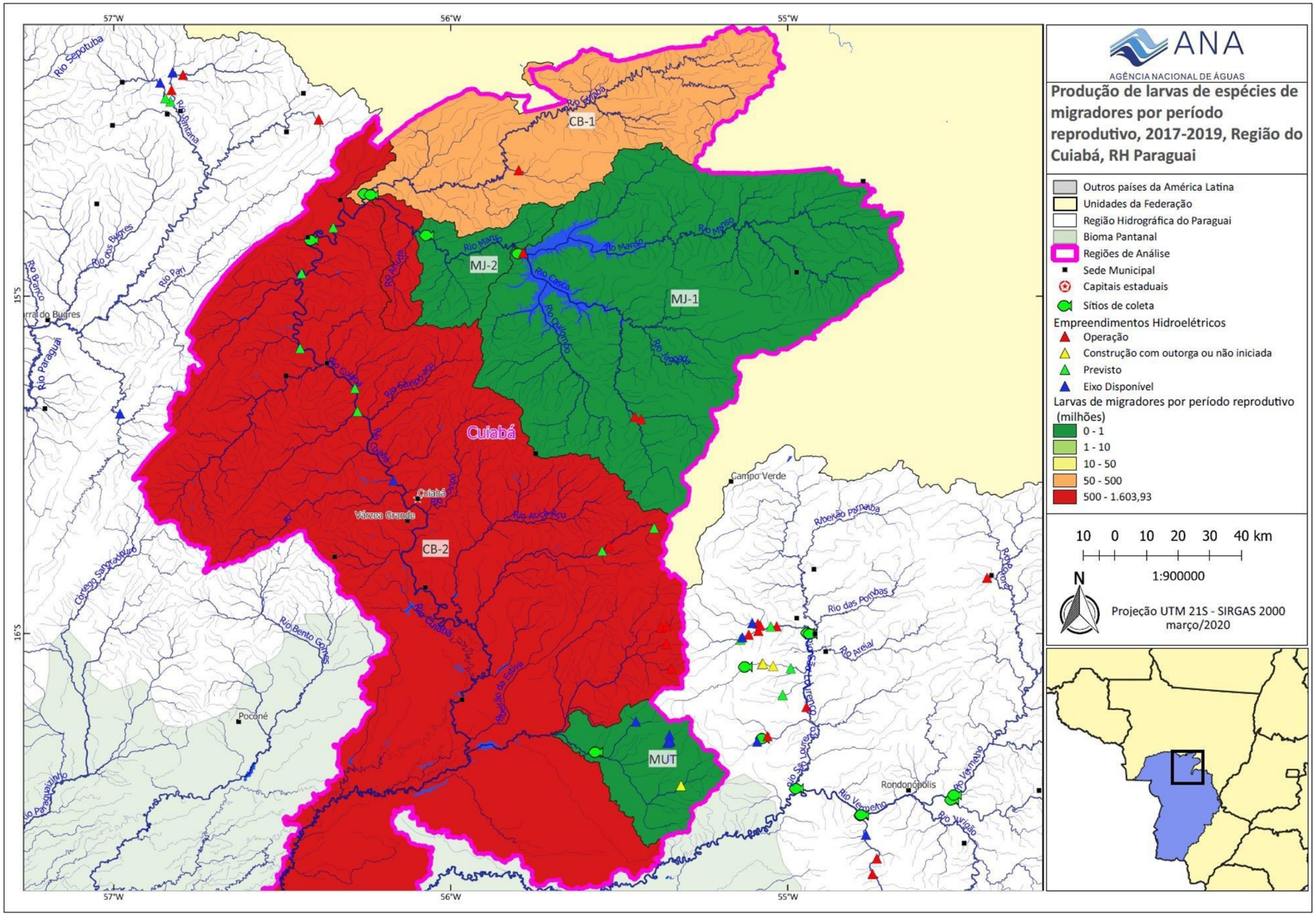


Figura 3 - Fluxo de larvas das espécies de peixes migradores por período reprodutivo, considerando as diferentes fases de desenvolvimento das larvas coletadas no rio Cuiabá e Manso (2002-2004), e Mutum (2017-2019).

Análise de conectividade na bacia do rio Cuiabá

Existem alguns obstáculos naturais que também dificultam a migração de peixes para montante no período de piracema. Os obstáculos naturais foram identificados com base em dados de declividade dos rios estimados a partir do modelo digital de elevação do SRTM e de imagens de satélite de alta resolução. Estas informações foram complementadas ainda com fotografias do local e com informações obtidas no campo, quando possível.

Não há obstáculos naturais relevantes ao longo dos principais rios da bacia, entretanto, há obstáculos naturais que possivelmente impedem a migração de peixes ao longo da encosta que marca a cabeceira do rio Mutum.

Na totalidade foram identificados 10 obstáculos naturais totais ou parciais ao deslocamento de peixes migratórios na bacia. A cada um dos obstáculos foi atribuída uma probabilidade de passagem de peixes migratórios. Esta probabilidade foi estimada com base em fotografias do obstáculo, imagens de satélite, estimativas de declividade e comparação com obstáculos semelhantes. A localização dos obstáculos está apresentada na Figura 4, em que a cor do ponto representa a probabilidade de passagem de peixes migradores através do obstáculo.

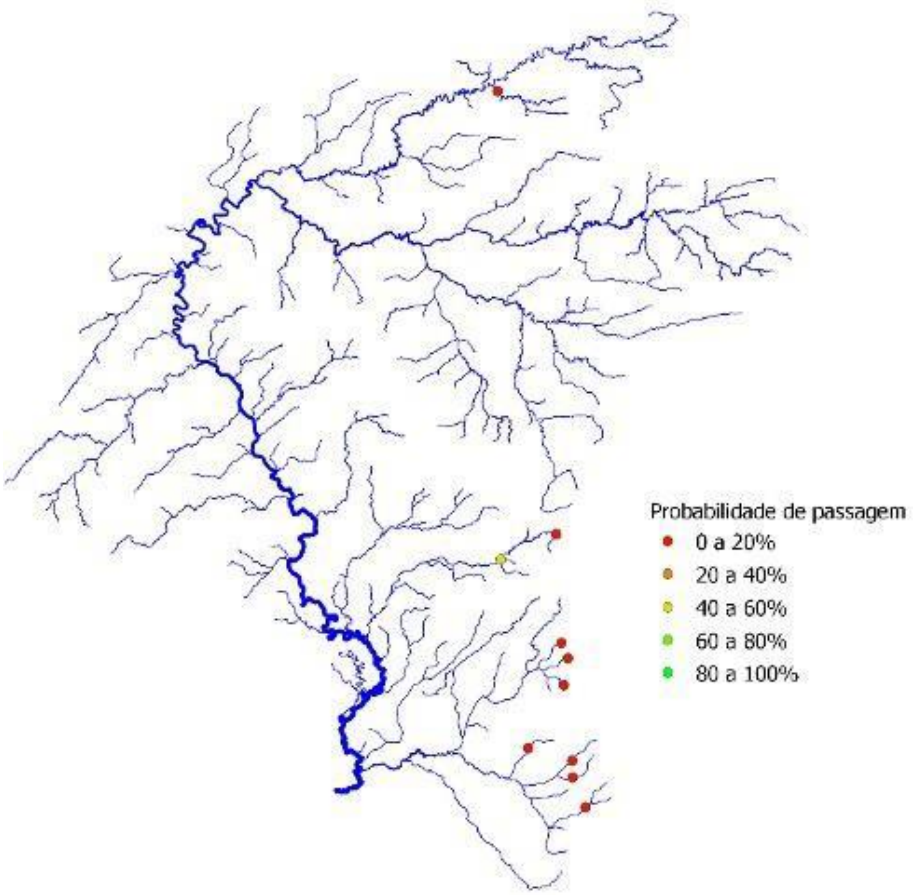


Figura 4 - Localização e probabilidade de passagem de obstáculos naturais para migração de peixes na bacia do rio Cuiabá.

Cenários de construção de barragens

Existem 9 barragens de usinas hidrelétricas em operação e há outras 16 barragens em projeto ou identificadas no inventário na bacia do rio Cuiabá. O impacto de cada uma delas sobre a conectividade fluvial na bacia depende da construção ou não de outras barragens. Assim, idealmente seria necessário calcular o índice de conectividade para todas as combinações possíveis da inclusão ou não de 16 novas barragens, além das já existentes. O número de cenários a ser analisado, portanto, é igual a 2 elevado a 16, o que corresponde a mais de 65 mil cenários. Analisar todos estes cenários não representa um desafio computacional inviável, assim as barragens atualmente existentes foram unificadas em único bloco, e as demais foram analisadas individualmente conforme a Figura 5 e a Tabela 1, resultando em 17 blocos de barragens, sendo o bloco 1 o conjunto de barragens já existentes.

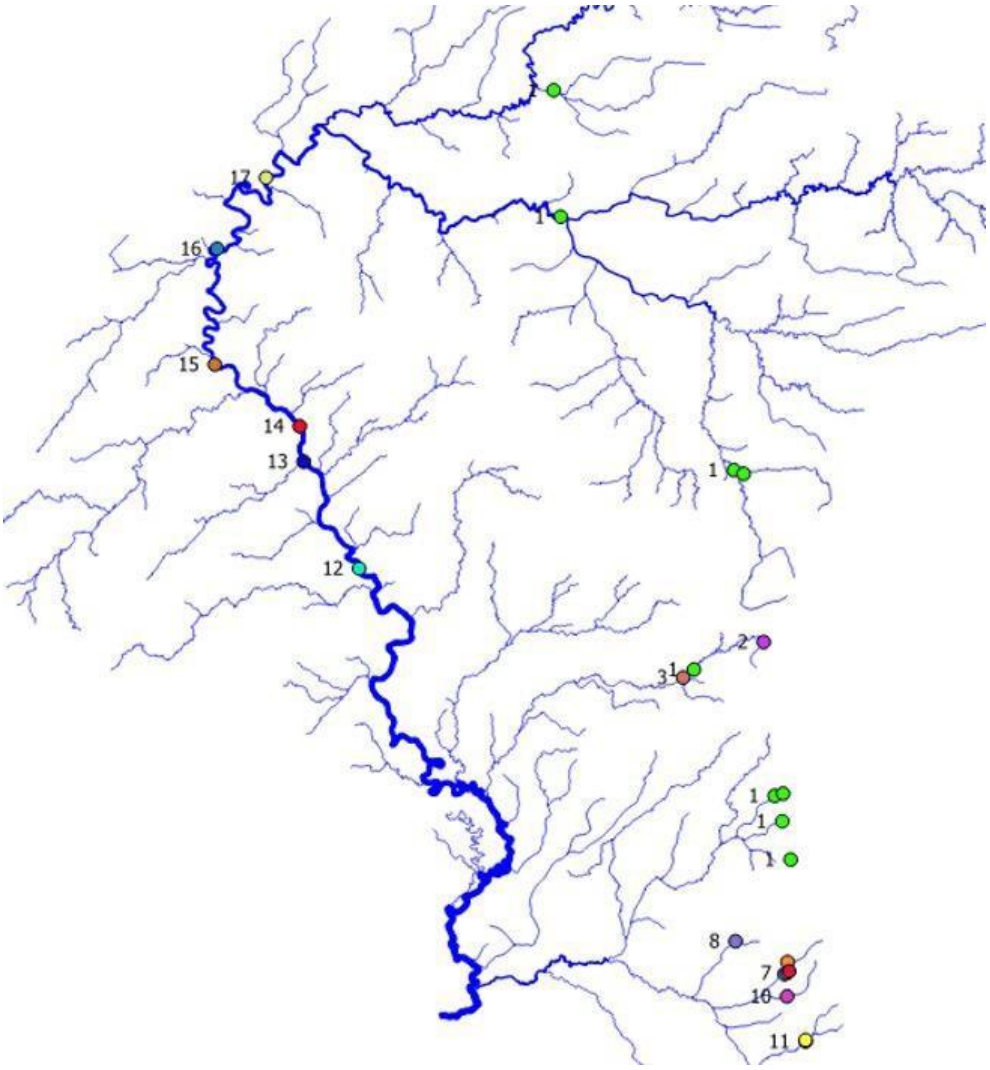


Figura 5 - Agrupamento das barragens da bacia do Cuiabá em 17 blocos (pontos verdes representam barragens já existentes).

Considerando que as barragens do bloco 1 já estão em operação, e devem estar presentes em todos os cenários, o número final de cenários para analisar foi de 2 elevado a 16, que é igual a 65536, ou seja, pouco mais do que 1 milhão.

Fator ponderador da rede de drenagem

Como fator ponderador da rede de drenagem foi atribuído um peso a cada trecho de rio, procurando refletir a importância do trecho para o processo de reprodução dos peixes na bacia. Para isto foram utilizados os dados de fluxo de ovos e larvas nos pontos de amostragem apresentados no mapa da Figura 6 e na Tabela 1.

Os valores de número de indivíduos por dia, apresentados na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**1, foram divididos pelo comprimento da rede de drenagem na área de captação de ovos e larvas de cada ponto de amostragem, para obter a densidade de ovos e larvas por km de rio. A área de captação de ovos e larvas de cada ponto de amostragem foi definida considerando toda a rede de drenagem localizada a montante do ponto de amostragem, limitada pela posição de obstáculos naturais e artificiais à migração de peixes. A
Tabela 1 apresenta os valores finais de fluxo diário de ovos e larvas por km de rio.

Tabela 1- Pontos de amostragem de ovos e larvas de peixes na bacia do rio Cuiabá, com os respectivos valores de fluxo médio diário de ovos e larvas, e densidade de fluxo por km de rio.

Local	Rio	Fluxo de ovos+larvas (milhões de indivíduos por dia)	Comprimento dos rios (km)	Fluxo (milhões de indivíduos por dia por km)
CB-1	Cuiabazinho	9732,3	601	16,18
CB-2	Cuiabá	8153,0	949	8,59
MJ-1	Manso	5,7	2	2,84
MJ-2	Manso	2458,8	102	24,20
MJ-3	Manso	34676,0	184	188,87
MUT	Mutum	27,8	137	0,20

O valor final do fluxo diário de ovos e larvas por quilômetro de rio, obtido para cada ponto de amostragem, foi definido como atributo da rede de drenagem, refletindo a sua qualidade como habitat para reprodução de peixes. O resultado é apresentado na Figura 6.

Para obter o mapa da Figura 6 foi necessário preencher regiões em que a metodologia descrita acima não permitiu estimar o fluxo de ovos e larvas, como a região a jusante do ponto CB2, e as regiões a montante das barragens dos aproveitamentos hidrelétricos atualmente em operação na bacia.

Para a região a jusante do ponto CB2 foi adotado o mesmo valor estimado no próprio ponto CB2 (8,59 ovos e larvas por dia por quilômetro de rio). Para a região a montante da barragem de Manso foi adotado o valor do ponto MJ1, e em toda a bacia do rio Mutum foi adotado o valor encontrado no ponto de monitoramento MUT. Para as demais regiões, localizadas a montante de obstáculos naturais e artificiais foi utilizado o valor mais baixo identificado nos pontos de amostragem, que corresponde ao ponto MUT.

Observa-se no mapa da Figura 6, que a bacia do rio Cuiabá tem áreas mais favoráveis a desova de peixes (identificadas em verde) e áreas menos favoráveis à desova (identificadas em vermelho). Entre as áreas mais favoráveis à desova está o rio Manso, no trecho entre a confluência com o rio Cuiabazinho e a barragem, e o rio Cuiabazinho.

As áreas menos favoráveis à desova são as áreas de maior declividade, ou as áreas a montante de grandes obstáculos naturais e artificiais.

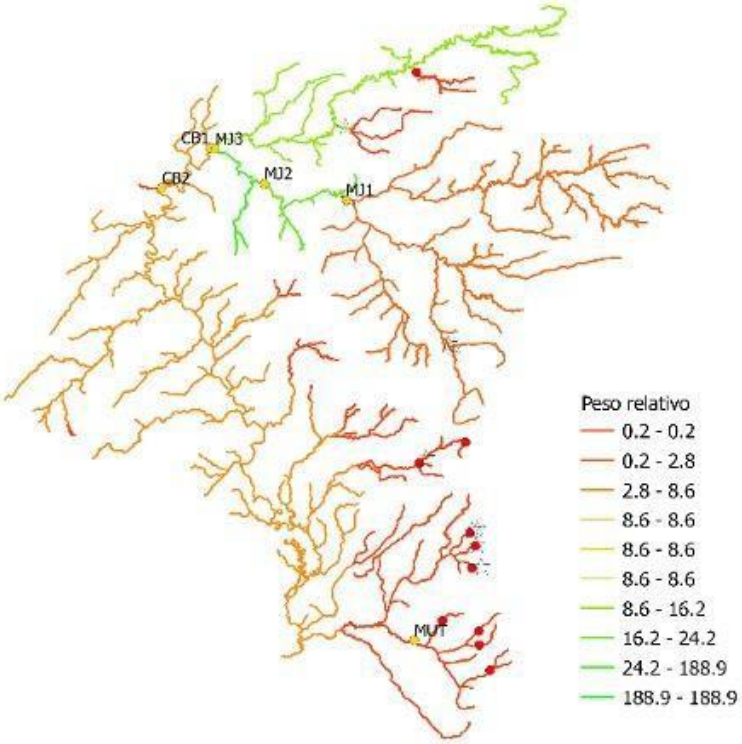


Figura 6 - Mapa da rede de drenagem da bacia do rio Cuiabá (somente rios com área de drenagem superior a 50 km^2) com cores indicando o peso para o cálculo do DCIPD (Índice de Conectividade Dendrítico Ponderado para peixes Diádromos) estrelas simbolizando os locais com aproveitamentos hidrelétricos em operação, pontos vermelhos indicando a localização de obstáculos naturais e pontos amarelos indicando os locais de amostragem de ovos e larvas.

Resultados da análise de fragmentação da rede fluvial

Para cada um 65.536 milhões de cenários foi calculado o valor do DCIPD e da potência instalada total na bacia. Os resultados podem ser analisados em um gráfico com os eixos DCIPD e Potência Instalada, como mostra a Figura 7. Neste gráfico cada ponto representa o resultado de um cenário. Entretanto, o número de pontos neste gráfico é grande demais para uma análise objetiva. Por este motivo, é conveniente selecionar os pontos que combinam os melhores resultados em termos de Potência Instalada e Conectividade Fluvial, na forma de uma linha de Pareto. A linha de Pareto, ou região de Pareto, está ilustrada pelos pontos azuis na Figura 7, e é constituída de cenários que não são superados por nenhum outro cenário pelos dois critérios (DCIp e Potência) ao mesmo tempo. Para complementar a análise, foram escolhidos também os pontos de uma linha de Pareto inferior (em cor vermelha). Estes pontos correspondem aos cenários com as mais baixas combinações de valores de DCIp e Potência Instalada. Os resultados dos cenários da linha

de Pareto inferior e da linha de Pareto superior são apresentados em mais detalhe na Figura 8.

Os resultados mostram que existe um trade-off entre as variáveis Potência instalada total na bacia (eixo vertical) e Conectividade da rede de drenagem (DCIPD). De forma geral, a inclusão de novas barragens na bacia permite aumentar a potência instalada, mas tende a fazer com que o índice de conectividade tenha seu valor reduzido. Da mesma forma, o valor original do índice de conectividade só pode ser mantido se não forem construídas novas barragens, ou se forem construídas apenas barragens a montante de barragens já existentes ou de grandes obstáculos naturais, que já representam impedimento para a migração de peixes.

Observa-se, na Figura 8, que no cenário atual, a potência instalada na bacia equivale a 256,86 MW, e o valor de DCIPD é de 90,80%. Num cenário futuro em que fossem implementadas todas as usinas previstas, a potência instalada atingiria 435,24 MW e o valor de DCIPD cairia para 15,60%. Isto significa que a rede de drenagem adequada para a reprodução (desova) dos peixes migradores na bacia do rio Cuiabá seria amplamente desconectada do Pantanal, tornando se inacessível para estes peixes, caso fossem construídas todas as barragens identificadas no inventário hidrelétrico. As barragens que mais contribuiriam para esta perda de conectividade fluvial seriam as das usinas localizadas sobre o rio Cuiabá (Guapira II; Iratambé I; Iratambé II; Angatu I; Angatu II Montante; Perudá Montante).

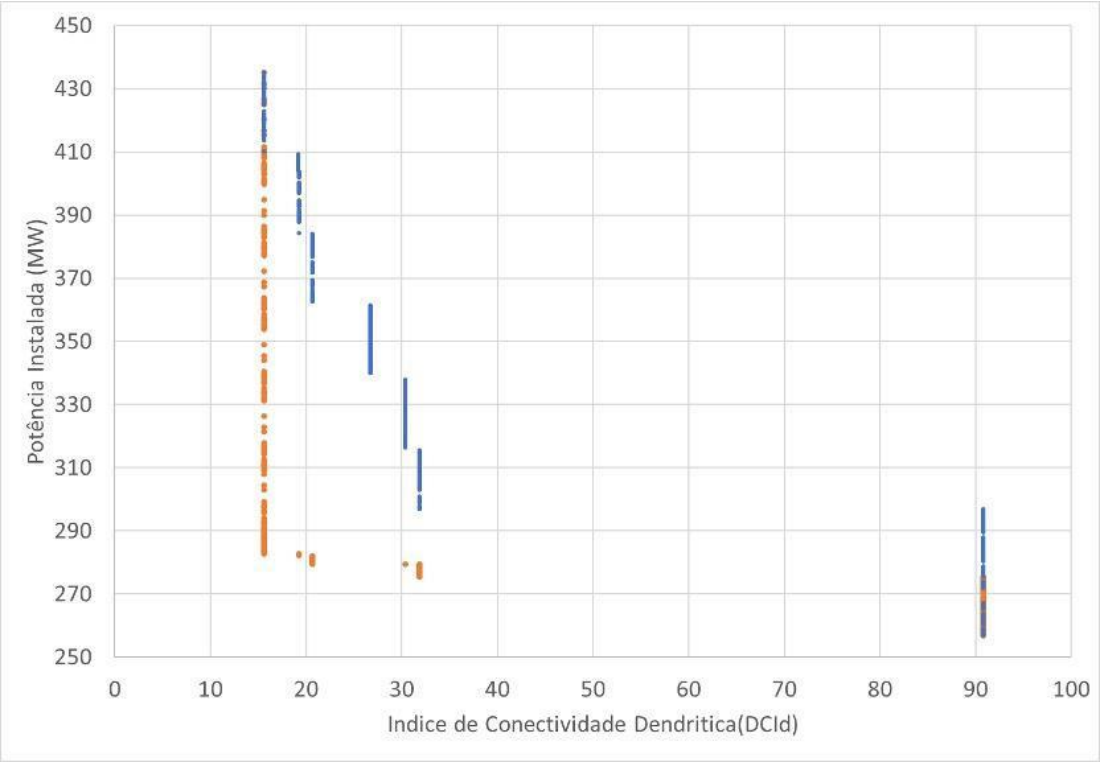


Figura 7 -Resultados da linha de Pareto superior (pontos azuis) e da linha de Pareto inferior (pontos vermelhos) da análise de mais de 1 milhão de cenários de construção de barragens na bacia do Cuiabá.

A barragem que mais contribuiria para a perda de conectividade seria a da usina Guapira II, que é a que está posicionada mais a jusante no rio Cuiabá. Caso esta única barragem fosse construída, além das que já estão em operação, o valor de DCIp cairia de 90,80%

para 15,60%, e a potência instalada aumentaria apenas 25,96 MW em relação ao valor atual, atingindo 282,82 MW. O cenário de inclusão desta única usina corresponde ao ponto R, identificado na Figura 8.

Por outro lado, existem usinas identificadas no inventário que não afetariam profundamente a conectividade fluvial para peixes migradores, portanto sem reduções muito substanciais do valor de DCIp, e permitiriam aumentar a potência instalada, conforme ilustrado pelo ponto B na Figura 8. O ponto B corresponde ao cenário em que são construídas todas as usinas hidrelétricas do inventário, exceto as localizadas sobre o rio Cuiabá. Este cenário permite aumentar a potência instalada para 296,92 MW, praticamente sem alterar o DCIp, que se mantém em 90,79%.

A Figura 8 e a Tabela 2 apresentam os detalhes dos cenários que foram destacados entre os resultados obtidos. Considerando os resultados resumidos na Figura 8, é interessante identificar quais os empreendimentos que participam dos cenários com melhor e pior desempenho, em termos de ganho de potência e perda de conectividade fluvial. A Tabela 2 identifica com o símbolo X quais as usinas ou blocos de usinas que se considera implementadas em cada um dos cenários, além de apresentar os resultados em termos de potência instalada na bacia e índice de conectividade dendrítica ponderado (DCIPD).

Tabela 2- Cenários relevantes identificados com base nos resultados do índice de conectividade e de potência instalada na bacia do rio Cuiabá (o X indica se a barragem ou bloco de barragens está presente no cenário analisado).

Bloco	Descrição	Cenário			
		A	B	T	R
1	Barragens já em operação	X	X	X	X
2	Aricá-Mirim I		X	X	
3	São Tadeu II		X	X	
4	Rancho Queimado I		X	X	
5	Rancho Queimado 4		X	X	
6	Mutum I		X	X	
7	Rancho Queimado 2		X	X	
8	Santo Antônio		X	X	
9	Rancho Queimado 3		X	X	
10	Rancho Queimado 5		X	X	
11	Mantovilis		X	X	
12	Guapira II			X	X
13	Iratambé I			X	
14	Iratambé II			X	
15	Angatu I			X	
16	Angatu II Montante			X	
17	Perudá Montante			X	
Potência Instalada (MW)		256,86	296,92	435,24	282,82
$DCIP_D$ (%)		90,80	90,79	15,60	15,60

Incremento de Potência em relação ao cenário atual (MW)	0.00	40,06	178,38	25,96
Incremento de DCIPD em relação ao cenário atual (%)	0.00	-0,01	-75,2	-75,2
Redução na produção de ovos tot- % bacia		0,04	99,96	99,96
Redução na produção de Larvas migradores- % bacia		0,02	99,98	99,98
Redução na produção de ovos tot + larvas migradoras-% bacia		0,04	99,96	99,96

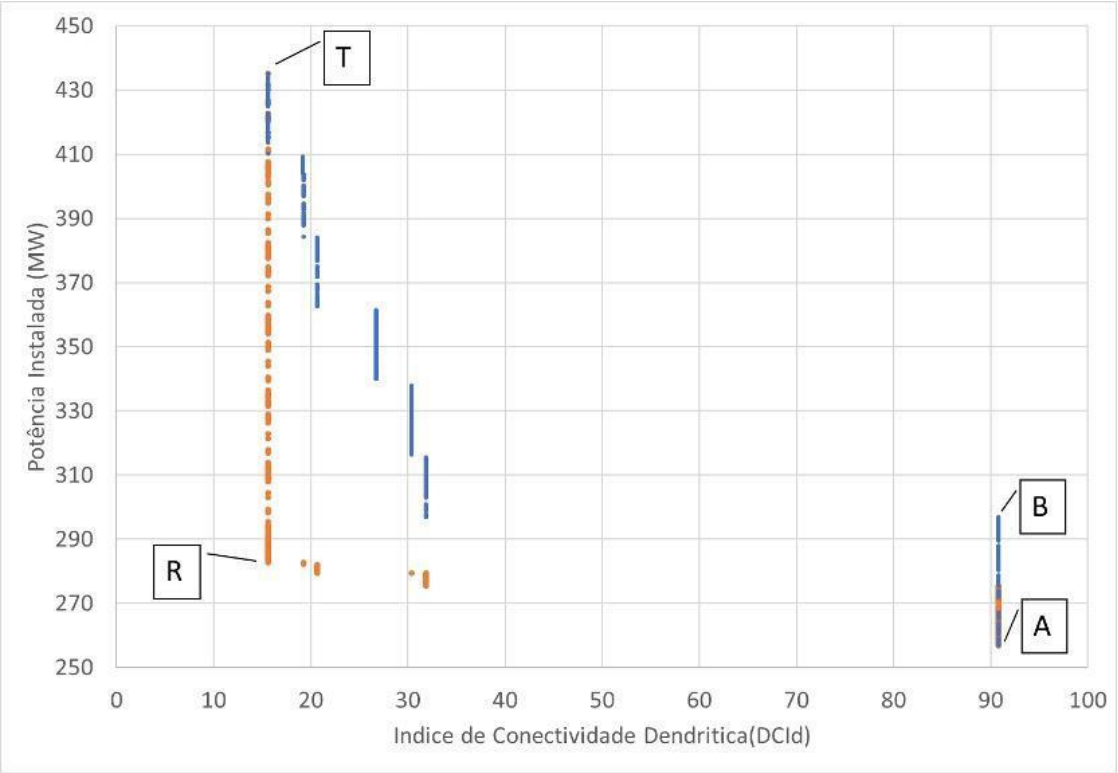


Figura 8 - Resultados da linha de Pareto superior (pontos azuis) e da linha de Pareto inferior (pontos vermelhos) da análise de mais de 65 mil cenários de construção de barragens na bacia do rio Cuiabá, com a indicação do cenário atual (A); do cenário com inclusão de todas as 16 barragens propostas (T); e de outros cenários relevantes da linha de Pareto superior e inferior, conforme o texto.

A análise de cenários de instalação de novas usinas hidrelétricas na bacia do rio Cuiabá e seu impacto sobre a conectividade fluvial revela que os rios atualmente utilizados ativamente para a desova de peixes migradores poderão ser desconectados do restante da rede de drenagem, e do Pantanal em particular, caso todas as usinas identificadas no inventário hidrelétrico venham a ser construídas, o que pode afetar profundamente as populações de peixes na região. As usinas propostas sobre o rio Cuiabá propriamente dito são as que mais teriam consequências negativas neste sentido.

O cenário adotado (B) nesse trabalho apresenta a melhor relação entre incremento de energia (40 MW) e perda de conectividade (DCIPD= -0,01), com redução de 0,04% na produção de ovos totais e 0,02% de larvas de migradores. No cenário seguinte, T, o índice de conectividade dendrítico ponderado para peixes Diádromos (DCIPD) vai para -75,2, com incremento de 138 MW em relação ao cenário B, e com impacto extremo na manutenção do estoque pesqueiro, com redução de 99,96% na produção de ovos totais e 99,98% de larvas de migradores.

Pesca Profissional Artesanal

Na sub-bacia do rio Cuiabá, no ano de 2018, foram realizadas 7.502 pescarias praticadas por pescadores associados às colônias de Corumbá/MS, Cuiabá/MT, Cáceres/MT, Nobres/MT, Barão de Melgaço/MT, Santo Antônio de Leverger/MT, Poconé/MT, Rosário Oeste/MT e Várzea grande/MT, sendo 7.245 pescarias no rio Cuiabá e 256 no rio Manso. Considerando os pesos estatísticos dessas colônias, a quantidade pescada foi de 2.134,5 toneladas, sendo 1.899,9 de peixes migradores, correspondendo a 89% do total, dos quais 96,8% foram pescados no rio Cuiabá (Figura 9).

Em relação às colônias de pesca, as que se destacam na região são a de Várzea Grande (Z14), com renda anual de R$ 12,2 milhões (CV 5,6%), referentes a 1.261 pescadores ativos, o que gera uma renda anual por pescador de R$ 9,7 mil. Em seguida, observa-se a colônia de Cuiabá (Z01), com uma renda anual de R$ 2,2 milhões (CV 11,3%), referentes a 344 pescadores ativos, gerando uma renda anual por pescador de R$ 6,5 mil.

O rio mais piscoso é o rio Cuiabá, com 2.000 toneladas de pescado por período de pesca (CV 3,1%), dos quais cerca de 88% são de espécies migradoras, seguido do Manso, com 61 toneladas (CV 2,1%, 82% de migradores).

Pesca Difusa

Na região de Cuiabá, 56% dos habitantes gostam de pescar, o que perfaz uma população de 409 mil habitantes. Destes, 52% pescam ao menos 1 vez ao mês e 8% dos pescadores amadores todos os dias ou quase todos os dias. Para estes últimos, o peixe torna-se elemento importante para a segurança alimentar (fonte proteica). A quantidade declarada média de quilos de peixes obtida em cada evento de pesca foi de 7,45 quilos para os pescadores da região.

A preferência sobre o local de pesca é em rios próximos (66%), o que ressalta a grande utilização do rio Cuiabá, pela proximidade aos dois grandes centros urbanos da região (Cuiabá e Várzea Grande) (Figura 10).

Turismo de pesca

O faturamento anual do turismo de pesca, apenas nos meios de hospedagem, é da ordem de R$ 4,3 milhões de reais por ano. Os municípios de Cuiabá e Várzea Grande não se destacam propriamente como polos turísticos. Em geral, são turistas de pernoite para outros destinos, particularmente, Cáceres e Poconé, que não têm aeroportos para aviões de grande porte. Além disso, Cuiabá não tem muitos lugares de pesca para turistas. Os tablados sobre o rio Cuiabá, nas cercanias da cidade recebem, em geral, pescadores amadores locais. Os turistas de maior poder aquisitivo dirigem-se para Cáceres e Porto Jofre.

Os rios da região também são frequentados por turistas de pesca de média e longa distância embarcados na região do Pantanal Central (Corumbá e Ladário, principalmente). Essa região totaliza faturamento anual de R$ 69,1 milhões de reais nos meios de hospedagem – o fluxo é de 49.346 turistas. Com maior importância dos barcos hotéis, o investimento médio diário por turista é da ordem de R$ 1.200.

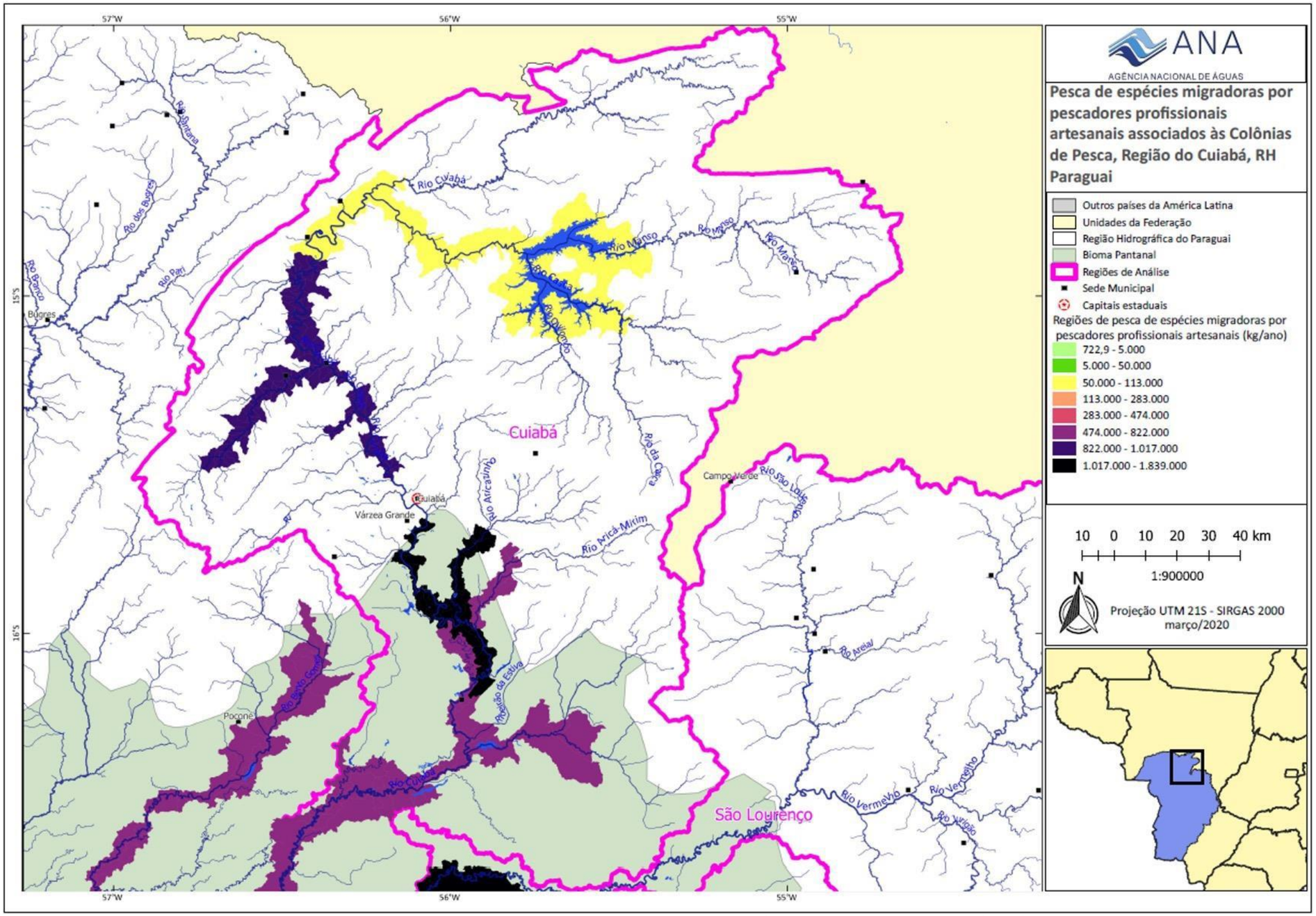


Figura 9 - Pesca de peixes migradores por pescadores profissionais artesanais associadas às colônias de pesca da bacia do Cuiabá.

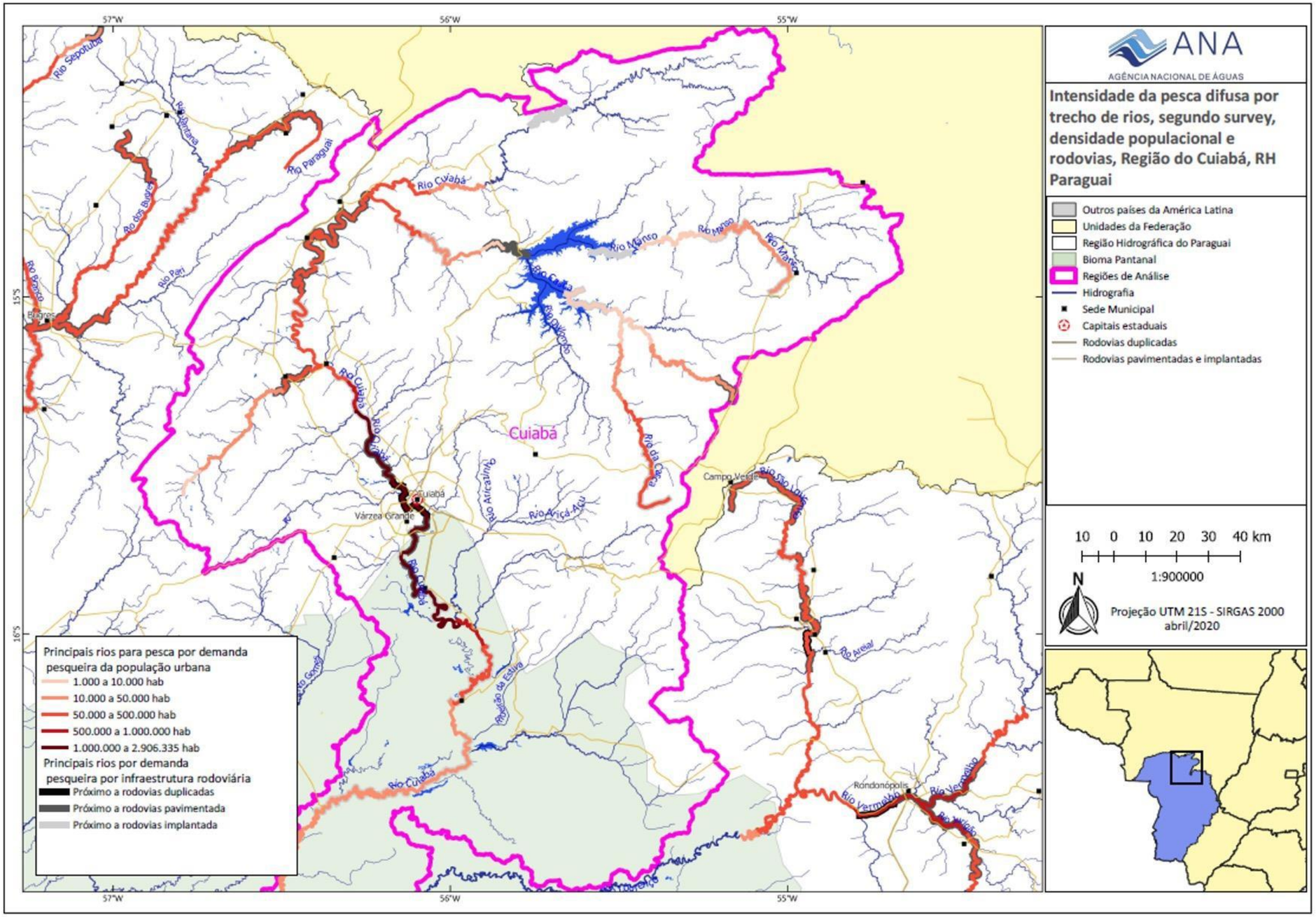


Figura10 - Intensidade da pesca difusa por trecho de rio na região da bacia do rio Cuiabá.

Alterações no regime hidrológico

Avaliação de alterações do regime sazonal

Na bacia do rio Cuiabá os resultados mostram (Figura 11) que o rio Aricá-Mirim terá a maior alteração hidrológica (AH). Neste rio, que é um afluente do rio Cuiabá, o valor de AH chega a atingir a faixa entre 5 e 10% no trecho imediatamente a jusante da barragem São Tadeu II. Entretanto, ao longo do mesmo rio, os resultados mostram que o valor de AH cai para a faixa entre 2,5 e 5% antes mesmo da confluência com o rio Cuiabá. Ao longo do rio as diversas usinas hidrelétricas projetadas não chegam a alterar fortemente o regime hidrológico, como demonstram os diversos trechos de rio com valores de AH na faixa de 1 a 2,5% (Figura 11).

Avaliação de alterações do regime sub-diário

Na bacia do rio Cuiabá o cenário de inclusão de todos os aproveitamentos hidrelétricos resulta em alterações de regime hidrológico sub-diário em quase todos os rios principais. No rio Cuiabá os efeitos de operação sub-diária podem ser considerados perceptíveis (>1%) em trechos de rio localizados já na planície Pantaneira, na região de Barão de Melgaço e até a região da confluência com o rio São Lourenço (Figura 12).

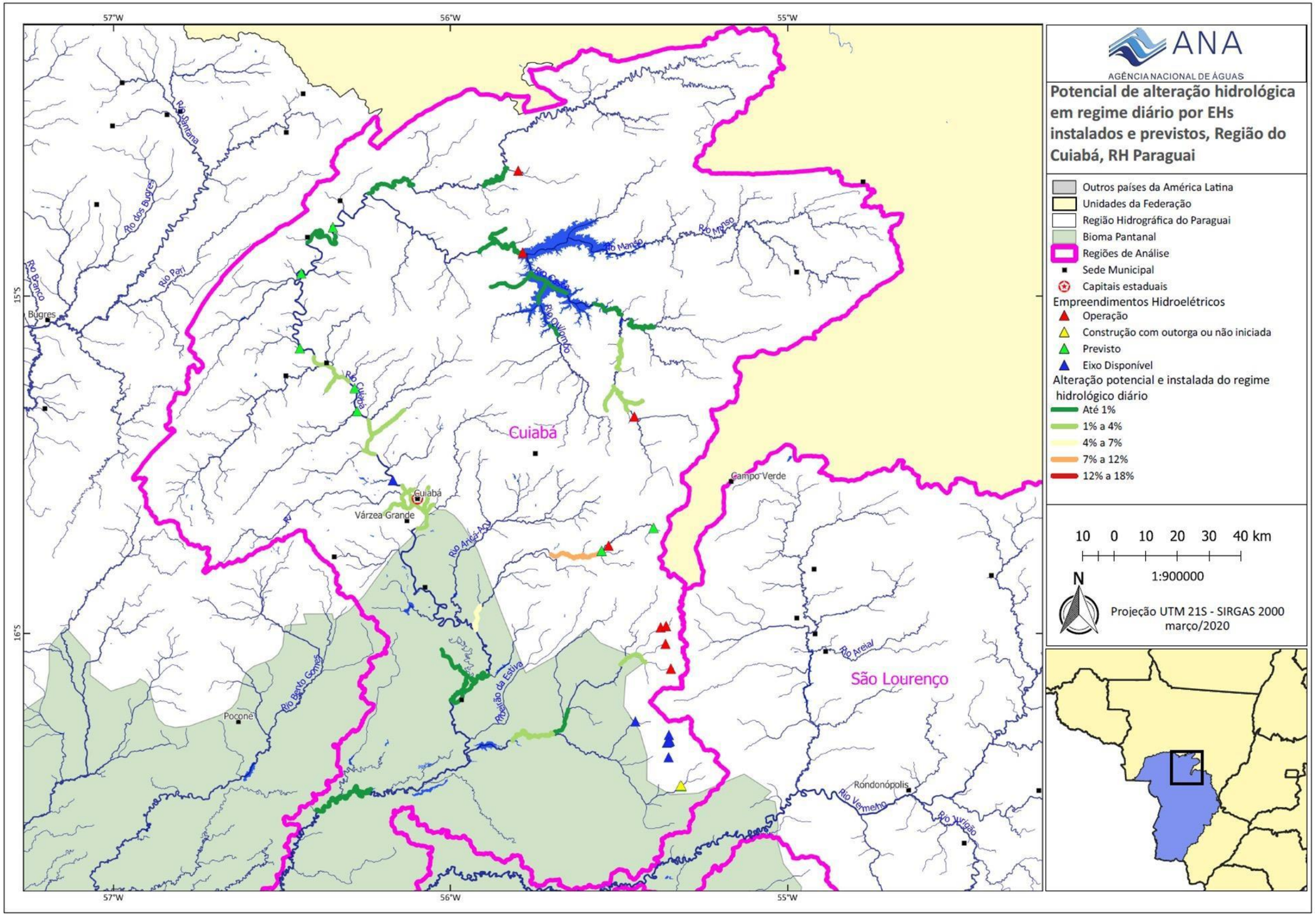


Figura 11 - Mapa de Alteração Hidrológica em regime diário de trechos de rio selecionados na bacia do rio Cuiabá

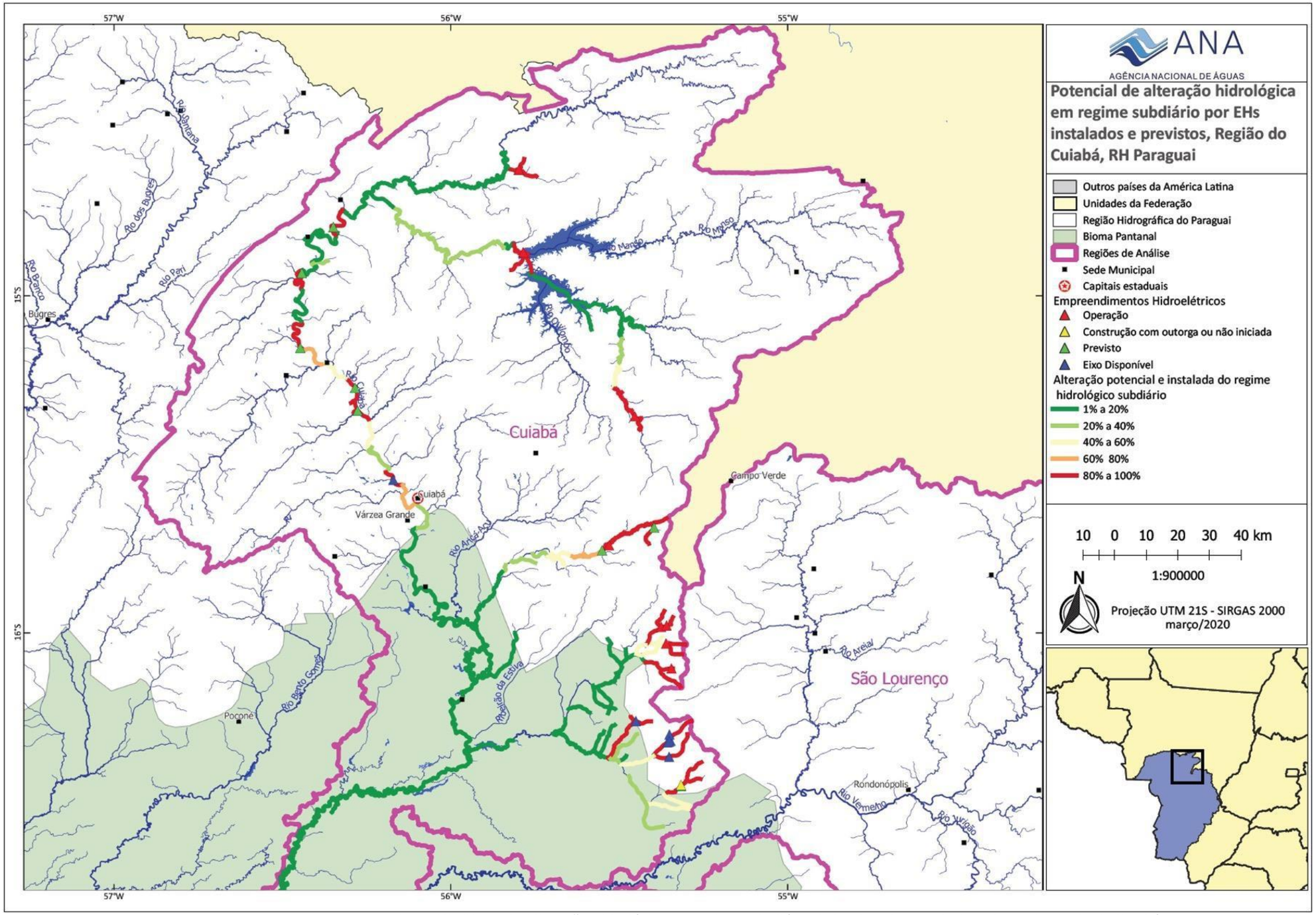


Figura 12 - Mapa de Alteração Hidrológica em regime sub-diário de trechos de rio selecionados na bacia do rio Cuiabá

Estudos de qualidade da água e hidrossedimentologia

No Diagnóstico de qualidade da água e hidrossedimentologia (Produto 12) foram utilizadas diversas abordagens metodológicas para a avaliação de potenciais impactos decorrentes da instalação de empreendimentos hidrelétricos (EHs) previstos para a Região Hidrográfica do Paraguai (RHP), incluindo estimativas de cargas a partir de dados primários e secundários, monitoramento de alta frequência e análise do assoreamento dos reservatórios dos EHs em operação, além do uso de modelos para estimar a produção e o transporte de sedimentos e outros constituintes nos rios da RHP.

Aqui estão resumidos os resultados da aplicação de um modelo de Redes Neurais Artificiais (RNA) para a previsão de alterações, em termos de cargas anuais e percentuais, nos fluxos de sedimentos e nutrientes, decorrentes da instalação de EHs na região, visto que este é o objetivo do projeto dentro deste tema. Com base no modelo RNA e em todo o conjunto de resultados apresentado Produto 12, foram definidos níveis de impactos potenciais no transporte constituintes da água importantes para a manutenção do equilíbrio dos ecossistemas aquáticos com referência as variações naturais observadas neste estudo e em referências técnico-científicas (Tabela 3). Os resultados das alterações esperadas são apresentados na Tabela 4 e os impactos potenciais nas áreas com EH previstos são especializados na Figura 13.

Tabela 3. Níveis de impacto no transporte de constituintes da água.

Critério	Sedimentos, solutos dissolvidos, fósforo, carbono	Nitrogênio
Baixo	0 -10%	0 -15%
Médio	10 – 20%	15 – 25%
Alto	> 20%	> 25%

Do ponto de vista regional, a bacia do rio Cuiabá tem grande contribuição no fluxo de sedimentos e, principalmente, fósforo e nitrogênio totais para o Pantanal. Caso todos os empreendimentos previstos para sua bacia hidrográfica sejam construídos, 88% da carga atual de sedimentos estimada em um trecho a montante da sua confluência com o rio São Lourenço não chegaria ao Pantanal.

Também ficariam retidas 25% da carga de fósforo e 31% da carga de nitrogênio transportadas pelo rio Cuiabá desde montante da primeira PCH prevista até jusante da última, prevista para um trecho a montante de Cuiabá e Várzea Grande. Tais interferências nos fluxos de sedimentos e nutrientes tem potencial de causar um desequilíbrio no funcionamento ecológico do Pantanal, representando, portanto, grande possibilidade de impacto regional.

Dentre os tributários do rio Cuiabá com empreendimentos em operação e previstos está o rio Aricá-Mirim, com vazão média de 5,5 m^3/s (QMLT) e baixas concentrações de sedimento, nutrientes e carbono. No rio Aricá já se encontra em operação a PCH São Tadeu I. As taxas de alteração causadas pelo reservatório da PCH São Tadeu I foram menores que 20%, com tendência de retenção, principalmente de sedimentos e COP (Tabela 4).

A montante da PCH São Tadeu I, no terço superior do rio Aricá-Mirim, estão previstas duas novas PCHs (Aricá-Mirim I e São Tadeu II). Segundo a previsão do modelo RNA, a adição de mais duas PCHs tende a aumentar a retenção de sedimentos e fósforo. As estimativas de alteração no transporte de PT para estes EHs são altas, de acordo com o critério adotado (Tabela 2). Porém, os efeitos destas alterações devem ser restritos ao rio em que se encontra, devido à distância em que os EH se encontram em relação do Pantanal e ao reduzido transporte de materiais observados no trecho em questão. Portanto, para o rio Aricá-Mirim, os impactos variaram de baixo a médio (Figura 13).

Para os córregos Mestre, Rancho Queimado e Caeté, não houve dados suficientes para avaliar a previsão da taxa de variação. São córregos com vazão menor do que o rio Aricá-Mirim e a importância destes rios na contribuição de sedimentos e nutrientes seria pouco significante no contexto da bacia do Cuiabá ou da RH Paraguai.

Considerando que, a montante de reservatórios já construídos, os efeitos seriam por estes absorvidos e não se propagariam até o Pantanal, empreendimentos previstos para montante da UHE Manso não representariam impacto adicional na planície do Pantanal (Figura 13).

Tabela 4. Taxas de variação para os empreendimentos da previstos na bacia do Cuiabá

AHE previsto	Rio	Qss (ton/ano)	QN (kg/ano)	QP (Kg/ano)	Alteração Média Anual Qss (%)	Alteração Média Anual N (%)	Alteração Média Anual P (%)
Perudá Montante	Cuiabá	-105280	-408021	-88929	-26	-18	-55
Angatu II Montante	Cuiabá	-105280	171119	-375086	-26	9	-55
Angatu I	Cuiabá	-113240	174334	-388052	-28	9	-55
Iratambé I	Cuiabá	-144605	-190462	-533736	-33	-8	-55
Iratambé II	Cuiabá	-135177	-182828	-506850	-32	-8	-55
Guapira II	Cuiabá	-156608	-197858	-564895	-35	-8	-55
Aricá-Mirim I	Aricá-Mirim	-234	809	-152	-40	6	-22
São Tadeu II	Aricá-Mirim	-108	1638	-142	-43	22	-49

Possíveis implicações das alterações de qualidade de água para os usos múltiplos da água

Os rios da RHP têm papel fundamental nos processos hidrogeomorfológicos do Pantanal e na ecologia deste precioso bioma. Este papel está diretamente relacionado com o transporte, pelo leito e na coluna d'água, de sedimentos, nutrientes e outros constituintes. As possíveis alterações nos fluxos destes materiais foram descritas no subitem 3.4.2 do Resumo Executivo.

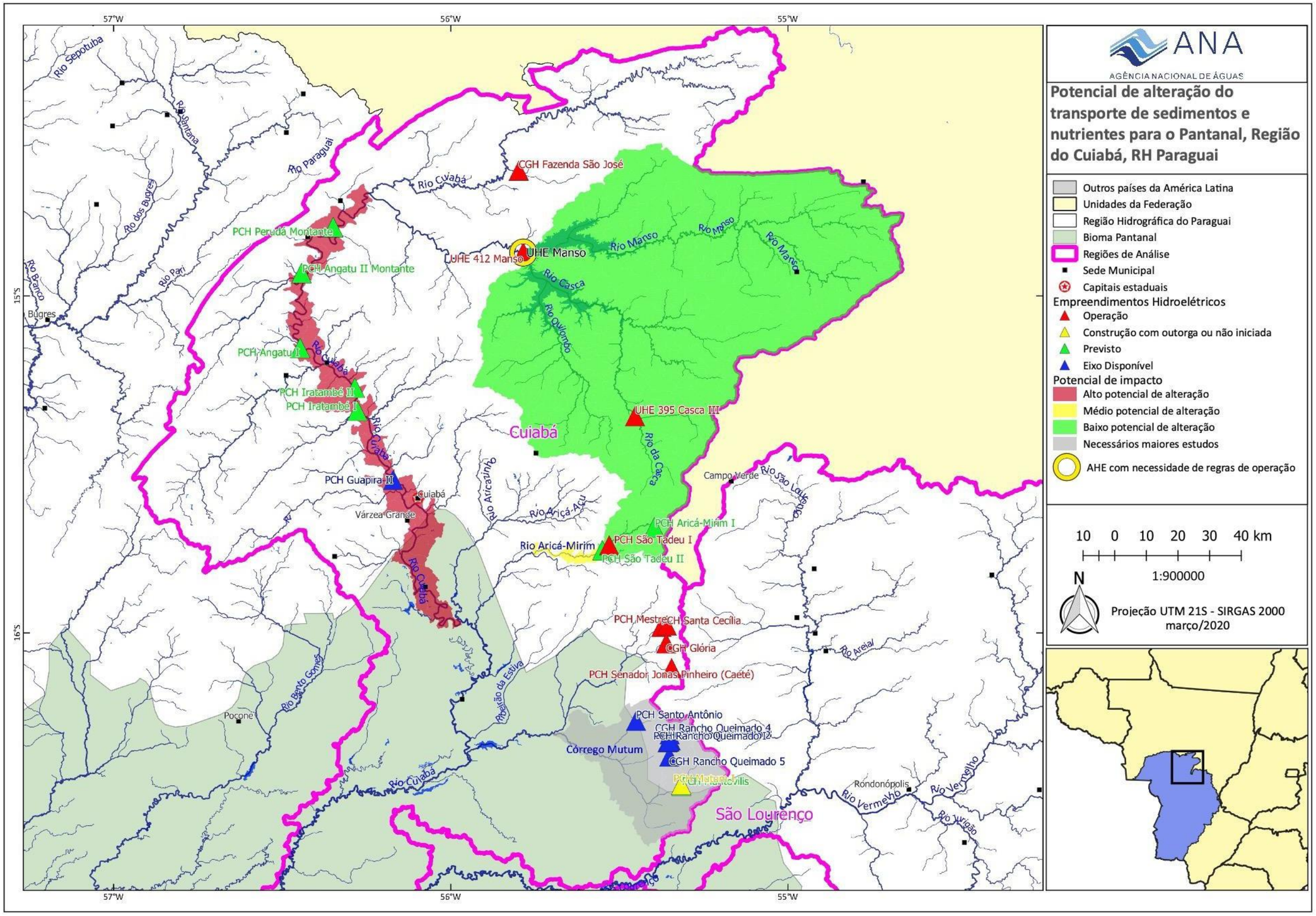


Figura 13 - . Potencial de alteração do transporte de substâncias entre o planalto e Pantanal devido a barramentos para geração de energia na região do Cuiabá

Zoneamento proposto

Os resultados obtidos para a bacia do Cuiabá indicam, por um lado, áreas que não se demonstraram estratégicas como rota migratória dos migradores, ou seja, importantes para a manutenção dos estoques pesqueiros, nem para a realização da pesca profissional artesanal. Por outro lado, os resultados também indicam áreas que se demonstraram extremamente estratégicas como rota migratória dos migradores e para a realização da pesca profissional artesanal, resultando no zoneamento apresentado na Figura 14.

As áreas das bacias do rio Manso (a montante do AHE Manso), rio Aricá-Mirim e do rio Mutum são as de menor importância para o recurso pesqueiro, por não ter sido detectada a desova de espécies migratórias nos períodos de análise nem a atividade pesqueira profissional. Além disso, a maior parte das áreas já está desconectada com a planície pantaneira dado que estão a montante de empreendimentos já instalados ou de barreiras naturais. Assim sendo, a instalação de novos empreendimentos nessas sub-bacias não provocará impactos negativos adicionais sobre o recurso pesqueiro na bacia do rio Cuiabá, nem na RH Paraguai.

Com base nesses resultados, foi elaborada em março de 2020 a Nota Técnica Conjunta Nº 1/2020/SPR/SRE que recomendou a liberação do sobrestamento dos processos de novos empreendimentos nessas áreas não estratégicas para a manutenção do estoque pesqueiro e culminou com a emissão da Resolução ANA 23/2020, liberando o sobrestamento Manso, a montante do AHE Manso, de domínio da União.

As áreas identificadas como extremamente importantes para a manutenção dos recursos pesqueiros são as bacias dos rios Cuiabá, Cuiabazinho e baixo Manso. Nessas bacias, a reprodução das espécies migradoras foi muito representativa (elevado fluxo de ovos e larvas de migradores) em relação a outras sub-bacias do Cuiabá. Nelas também se verifica a realização de atividades significativas de pesca profissional artesanal e difusa, o que configura conflito de uso local. A instalação de qualquer tipo de barramento nas bacias mencionadas, como os empreendimentos hidrelétricos previstos nesses rios, interromperá a conectividade entre as áreas de jusante e a montante desses EHs, e consequentemente impedirá a chegada dos peixes migradores até as áreas de desova no tempo exato de maturação. Ao impedir a reprodução, poderá provocar impactos negativos sobre a manutenção dos estoques pesqueiros não somente na bacia do Cuiabá, como também na RH Paraguai como um todo, dado que essa bacia é a principal contribuinte para o estoque pesqueiro da RH, configurando, portanto, um conflito de uso de caráter regional.

Em síntese, as **áreas não estratégicas** para a manutenção dos estoques pesqueiros e pouco relevante para a conexão entre a planície e o planalto são:

- alto Manso (a montante do AHE Manso)
- Aricá-Mirim, a partir do empreendimento previsto PCH São Tadeu II e a área a montante deste e Afluentes do rio Mutum
- a partir do empreendimento em eixo disponível PCH Santo Antônio e a área a montante deste;
- a partir do empreendimento em eixo disponível PCH Rancho Queimado 1 e a área a montante deste;
- a partir do empreendimento em eixo disponível PCH Rancho Queimado 5 e a área a montante deste.

- A partir do empreendimento previsto PCH Mantovilis e a área a montante deste

As áreas **extremamente estratégicas** como rota migratória dos migradores, ou seja, que permitem a conexão entre a planície e áreas do planalto e que suportam uma atividade pesqueira importante em suas diversas modalidades são:

- Cuiabá
- Cuiabazinho
- Baixo Manso

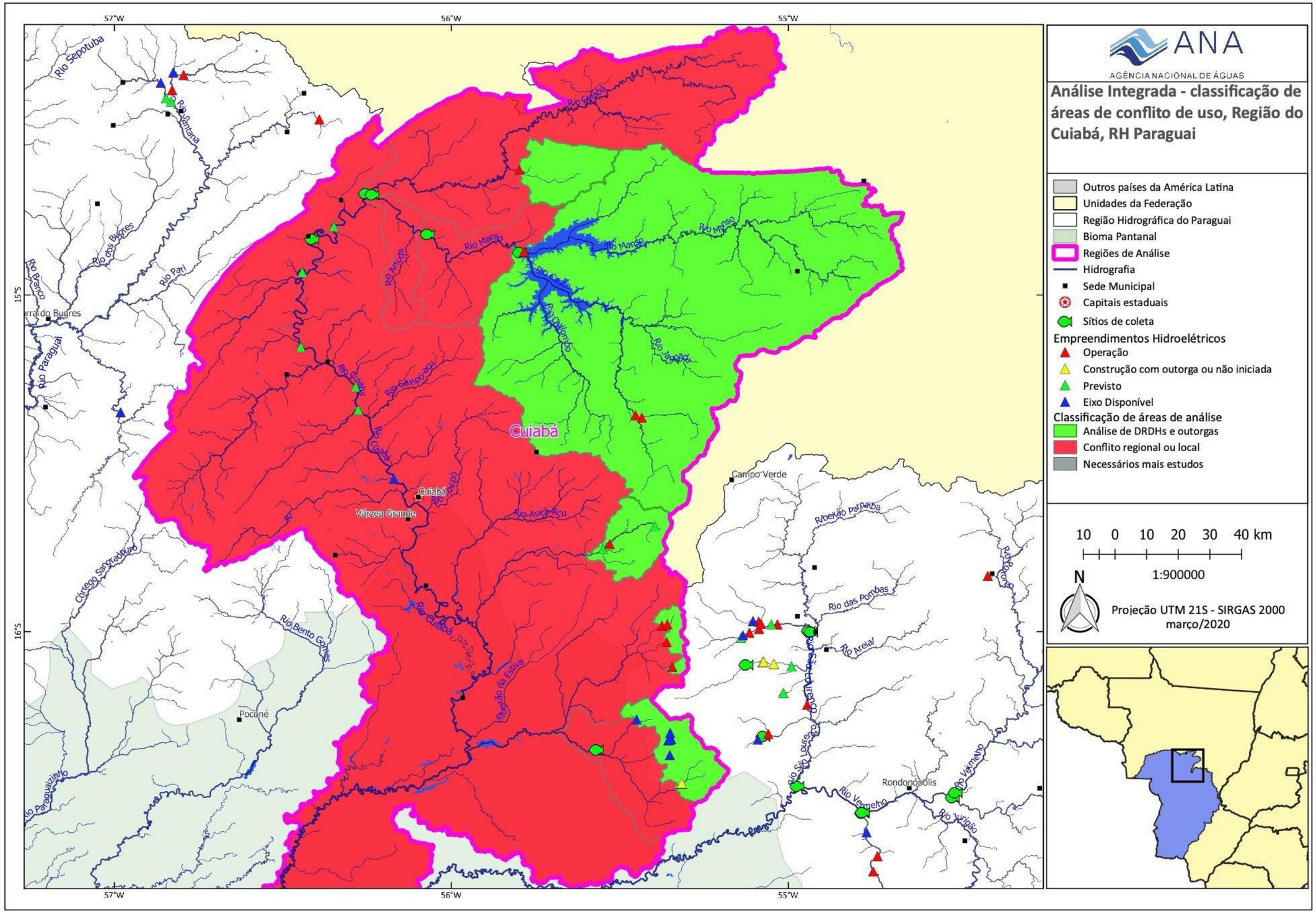


Figura 14 - Zoneamento proposto das áreas de menor e de maior importância para os recursos pesqueiros na bacia do Cuiabá

Estudos de Avaliação dos Efeitos da Implantação de Empreendimentos Hidrelétricos da Região Hidrográfica do Paraguai

RESUMO EXECUTIVO

ANEXO 3

Síntese dos Resultados para a Sub-bacia do Rio São Lourenço

Brasília (DF), 2020

ANEXO 3 - Síntese dos resultados para a Sub-bacia do Rio São Lourenço

(UPG/MT P5)

Localização dos empreendimentos hidrelétricos

Na sub-bacia do São Lourenço já existem 13 EHs, 10 em operação e 3 com outorgas concedidas (EH com construção iniciada ou não) e outros 10 EHs em eixos disponíveis, cuja localização é mostrada na Figura 1.

Ictioplâncton/Ictioplâncton

Foram coletadas e triadas 858 amostras de ictioplâncton no córrego Tenente Amaral e nos rios Prata, Ibo, São Lourenço, Vermelho, Tadarimana, Ponte de Pedra e Anhumas, com as seguintes médias de ovos e de larvas de espécies migradoras por período reprodutivo:

- Rio Vermelho (VER2): 4,6 bilhões de ovos e 770 milhões de larvas;
- Rio Vermelho (VER1): 1,8 bilhão de ovos e 1,3 bilhão de larvas;
- Rio São Lourenço (SLO1): 1,1 bilhão de ovos e 393 milhões de larvas;
- Rio São Lourenço (SALO): 2,1 bilhões de ovos e 106 milhões de larvas;
- Rio Tadarimana (TAD): 100 milhões de ovos e 14 milhões de larvas
- Córrego Tenente Amaral (TAM): 98,5 milhões de ovos e 5,2 milhões de larvas.
- Ribeirão Ponte da Pedra (POP): 33 milhões de ovos e 490 mil larvas;
- Ribeirão Ponte da Pedra (PPD): 6 milhões de ovos e 690 mil larvas;
- Ribeirão Anhumas (ANHU): 3,3 milhões de ovos e 520 mil larvas;
- Rio Prata (PRAT) e Rio Ibo (IBO): sem ovos e sem larvas

Os resultados observados nesta sub-bacia estão representados nas Figuras 2 e 3 e as prováveis áreas de desova estão identificadas na Figura 4 (com base na coleta de ovos) e na Figura 5 (com base na coleta de larvas de migradores). Os rios Vermelho e São Lourenço se destacaram como importantes áreas de produção de ovos e larvas de peixes migradores, ocorrendo a desova de várias das espécies alvo (Classe 4). Por outro lado, as sub-bacias dos rios Prata e Ibo, do córrego Tenente Amaral e dos ribeirões Ponte de Pedra e Anhumas foram consideradas como áreas de baixa importância na produção de ovos, larvas totais e larvas das espécies de peixes migradores (Classe 1).

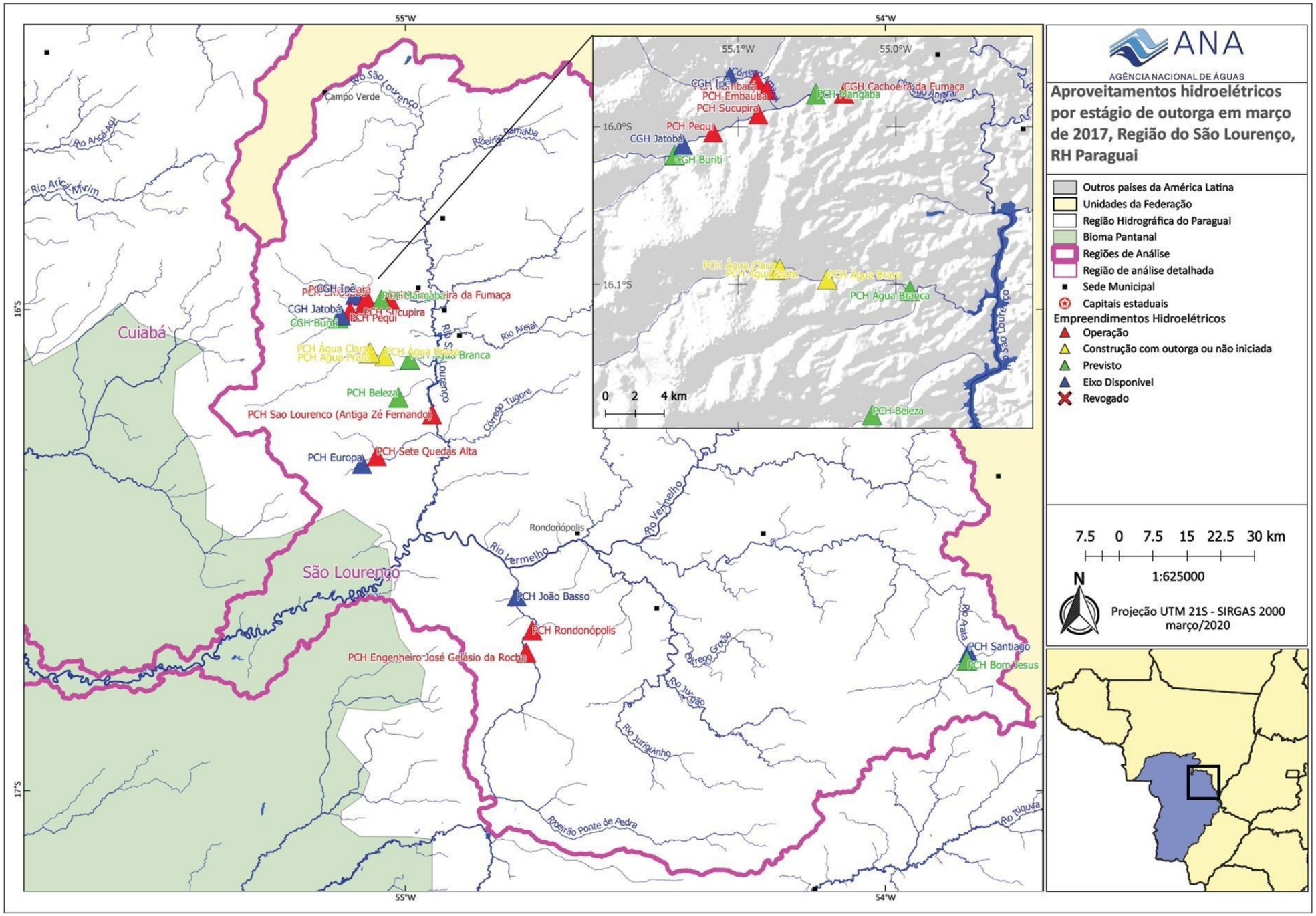


Figura 1 – Aproveitamentos hidrelétricos na bacia do rio São Lourenço.

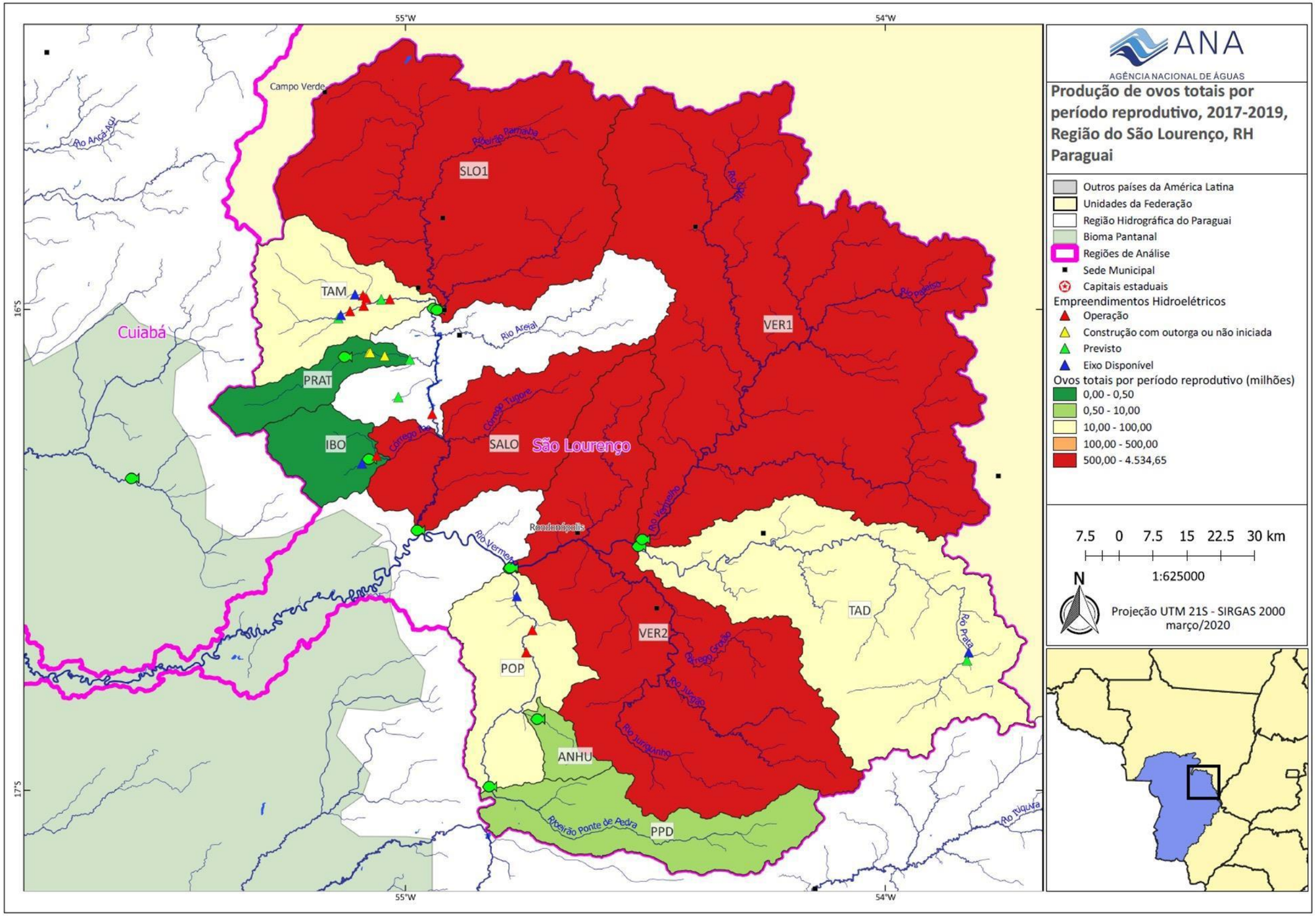


Figura 2 – Fluxo de ovos por período reprodutivo, considerando as diferentes fases de desenvolvimento dos ovos coletados na bacia do rio São Lourenço.

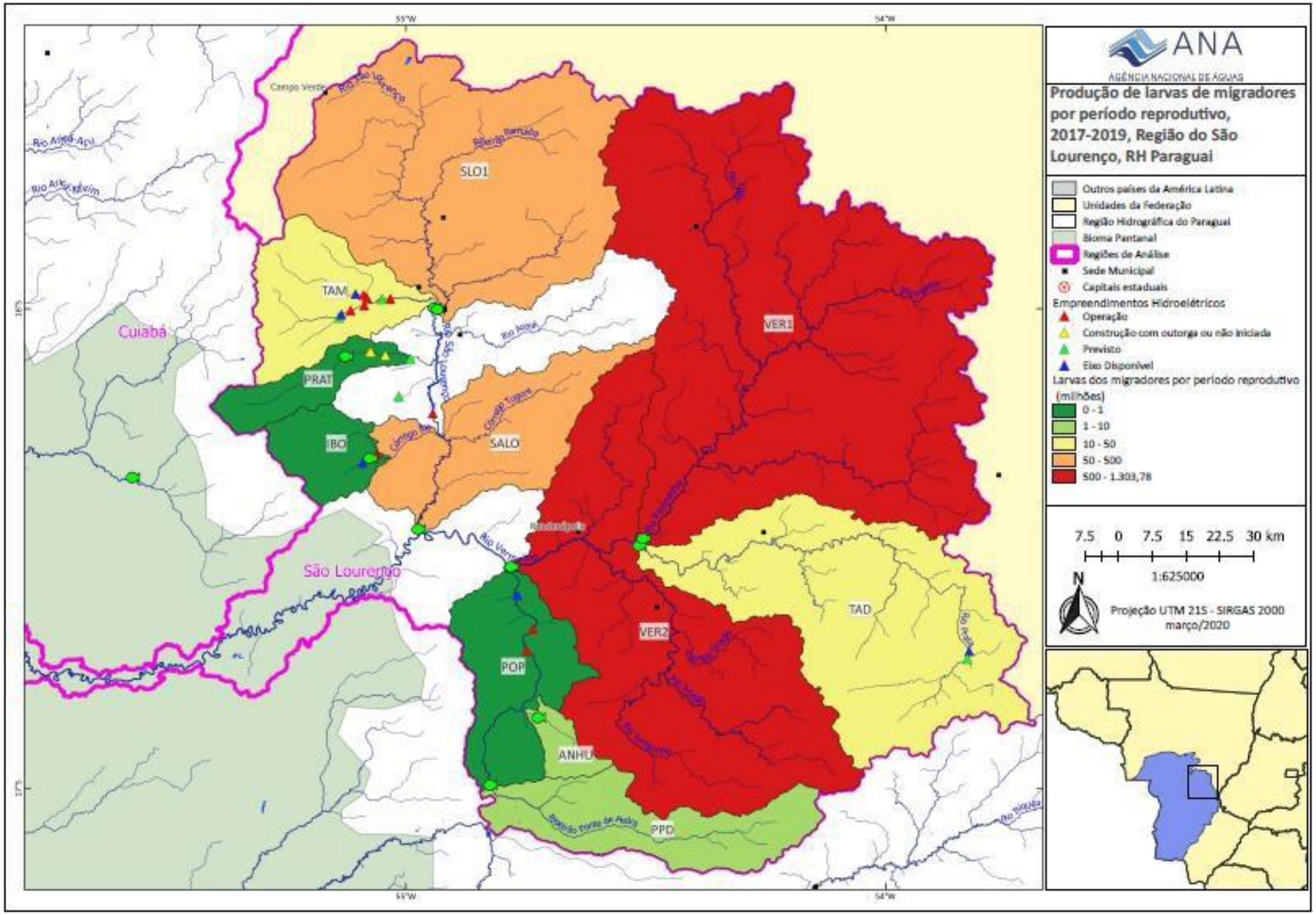


Figura 3 - Fluxo de larvas das espécies de peixes migradores, por período reprodutivo, coletadas na bacia do rio São Lourenço.

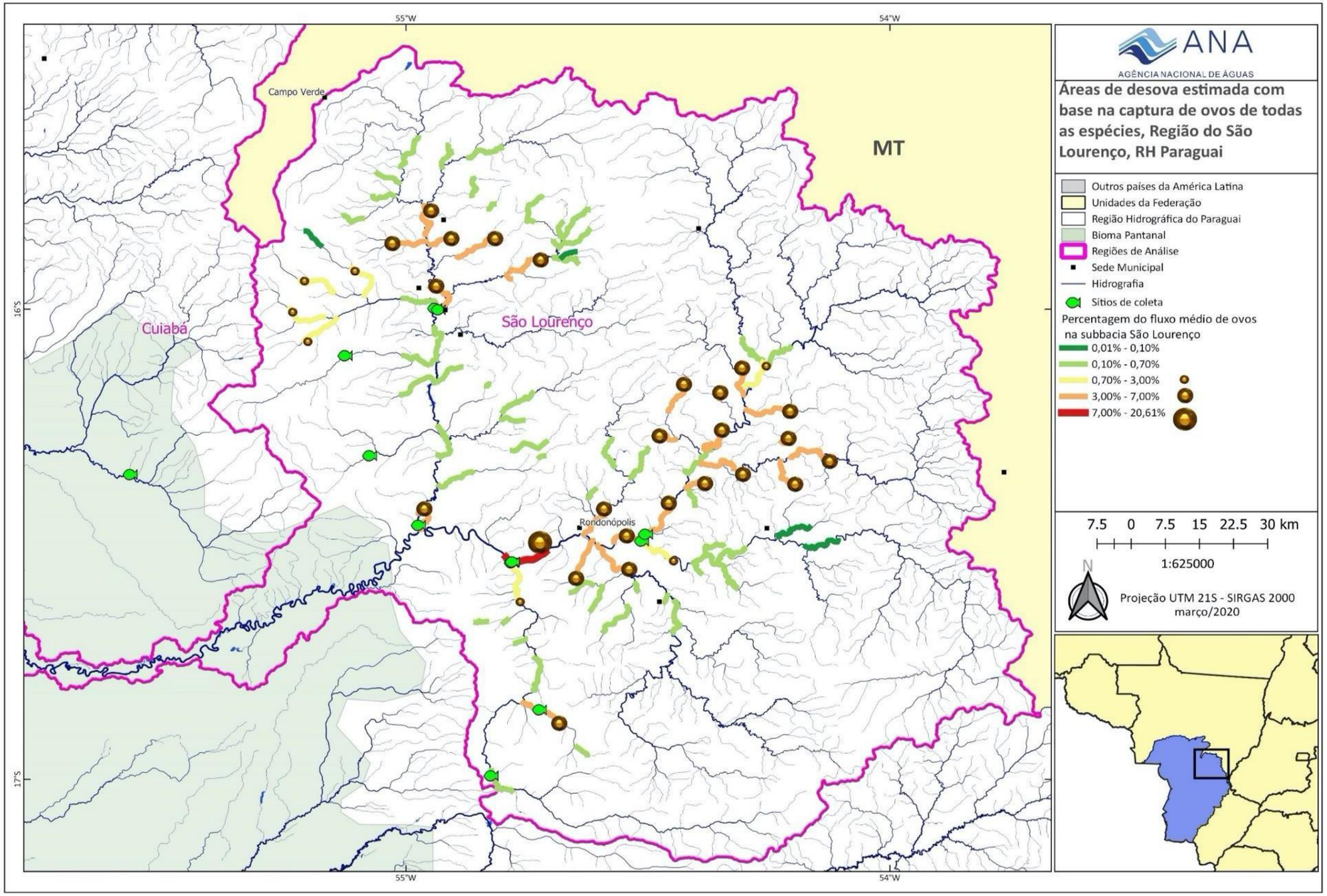


Figura 4 - Mapa da bacia do São Lourenço identificando as possíveis áreas de desova estimadas com base na captura de ovos de todas as espécies.

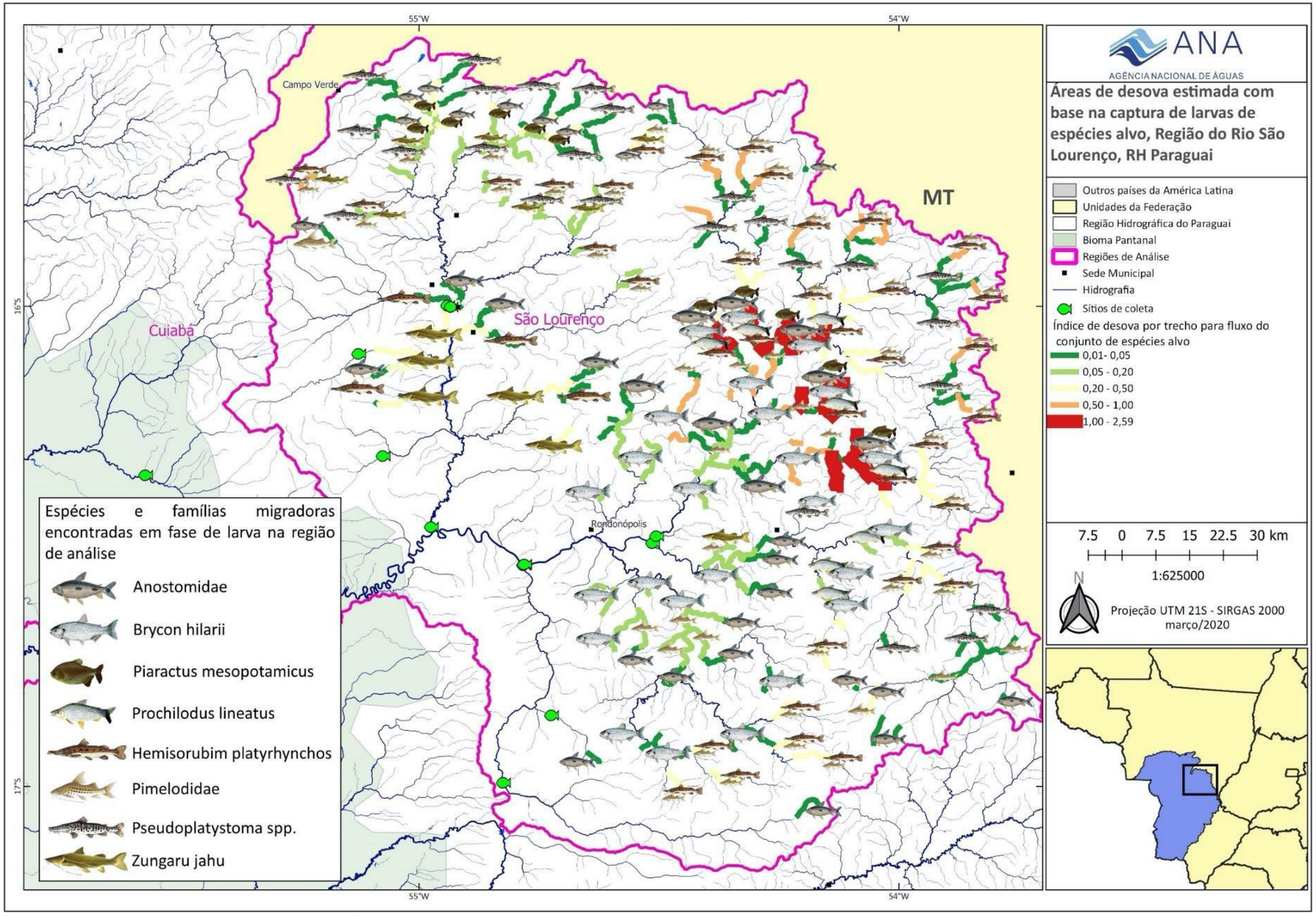


Figura 5- Mapa da bacia São Lourenço identificando as possíveis áreas de desova estimadas com base na captura de larvas das espécies alvos.

Análise de conectividade

Existem alguns obstáculos naturais que também dificultam a migração de peixes para montante no período de piracema. Os obstáculos naturais foram identificados com base em dados de declividade dos rios estimados a partir do modelo digital de elevação do SRTM e de imagens de satélite de alta resolução. Estas informações foram complementadas ainda com fotografias do local e com informações obtidas no campo, quando possível. A identificação de obstáculos naturais foi priorizada em trechos de rio a jusante de onde há aproveitamentos hidrelétricos inventariados.

Na totalidade foram identificados 3 obstáculos naturais ao deslocamento de peixes migratórios na bacia. A cada um dos obstáculos foi atribuída uma probabilidade de passagem de peixes migratórios. Esta probabilidade foi estimada com base em fotografias do obstáculo, imagens de satélite, estimativas de declividade e comparação com obstáculos semelhantes. A localização dos obstáculos está apresentada na Figura 6, em que a cor do ponto representa a probabilidade de passagem de peixes migradores através do obstáculo.

Não há obstáculos naturais relevantes ao longo dos principais rios da bacia. Entretanto, há obstáculos naturais que possivelmente impedem a migração de peixes no rio Prata, afluente do rio São Lourenço, e no rio Ibo, próximo a uma PCH que já está operando. No rio Prata na cabeceira do Tadarimana foi identificada uma sequência de corredeiras que possivelmente representam um obstáculo pouco relevante para a migração de peixes.

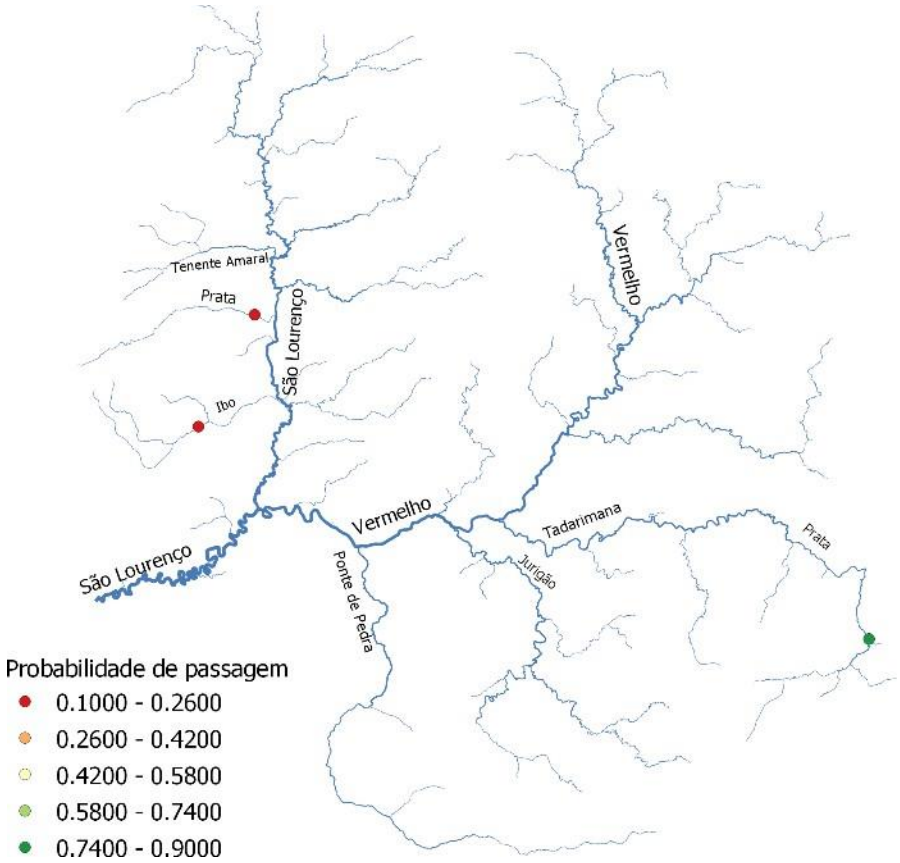


Figura 6- Localização e probabilidade de passagem de obstáculos naturais para migração de peixes na bacia do rio São Lourenço.

Cenários de construção de barragens

Existem 10 usinas hidrelétricas em operação e há outras 13 usinas identificadas no inventário na bacia do rio São Lourenço.

O impacto de cada uma delas sobre a conectividade fluvial na bacia depende da construção ou não de outras barragens. Assim, idealmente seria necessário calcular o índice de conectividade para todas as combinações possíveis da inclusão ou não de 13 novas barragens, além das já existentes. O número de cenários a ser analisado, portanto, é igual a 2 elevado a 13, o que corresponde 8192 cenários. Analisar todos estes cenários é viável computacionalmente, por esse motivo não foi necessário agrupar as barragens em blocos.

Fator ponderador da rede de drenagem

Como fator ponderador da rede de drenagem foi atribuído um peso a cada trecho de rio, procurando refletir a importância do trecho para o processo de reprodução dos peixes na bacia. Para isto foram utilizados os dados de fluxo de ovos e larvas nos pontos de amostragem apresentados no mapa da Figura 7 e na Tabela 1.

Os valores de número de indivíduos por dia, apresentados na Tabela 1, foram divididos pelo comprimento da rede de drenagem na área de captação de ovos e larvas de cada ponto de amostragem, para obter a densidade de ovos e larvas por km de rio. A área de captação de ovos e larvas de cada ponto de amostragem foi definida considerando toda a rede de drenagem localizada a montante do ponto de amostragem, limitada pela posição de obstáculos naturais e artificiais à migração de peixes.

O valor final do fluxo diário de ovos e larvas por km de rio, obtido para cada ponto de amostragem, foi definido como atributo da rede de drenagem, refletindo a sua qualidade como habitat para reprodução de peixes. O resultado é apresentado na Figura 7.

Para obter o mapa da Figura 7 foi necessário preencher regiões em que a metodologia descrita acima não permitiu estimar o fluxo de ovos e larvas, como a região a montante dos barramentos já existentes e a região a jusante dos pontos de coleta VER2 e SALO.

Para a região a jusante dos pontos VER2 e SALO foi adotado o valor obtido no ponto SALO, que está localizado mais próximo desta região (6,98 ovos e larvas por dia por km de rio). Para as regiões a montante das usinas existentes e a montante dos grandes obstáculos naturais foi adotado o valor mais baixo encontrado entre todos os pontos de monitoramento (0,0 ovos e larvas por dia por km de rio).

Tabela 1- Pontos de amostragem de ovos e larvas de peixes na bacia do rio São Lourenço, com os respectivos valores de fluxo médio diário de ovos e larvas, e densidade de fluxo por km de rio.

Local	Rio	Fluxo de ovos+larvas (milhões de indivíduos por dia)	Comprimento dos rios (km)	Fluxo (milhões de indivíduos por dia por km)
ANHU	Anhumas	3,9	6	0,70
IBO	Ibo	0,0	62	0,00
POP	Ponte de Pedra	18,6	22	0,86
PPD	Ponte de Pedra	18,3	102	0,18
PRAT	Prata	0,0	43	0,00
SALO	São Lourenço	1241,7	178	6,98
SLO1	São Lourenço	853,8	366	2,33
TAD	Tadarimana	15,5	302	0,05
TAM	Tenente Amaral	56,3	16	3,52
VER1	Vermelho	2083,1	516	4,04
VER2	Vermelho	2982,2	1211	2,46

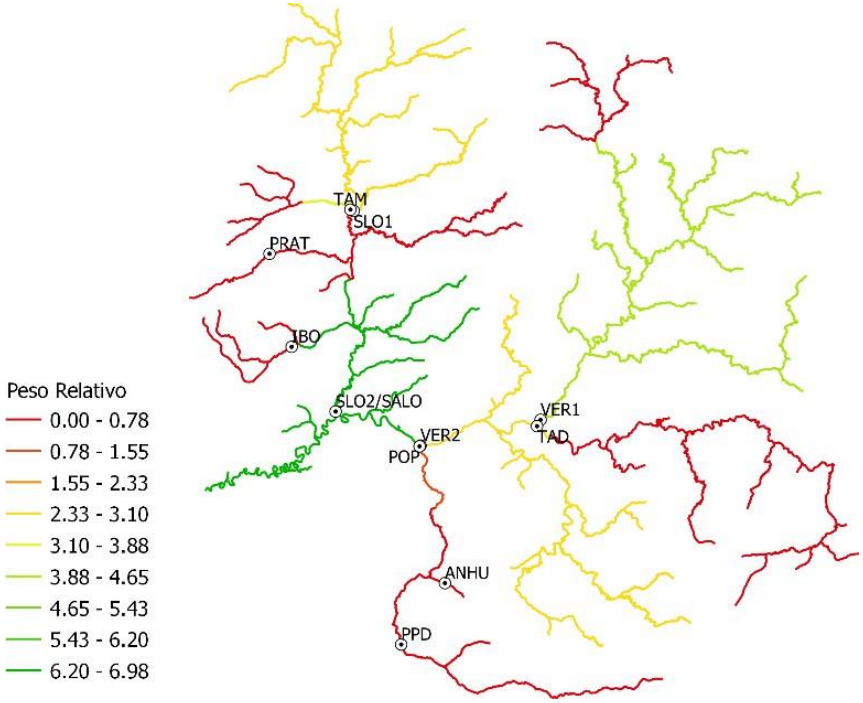


Figura 7- Mapa da rede de drenagem da bacia do rio São Lourenço (somente rios com área de drenagem superior a 100 km2) com cores indicando o peso para o cálculo do DCIP (Índice de Conectividade Dendrítico Ponderado para peixes Diádromos) com pontos indicando os locais de amostragem de ovos e larvas.

Observa-se no mapa da Figura 7 que a bacia do rio São Lourenço tem áreas mais favoráveis a desova de peixes (identificadas em verde) e áreas menos favoráveis à desova (identificadas em vermelho). Entre as áreas mais favoráveis à desova está o trecho final do rio São Lourenço, a montante e a jusante da sua confluência com o rio Vermelho. Já os rios Ponte de Pedra e Tadarimana parecem ser menos favoráveis à desova.

Resultados da análise de fragmentação da rede fluvial

Para cada um dos 8192 cenários foi calculado o valor do DCIPD e da potência instalada total na bacia. Os resultados podem ser analisados em um gráfico com os eixos DCIPD e Potência Instalada, como mostra a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**8. Neste gráfico cada ponto representa o resultado de um cenário. Entretanto, o número de pontos neste gráfico é grande demais para uma análise objetiva. Por este motivo, é conveniente selecionar os pontos que combinam os melhores resultados em termos de Potência Instalada e Conectividade Fluvial, na forma de uma linha de Pareto. A linha de Pareto, ou região de Pareto, está ilustrada pelos pontos azuis na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**8, e é constituída de cenários que não são superados por nenhum outro cenário pelos dois critérios (DCIp e Potência) ao mesmo tempo. Para complementar a análise, foram escolhidos também os pontos de uma linha de Pareto inferior (em cor vermelha). Estes pontos correspondem aos cenários com as mais baixas combinações de valores de DCIp e Potência Instalada. Os resultados dos cenários da linha de Pareto inferior e da linha de Pareto superior são apresentados.

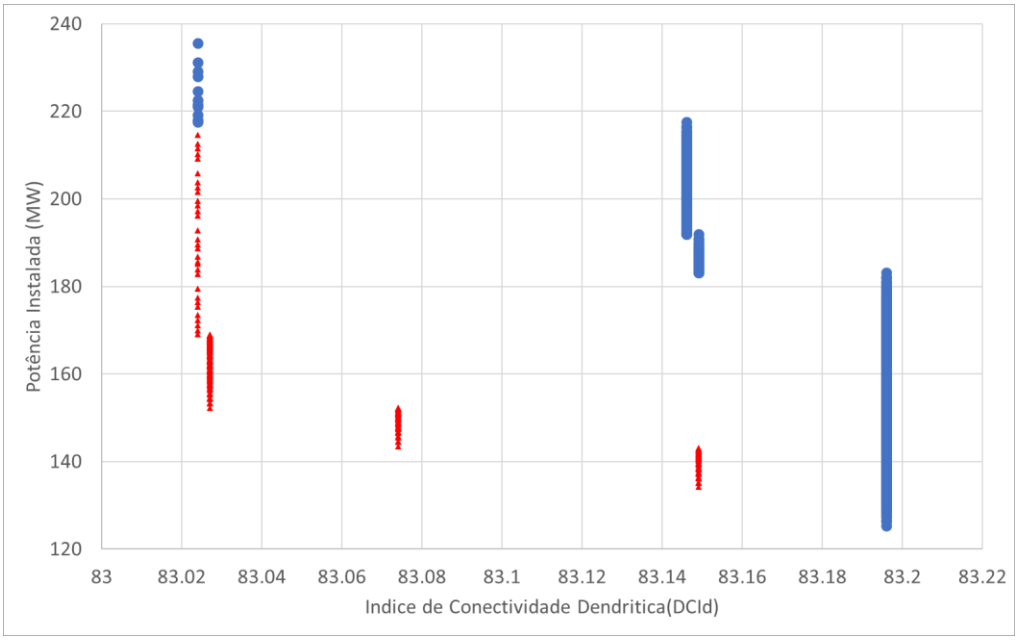


Figura 8 Resultados da linha de Pareto superior (pontos azuis) e da linha de Pareto inferior (pontos vermelhos) da análise de 8192 cenários de construção de barragens na bacia do rio São Lourenço.

Os resultados mostram que existe um trade-off entre as variáveis Potência instalada total na bacia (eixo vertical) e Conectividade da rede de drenagem (DCIPD). De forma geral, a inclusão de novas barragens na bacia permite aumentar a potência instalada, mas tende a fazer com que o índice de conectividade tenha seu valor reduzido. Da mesma forma, o valor original do índice de conectividade só pode ser mantido se não forem construídas novas barragens, ou se forem construídas apenas barragens a montante de

barragens já existentes ou de grandes obstáculos naturais, que já representam impedimento para a migração de peixes.

Entretanto, boa parte das usinas previstas está localizada a montante de barramentos já existentes. Assim, a alteração do índice de conectividade é baixa, mesmo na situação hipotética de construção de todas as usinas.

Observa-se, na Figura9, que no cenário atual, a potência instalada na bacia equivale a 125,38 MW, e o valor de DCIPD é de 83.2%. Num cenário futuro em que fossem implementadas todas as usinas previstas, a potência instalada atingiria 235,61 MW e o valor de DCIPD ainda se manteria em 83,0%, ou seja, com alteração muito pequena em relação ao cenário atual.

As únicas barragens que contribuiriam para a perda de conectividade seriam as das usinas previstas no rio Prata (cabeceira do Tadarimana), denominadas Santiago e Bom Jesus (ver Figura 9), e a da usina João Basso, localizada no rio Ponte de Pedra, a jusante da usina Rondonópolis, que já está em operação. Entretanto, a perda de conectividade nestes 3 casos seria relativamente baixa, porque as duas primeiras estão localizadas próximas à cabeceira do rio Prata e a usina João Basso está localizada pouca distância a jusante de uma usina já em operação.

A Figura9 e a Tabela 2 apresentam os detalhes dos cenários que foram destacados entre os resultados obtidos. Considerando os resultados resumidos, é interessante identificar quais os empreendimentos que participam dos cenários com melhor e pior desempenho, em termos de ganho de potência e perda de conectividade fluvial. A Tabela 2 identifica com o símbolo X quais as usinas ou blocos de usinas que se considera implementadas em cada um dos cenários, além de apresentar os resultados em termos de potência instalada na bacia e índice de conectividade dendrítica ponderado (DCIPD)

Tabela 2- Cenários relevantes identificados com base nos resultados do índice de conectividade e de potência instalada na bacia do rio São Lourenço (o X indica se a barragem ou bloco de barragens está presente no cenário analisado).

B loco	Descrição	Cenário				
		A	B	C	R	T
1	Barragens já em operação	X	X	X	X	X
2	Santiago			X		X
3	Europa		X	X		X
4	João Basso				X	X
5	Jatobá		X	X		X
6	Ipê		X	X		X
7	Beleza		X	X		X
8	Água Branca		X	X		X
9	Bom Jesus			X	X	X
10	Água Brava		X	X		X
11	Água Clara		X	X		X
12	Água Branca		X	X		X
13	Mangaba		X	X		X
14	Buriti		X	X		X

Potência Instalada (MW)		125,4	183,1	217,5	152,3	235,61
$DCIP_D$ (%)		83,20	83,20	83,15	83,03	83,02
Incremento de Potência em relação ao cenário atual (MW)		-	57,7	92,1	26,9	110,21
Incremento de $DCIP_D$ em relação ao cenário atual (%)		-	0	-0,05	-0,17	-0,18
Redução na produção de ovos totais - % bacia			-1	-2,01	-1,34	-2,34
Redução na produção de Larvas migradores- % bacia			-0,2	-0,74	-0,56	-0,58
Redução na produção de ovos totais + larvas migradoras -% bacia			-0,83	-1,74	-1,18	-2,01

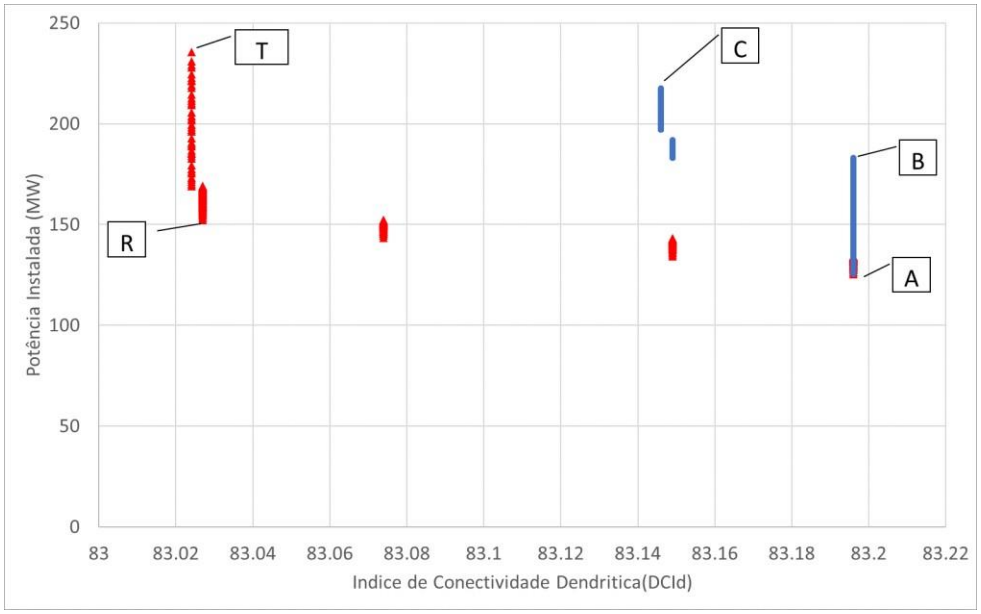


Figura 10- Resultados da linha de Pareto superior (pontos azuis) e da linha de Pareto inferior (pontos vermelhos) da análise de mais de 65 mil cenários de construção de barragens na bacia do rio São Lourenço, com a indicação do cenário atual (A); do cenário com inclusão de todas as 13 barragens propostas (T); e de outros cenários relevantes da linha de Pareto superior e inferior, conforme o texto.

A análise de cenários de instalação de novas usinas hidrelétricas na bacia do rio São Lourenço e seu impacto sobre a conectividade fluvial revela que a construção de novos barramentos na região, de acordo com o inventário atual, terá pouco impacto sobre a conectividade dos rios da bacia com o Pantanal. A exceção são as usinas Santiago, Bom Jesus e João Basso, entretanto mesmo estas têm impacto relativamente pequeno.

O cenário adotado (T), inclusão de todas as barragens propostas, apresenta a melhor relação entre incremento de energia (110 MW) e perda de conectividade (DCIPD= -0,18), com redução insignificante na produção de ovos totais (2,34%) e de larvas de peixes migradores (0,58%), consequentemente com baixo impacto na manutenção do recurso pesqueiro.

Pesca Profissional Artesanal

No ano de 2018, em toda a Região do São Lourenço foram realizadas 212 pescarias, praticadas por pescadores associados às colônias de Cuiabá, Rondonópolis e Poconé, espacializadas nos rios da seguinte forma: 127 no rio São Lourenço, 74 no rio Vermelho e 11 no rio Poxoréu. Considerando os pesos estatísticos dessas colônias, foram pescados 142 toneladas de peixes, sendo 122 toneladas de peixes migradores (86%), das quais, cerca de 92 toneladas (75%) e 27 (22%) toneladas de espécies migradoras foram pescadas nos rios São Lourenço e Vermelho, respectivamente (Figura 11).
Em relação às colônias de pesca, a que se destaca na região é a de Rondonópolis (Z03), com renda anual de R$ 2,8 milhões (CV 11%), referentes a 438 pescadores ativos, o que gera uma renda anual por pescador de R$ 6,3 mil.

O rio mais piscoso é o rio São Lourenço, com 103 toneladas de pescado por período de pesca (CV 17%), seguido do Vermelho, com 34 toneladas (CV 19,5%) e do Poxoréu, com 5 toneladas (CV 60%).

Pesca Difusa

Na região de São Lourenço, 56% dos habitantes gostam de pescar, o que perfaz uma população de 97.410 habitantes. Destes, 45% pescam ao menos 1 vez ao me e 2% dos pescadores amadores todos os dias ou quase todos os dias. Para estes últimos, o peixe torna-se elemento importante para a segurança alimentar (fonte proteica). A quantidade declarada média de quilos de peixes obtida em cada evento de pesca foi de 3,34 quilos para os pescadores da região.

A preferência sobre o local de pesca é em rios próximos (66%), o que ressalta a grande utilização do rio Vermelho, pela proximidade do centro urbano de Rondonópolis, o maior da região (Figura 12).

Turismo de pesca

O turismo de pesca com base na região é incipiente em relação aos destinos mais populares, mas os rios da região são frequentados por turistas de pesca de média e longa distância embarcados na região do Pantanal Central (Corumbá e Ladário, principalmente). Essa região totaliza faturamento anual de R$ 69,1 milhões de reais nos meios de hospedagem – o fluxo é de 49.346 turistas. Com maior importância dos barcos hotéis, o investimento médio diário por turista é da ordem de R$ 1.200.

Alterações no regime hidrológico

Avaliação de alterações do regime sazonal

Na sub-bacia do rio São Lourenço os resultados mostram que o valor de AH nos trechos analisados chega, no máximo, à faixa entre 1,0 e 2,5% (Figura 13).

Avaliação de alterações do regime sub-diário

Na região da bacia do rio São Lourenço, apresentada na Figura 14, os resultados mostram que os maiores impactos em termos de extensão são os decorrentes da operação hipotética da usina Poxoréo, que percorre aproximadamente 80 km com FSD superior a 10%, e da operação hipotética das usinas Bom Jesus e Santiago no rio Prata, em que o valor do FSD permanece superior a 10% ao longo de, aproximadamente, 100 km, que podem afetar a região de desova e de pesca de peixes migradores. Dados esses impactos potenciais, regras de operação deverão ser definidas quando da avaliação de pedidos de outorga para esses empreendimentos com vistas a diminuir esses efeitos.

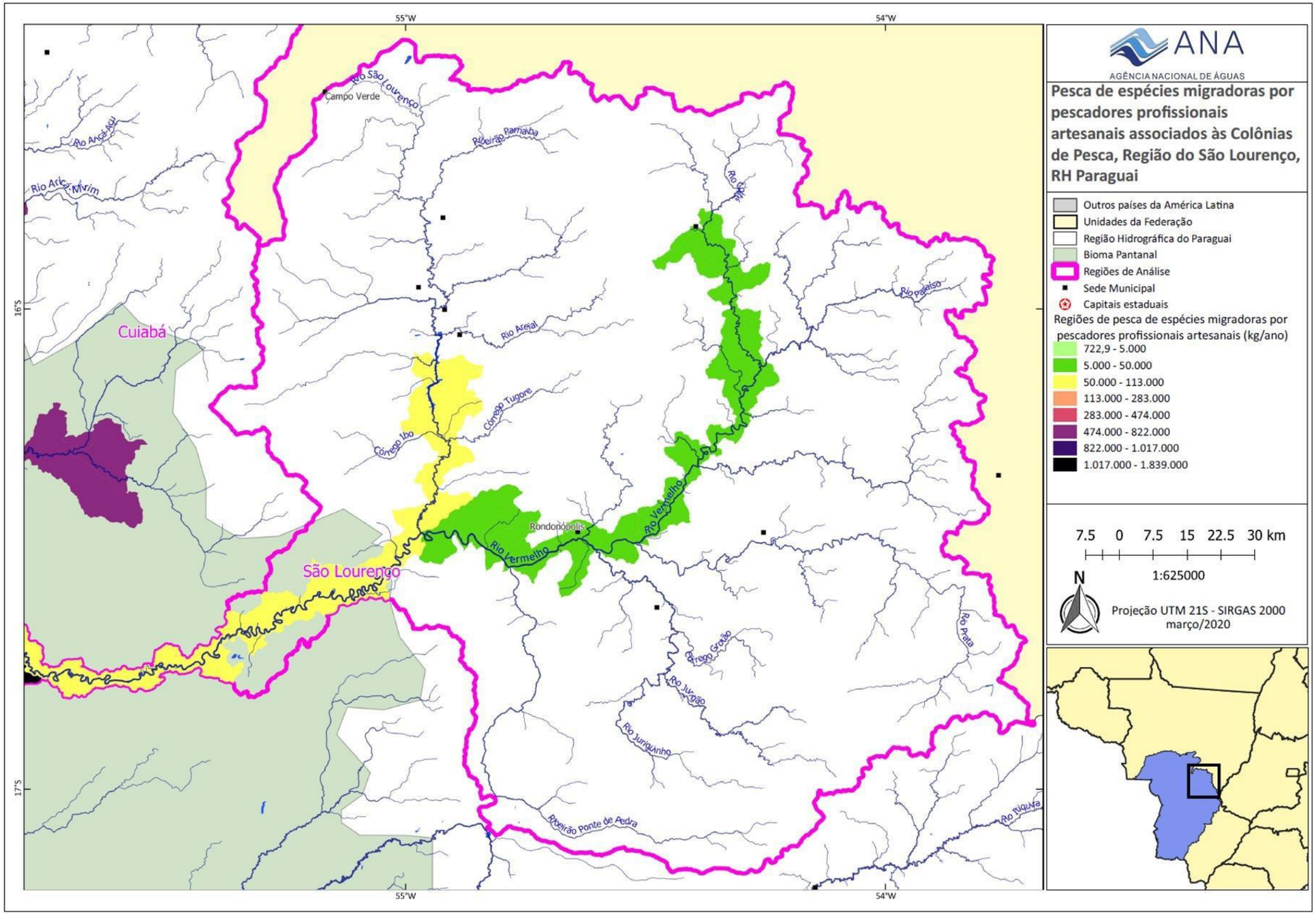


Figura 11 – Pesca de peixes migradores por pescadores profissionais artesanais associadas às colônias de pesca da bacia do São Lourenço.

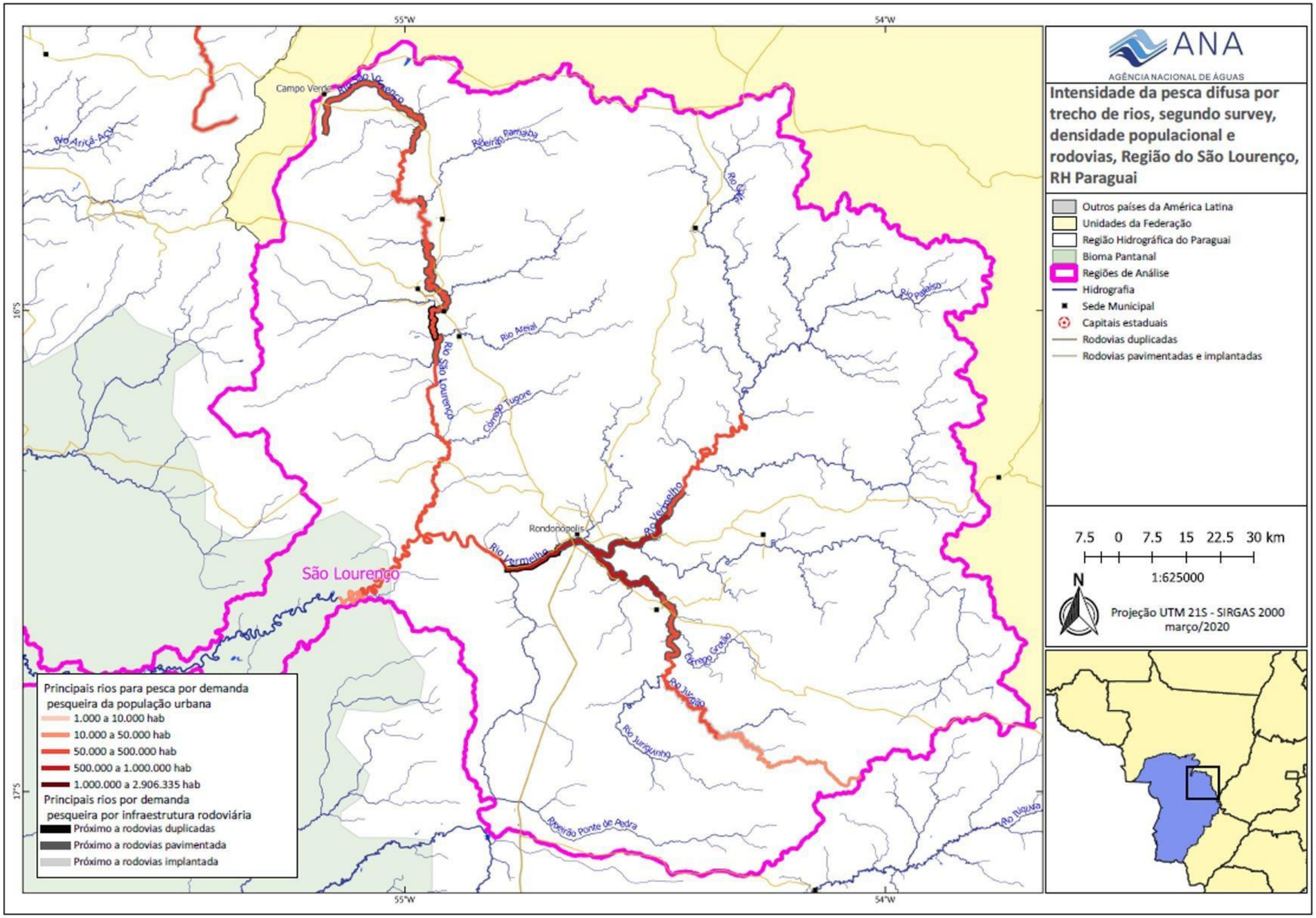


Figura 12 – Principais rios para a pesca difusa na região da bacia do rio São Lourenço.

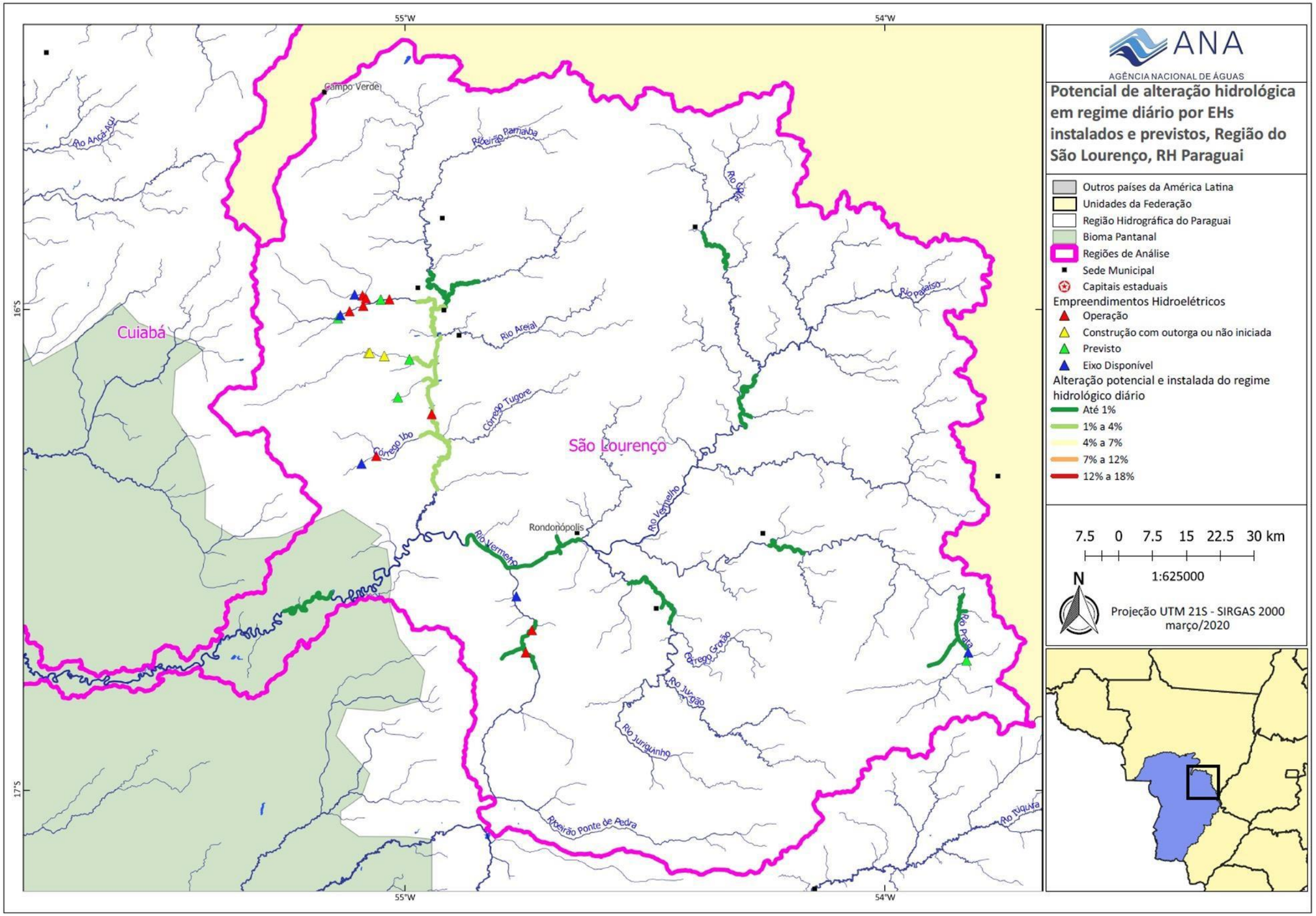


Figura 13 – Mapa de Alteração Hidrológica em regime diário de trechos de rio selecionados na bacia do rio São Lourenço

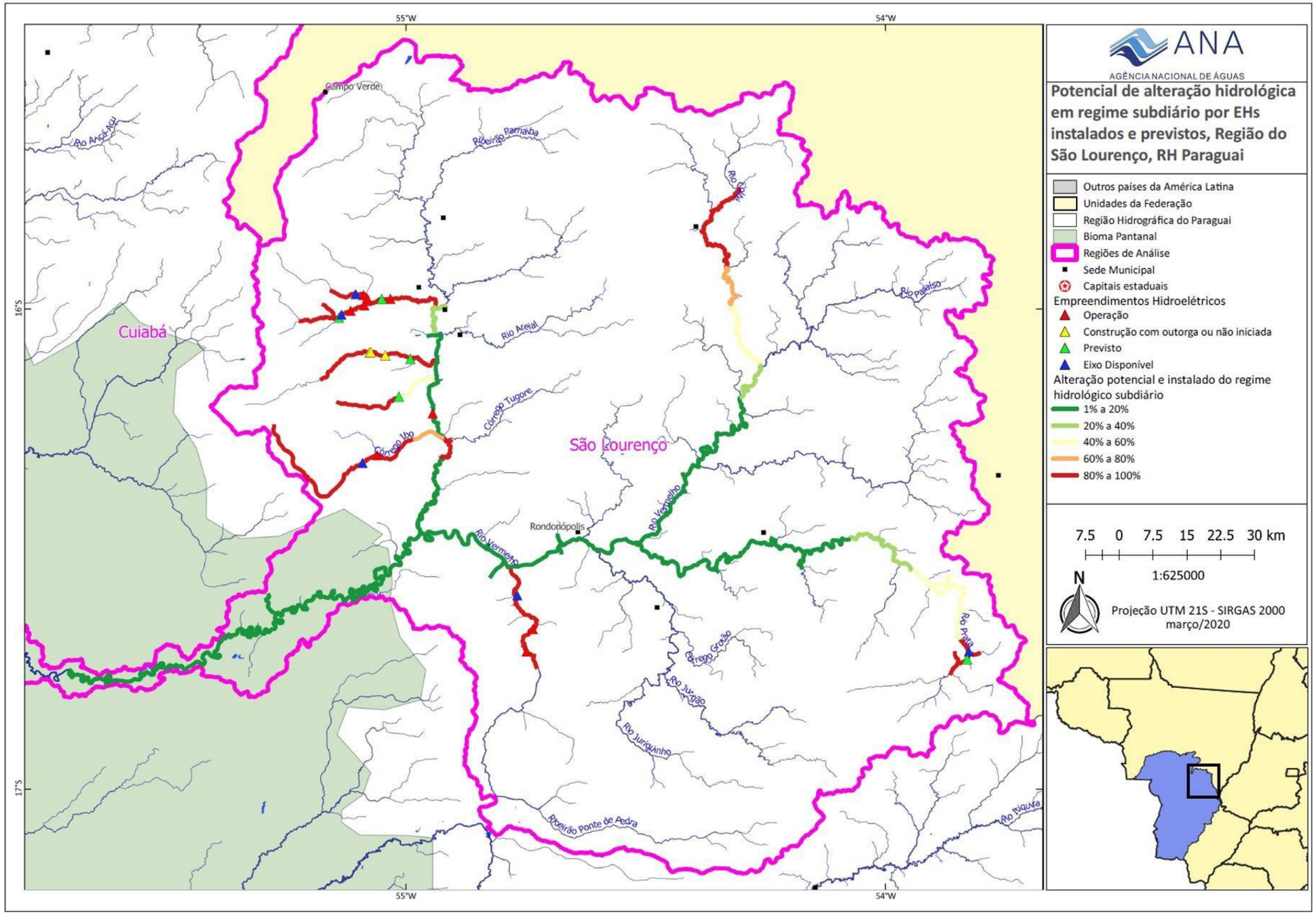


Figura 14 – Mapa de Alteração Hidrológica em regime sub-diário de trechos de rio selecionados na bacia do rio São Lourenço

Estudos de qualidade da água e hidrossedimentologia

No Diagnóstico de qualidade da água e hidrossedimentologia (Produto 12) foram utilizadas diversas abordagens metodológicas para a avaliação de potenciais impactos decorrentes da instalação de empreendimentos hidrelétricos (EHs) previstos para a Região Hidrográfica do Paraguai (RHP), incluindo estimativas de cargas a partir de dados primários e secundários, monitoramento de alta frequência e análise do assoreamento dos reservatórios dos EHs em operação, além do uso de modelos para estimar a produção e o transporte de sedimentos e outros constituintes nos rios da RHP.

Aqui estão resumidos os resultados da aplicação de um modelo de Redes Neurais Artificiais (RNA) para a previsão de alterações, em termos de cargas anuais e percentuais, nos fluxos de sedimentos e nutrientes, decorrentes da instalação de EHs na região, visto que este é o objetivo do projeto dentro deste tema. Com base no modelo RNA e em todo o conjunto de resultados apresentado Produto 12, foram definidos níveis de impactos potenciais no transporte constituintes da água importantes para a manutenção do equilíbrio dos ecossistemas aquáticos com referência as variações naturais observadas neste estudo e em referências técnico-científicas (Tabela 3). Os resultados das alterações esperadas são apresentados na Tabela 4 e os impactos potenciais nas áreas com EH previstos são espacializados na Figura 15.

Tabela 3. Níveis de impacto no transporte de constituintes da água.

Critério	Sedimentos, solutos dissolvidos, fósforo, carbono	Nitrogênio
Baixo	0 -10%	0 -15%
Médio	10 – 20%	15 – 25%
Alto	> 20%	> 25%

Entre todos os rios estudados, o São Lourenço é o que transporta maior carga de sedimentos (~300 ton./dia), nutrientes e solutos dissolvidos. Neste rio, a PCH São Lourenço opera desde 2009. Ali, pouco mais 60% da carga de sedimentos transportados em suspensão ficam retidos no reservatório. Entre todos os empreendimentos analisados neste estudo, este é o que mais interfere no transporte de sedimentos, COP, além de reter também quantidades significativas de fósforo total (PT) e nitrogênio total (NT).

Na bacia do São Lourenço, todos os empreendimentos previstos estão alocados nos tributários Tenente Amaral, Prata e Ibo. Comparados ao São Lourenço, estes tributários são pequenos. Devido à perda de conexão hidrológica e às taxas de retenção de constituintes provocadas pela PCH São Lourenço, os barramentos situados a montante devem ter seus impactos, no nível regional, amortecidos por este grande reservatório. Ainda assim, os potenciais efeitos locais não devam ser desprezados

No rio Ibo, tributário do São Lourenço, atualmente há uma PCH em operação. A PCH Sete Quedas Altas tem provocado alterações na qualidade da água a partir da retenção de 80% do carbono transportado. Há previsão de construção de uma PCH (Europa) a montante da Sete Quedas Altas. Contudo, as alterações no transporte de materiais previstas para esta PCH (Tabela 4), apesar de consideradas significantes, não devem se propagar com intensidade para além da PCH que opera a jusante e, portanto, estas foram classificadas como de baixa intensidade (Figura 15). Porém, a instalação de novos

empreendimentos a jusante da PCH Sete Quedas Altas não é recomendada (em vermelho na figura 15).

O rio Vermelho é o principal afluente do rio São Lourenço. Na bacia do Vermelho, mais precisamente no Ribeirão Ponte de Pedra, as PCHs José Gelásio e Rondonópolis foram estudadas em maior detalhe com o uso de sondas para o monitoramento de alta frequência de parâmetros de qualidade de água. Lá foram alterações diárias relacionadas com o fluxo dos constituintes aqui estudados.

Os efeitos simulados com a construção da PCH João Basso, prevista para um local a jusante das PCHs mencionadas acima, apontam para interferências altas no fluxo nutrientes (Tabela 4). Embora o aporte de materiais provenientes do ribeirão Ponte de Pedra possam ter pouco importância para o que o São Lourenço, dado o porte e fluxo do rio Vermelho, é possível que os pulsos verificados no monitoramento de alta frequência possam ser transmitidos a jusante, afetando o ciclo de vida dos peixes e, por consequência, a pesca. Deste modo, a área para a qual este EH está prevista foi classificada em amarelo, com potencial médio de impactos para a bacia do São Lourenço e para a planície (Figura 15).

Tabela 4. Taxas de variação para os empreendimentos da previstos na bacia do São Lourenço

AHE previsto	Rio	Qss (ton/ ano)	QN (kg/ ano)	QP (Kg/ano)	Alteração Média Anual Qss (%)	Alteração Média Anual N (%)	Altera-ção Média Anual P (%)
Ipê	Ten. Amaral	-155	19912	-155	-29	6	-4
Mangaba	Tem. Amaral	-877	-210499	-34	-29	-19	-1
Água Clara	Prata	-922	13535	487	-34	25	28
Água Prata	Prata	-922	13517	487	-34	25	28
Água Brava	Prata	-920	13839	480	-34	25	50
Água Branca	Prata	-1177	18368	634	-33	26	28
Europa	Ibo	-609	8767	204	-36	28	19
João Basso	Ribeirão Ponte de Pedra	832	84182	-2019	11	36	-22

Possíveis implicações das alterações de qualidade de água para os usos múltiplos da água

Os rios da RHP têm papel fundamental nos processos hidrogeomorfológicos do Pantanal e na ecologia deste precioso bioma. Este papel está diretamente relacionado com o transporte, pelo leito e na coluna d'água, de sedimentos, nutrientes e outros constituintes. As possíveis alterações nos fluxos destes materiais foram descritas no subitem 3.4.2 do Resumo Executivo.

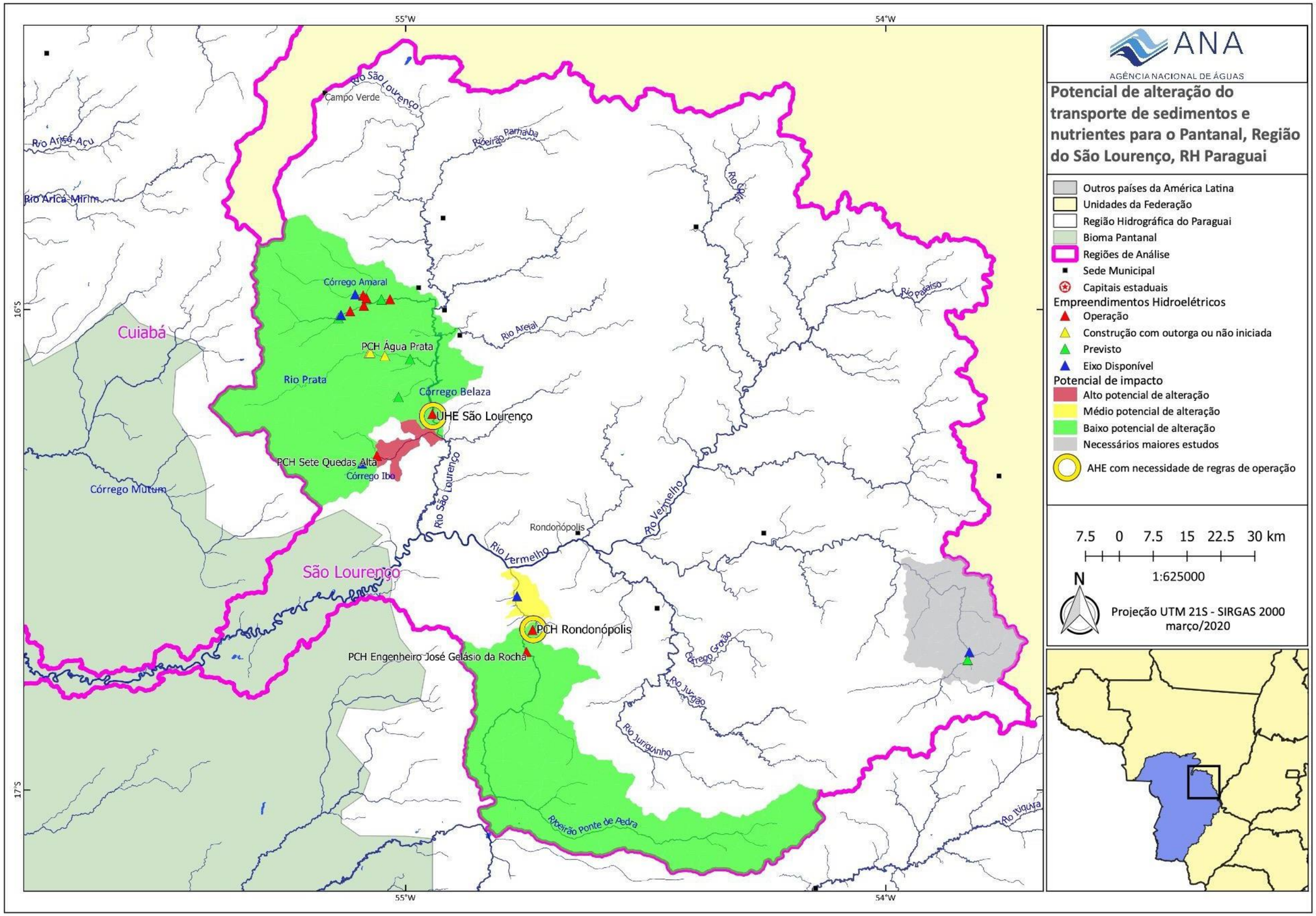


Figura 15. Potencial de alteração do transporte de substâncias entre o planalto e Pantanal devido a barramentos para geração de energia na bacia do São Lourenço.

Zoneamento proposto

Os resultados obtidos para a bacia do São Lourenço indicam, por um lado, áreas que não se demonstraram estratégicas como rota migratória dos migradores, ou seja, importantes para a manutenção dos estoques pesqueiros, nem para a realização da pesca profissional artesanal. Por outro lado, os resultados também indicam áreas que se demonstraram extremamente estratégicas como rota migratória dos migradores e para a realização da pesca profissional artesanal, resultando no zoneamento apresentado na Figura 16.

As áreas a montante da PCH São Lourenço, a montante da PCH Sete Quedas Alta, no rio Ibo, o alto Tadarimana e as bacias do rio Ponte de Pedra e Anhumas são as de menor importância para o recurso pesqueiro, por não ter sido detectada a desova de espécies migratórias nos períodos de análise ou pelo baixo impacto no índice de conectividade. Além disso, não se constatou a atividade pesqueira profissional significativa nessas áreas. Assim sendo, a instalação de novos empreendimentos nessas sub-bacias não provocará impactos negativos adicionais sobre o recurso pesqueiro na bacia do rio São Lourenço, nem na RH Paraguai.

Com base nesses resultados, foi elaborada em março de 2020 a Nota Técnica Conjunta Nº 1/2020/SPR/SRE que recomendou a liberação do sobrestamento dos processos de novos empreendimentos nessas áreas não estratégicas para a manutenção do estoque pesqueiro.

As áreas identificadas como extremamente importantes para a manutenção dos recursos pesqueiros são as bacias dos rios baixo São Lourenço (a jusante da PCH São Lourenço) e Vermelho. Nessas sub-bacias, a reprodução das espécies migradoras foi muito representativa (elevado fluxo de ovos e larvas de migradores) em relação a outras sub-bacias do São Lourenço. Nelas também se verifica a realização de atividades significativas de pesca profissional artesanal e difusa, o que configura conflito de uso local.

A instalação de qualquer tipo de barramento nas bacias mencionadas interromperá a conectividade entre as áreas de jusante e a montante desses EHs, e consequentemente impedirá a chegada dos peixes migradores até as áreas de desova no tempo exato de maturação. Ao impedir a reprodução, poderá provocar impactos negativos sobre a manutenção dos estoques pesqueiros não somente na bacia do São Lourenço, como também na RH Paraguai como um todo, configurando, portanto, um conflito de uso de caráter regional.

Em síntese, as **áreas não estratégicas** para a manutenção dos estoques pesqueiros e pouco relevante para a conexão entre a planície e o planalto são:

- rio Tenente Amaral;
- rio da Prata (afluente da margem direita do São Lourenço);
- rio Beleza;
- rio Ibo, a montante da PCH Sete Quedas Alta;
- rio Ponte de Pedra;
- rio Anhumas
- Alto rio Tadarimana

As áreas **extremamente estratégicas** como rota migratória dos migradores, ou seja, que permitem a conexão entre a planície e áreas do planalto e que suportam uma atividade pesqueira importante em suas diversas modalidades são as bacias dos rios:

- Baixo São Lourenço
- Vermelho

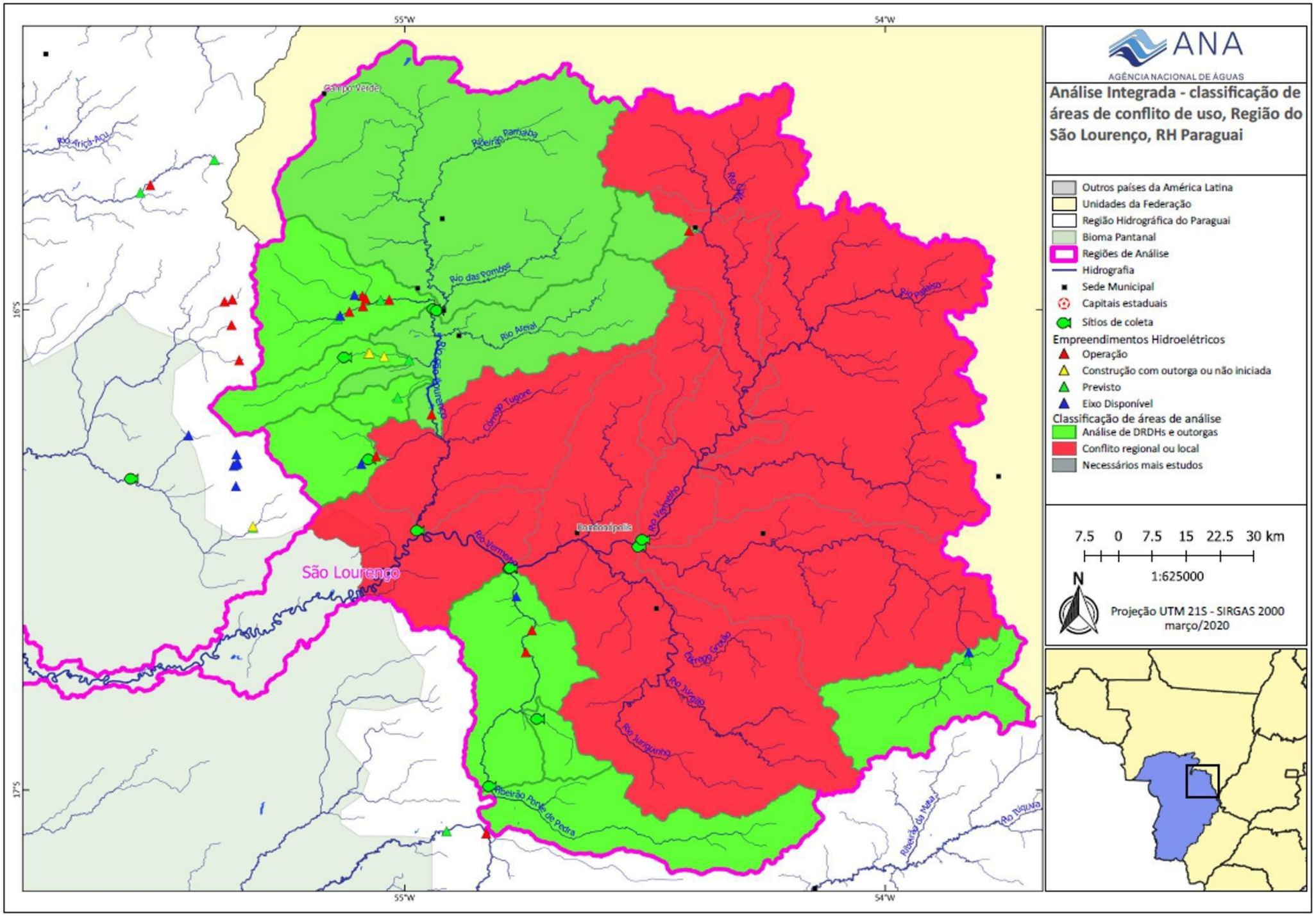


Figura 16– Zoneamento proposto das áreas de menor e de maior importância para os recursos pesqueiros na bacia do São Lourenço.

ANA
AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS
E SANEAMENTO BÁSICO

PRH
PARAGUAI

Estudos de Avaliação dos Efeitos da Implantação de Empreendimentos Hidrelétricos da Região Hidrográfica do Paraguai

RESUMO EXECUTIVO
ANEXO 4

Síntese dos Resultados para a Sub-bacia dos Rios Correntes/Piquiri

Brasília (DF), 2020

ANEXO 4 - Síntese dos Resultados para a Sub-bacia dos Rios Correntes/Piquiri

(parte da UPG/MT P6 e a UPG/MS II.1)

Localização dos empreendimentos hidrelétricos

De uma forma geral, a bacia dos rios Correntes e Piquiri abrange os municípios de Itiquira no Mato Grosso e Sonora e Pedro Gomes no Mato Grosso do Sul (Figura 1), considerando 14 AHEs dentre os 180 da RH Paraguai, distribuídos da seguinte forma:

- 4 em operação;
- 3 previstos;
- 7 eixos disponíveis.

Ictiofauna/Ictioplâncton

Nas amostragens de ictioplâncton realizadas no córrego Piranema e nos rios Comprido, Correntes, Piquiri e Tauá, foram coletadas e avaliadas 476 amostras, com as seguintes médias de ovos e de larvas de espécies migradoras por período reprodutivo:

- Piquiri (PIQ): 891 milhões de ovos e 188 milhões de larvas;
- Tauá (TAU): 259 milhões de ovos e 15 milhões de larvas;
- Piranema/Benjamin (PIBE): 2,1 milhões de ovos e nenhuma larva migradora;
- Comprido (COMP): 250 mil de ovos e 3,3 milhões de larvas;
- Correntes (CORR): 490 mil de ovos e nenhuma larva de espécie migradora;

Os resultados de produção total de ovos e de larvas de peixes migradores na região em análise são mostrados nas Figura 2 e 3. A partir desses resultados e dos cálculos da velocidade da água nos pontos de coleta, foi feito um retrocálculo para se estimar as áreas de desova identificadas nas Figuras 4 (com base na coleta de ovos) e 5 (com base na coleta de larvas de migradores).

Destaca-se a importância do rio Piquiri e Tauá em relação aos demais rios da bacia como área de produção de ovos e larvas de peixes migradores, ocorrendo a desova de várias das espécies alvo até as cabeceiras do Piquiri e de seus afluentes (Classe 4). Também se observou desova de migradores na sub-bacia do Córrego Piranema/Benjamim, porém em menor intensidade (Classe 2). Por outro lado, as sub-bacias dos rios Correntes e Comprido foram consideradas como áreas de baixa importância na produção de ovos, larvas totais e larvas das espécies de peixes migradores (Classe 1).

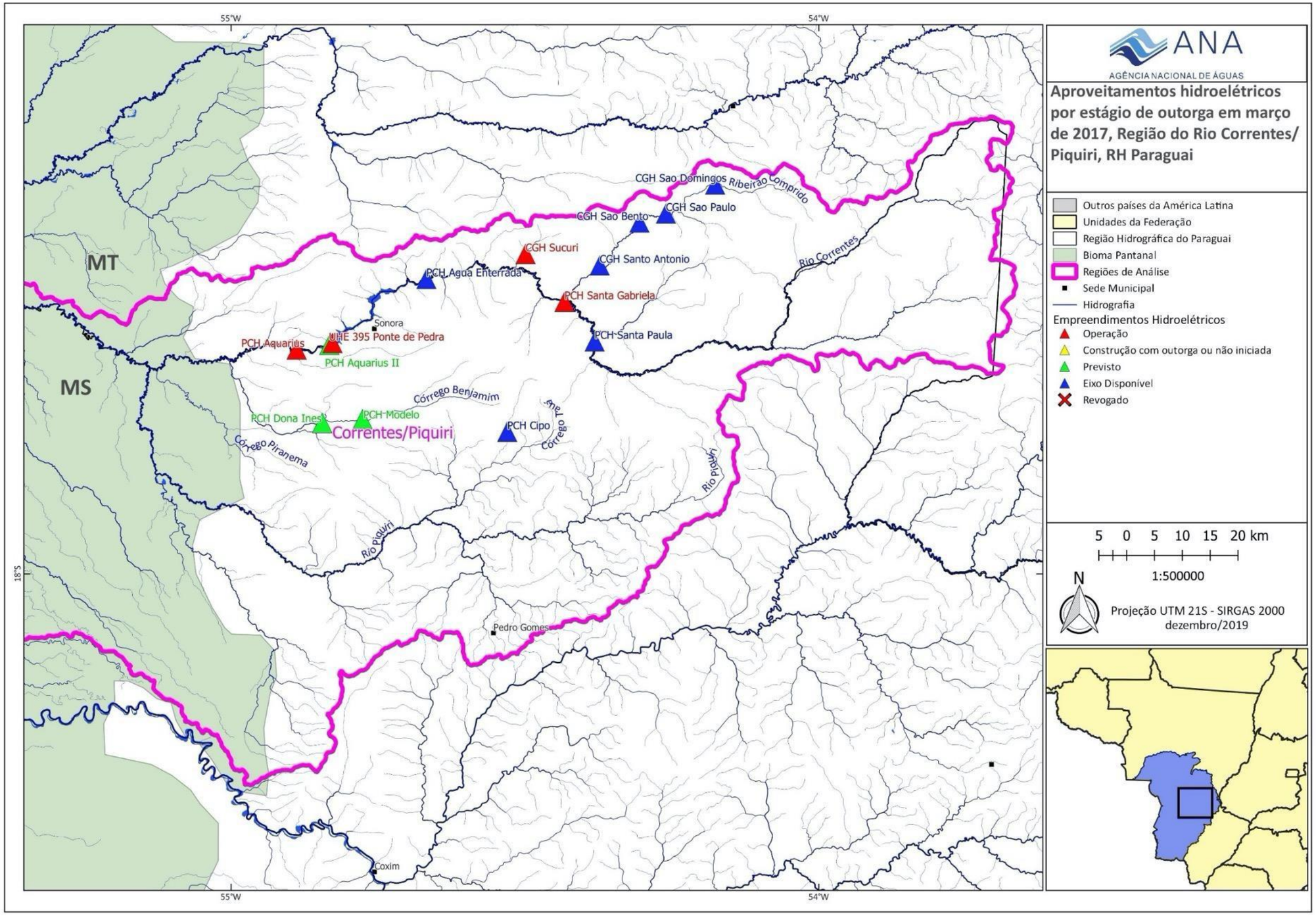


Figura 1 – Localização dos aproveitamentos hidrelétricos por estágio de outorga em março de 2017 na Bacia do Correntes/Piquiri.

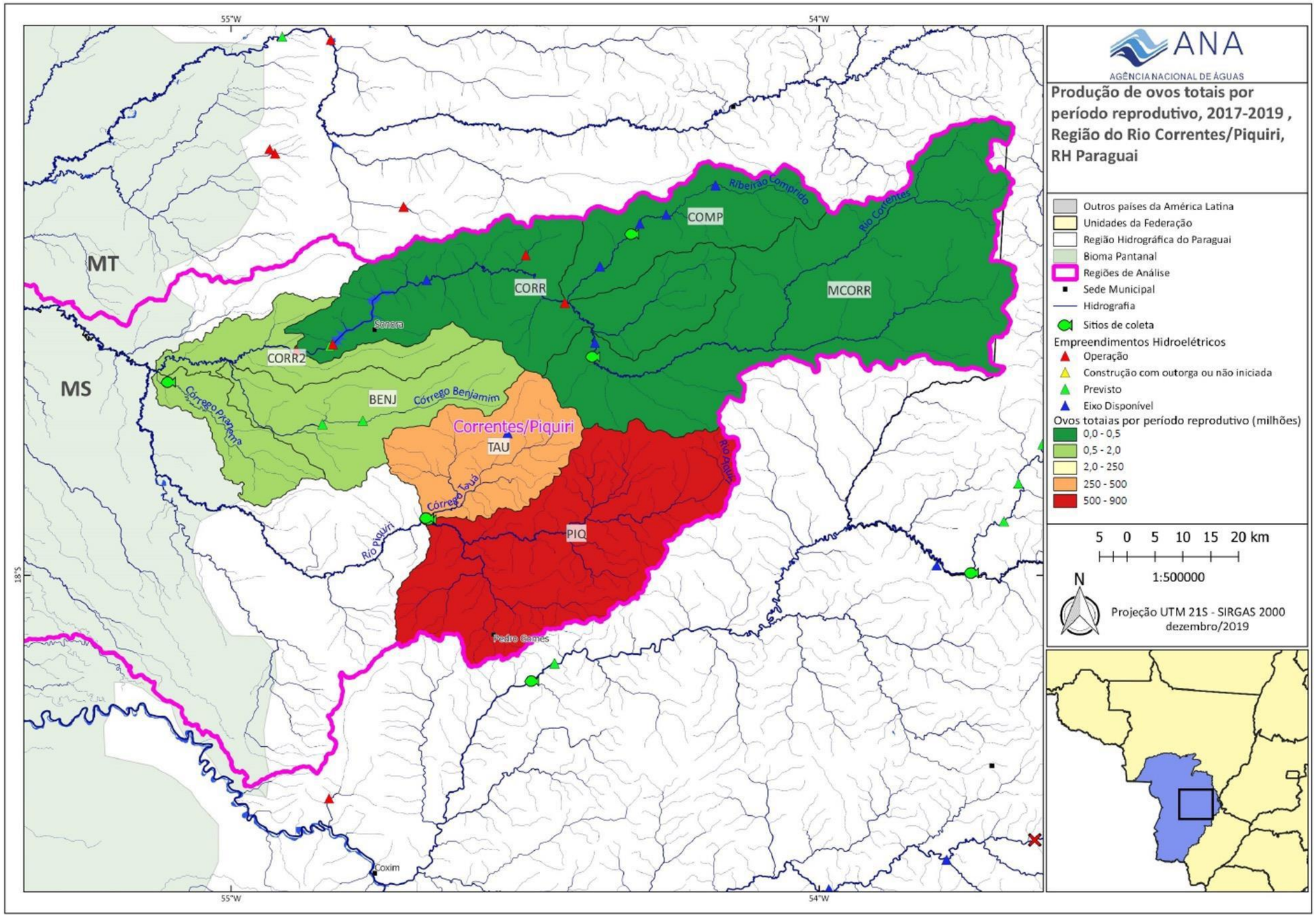


Figura 2 – Fluxo de ovos por período reprodutivo na bacia do Correntes/Piquiri

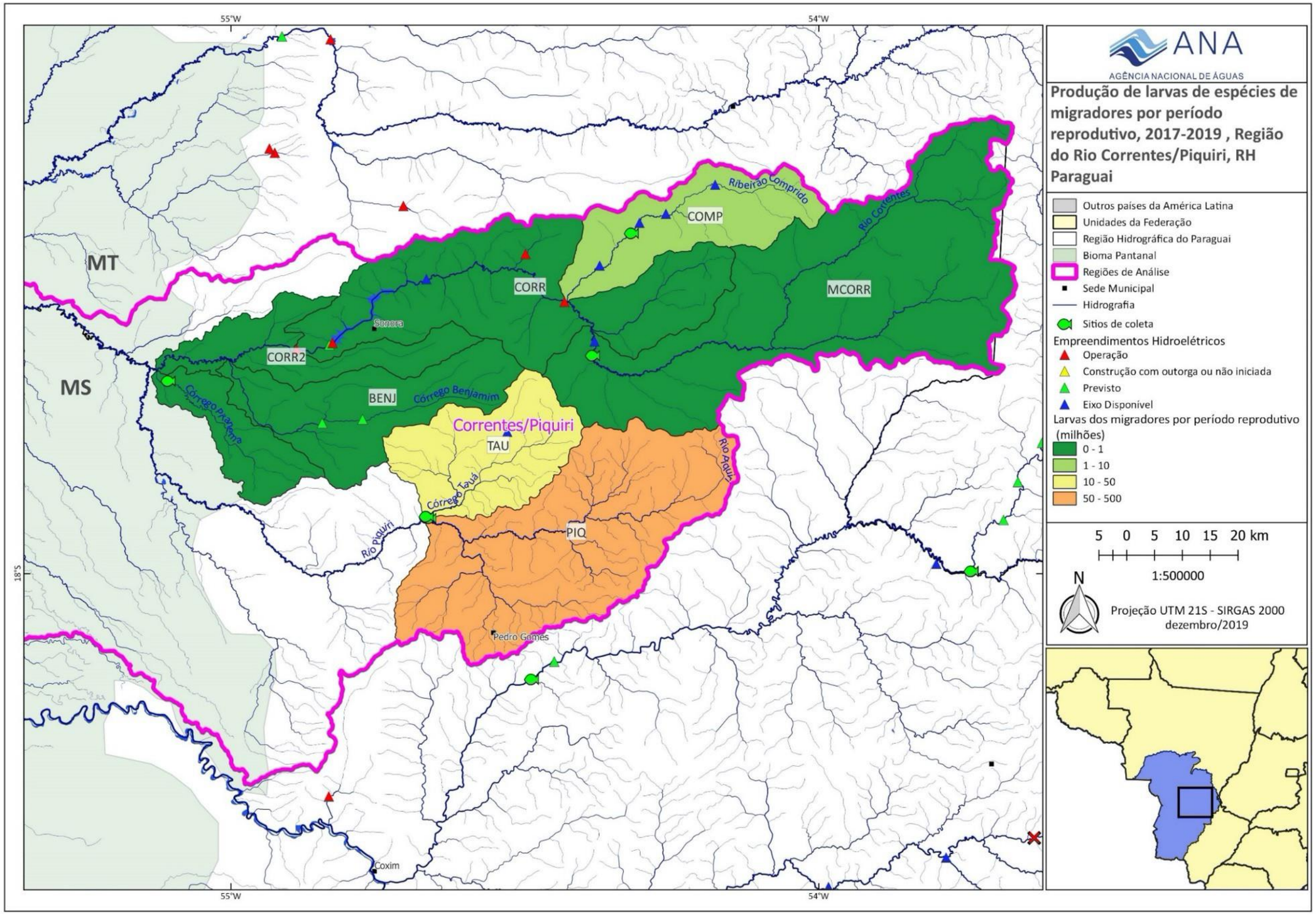


Figura 3 – Fluxo de larvas das espécies de peixes migradores por período reprodutivo na bacia do Correntes/Piquiri.

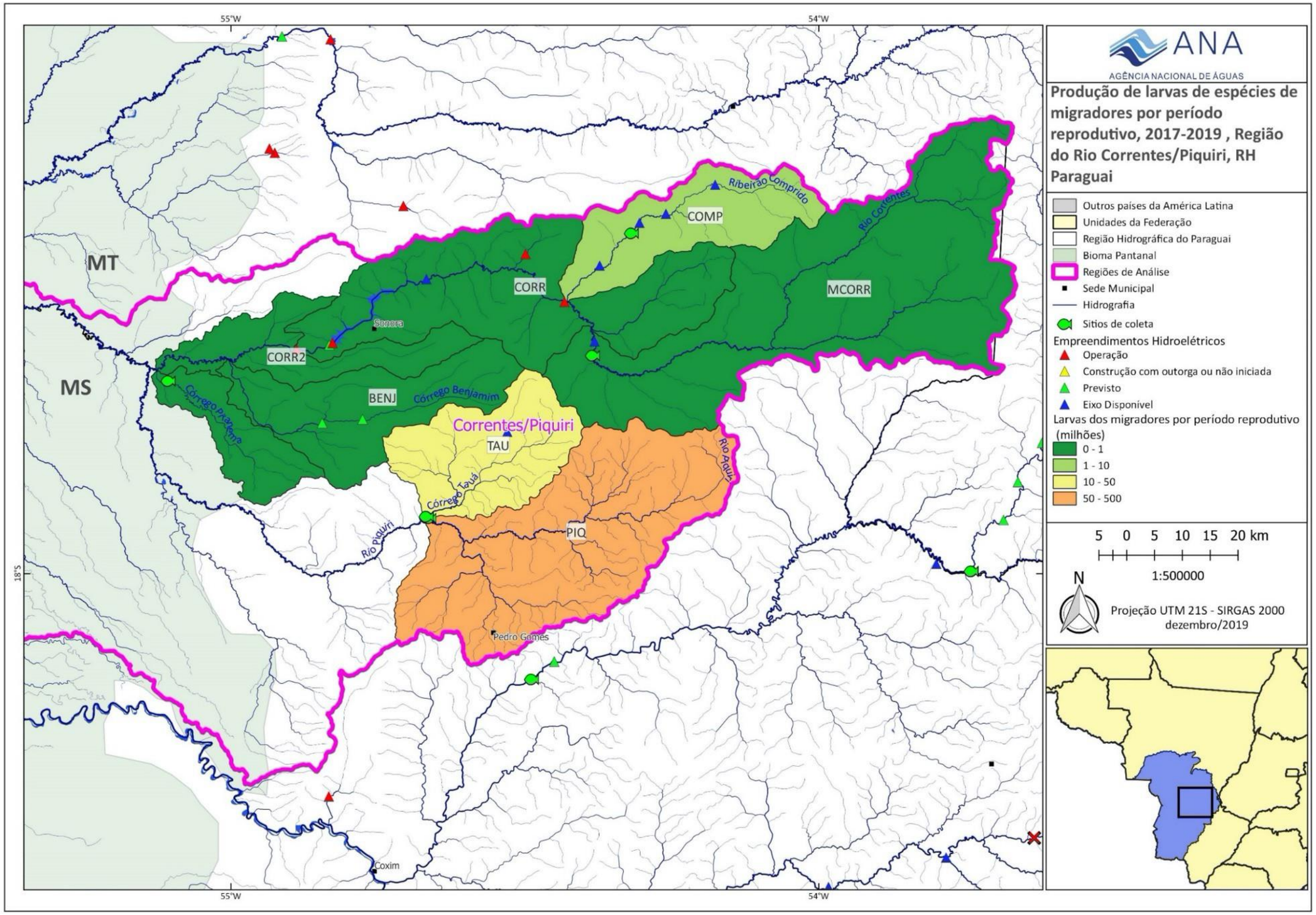


Figura 4 – Estimativa das áreas de desova com base na captura de ovos de todas as espécies na bacia do Correntes/Piquiri.

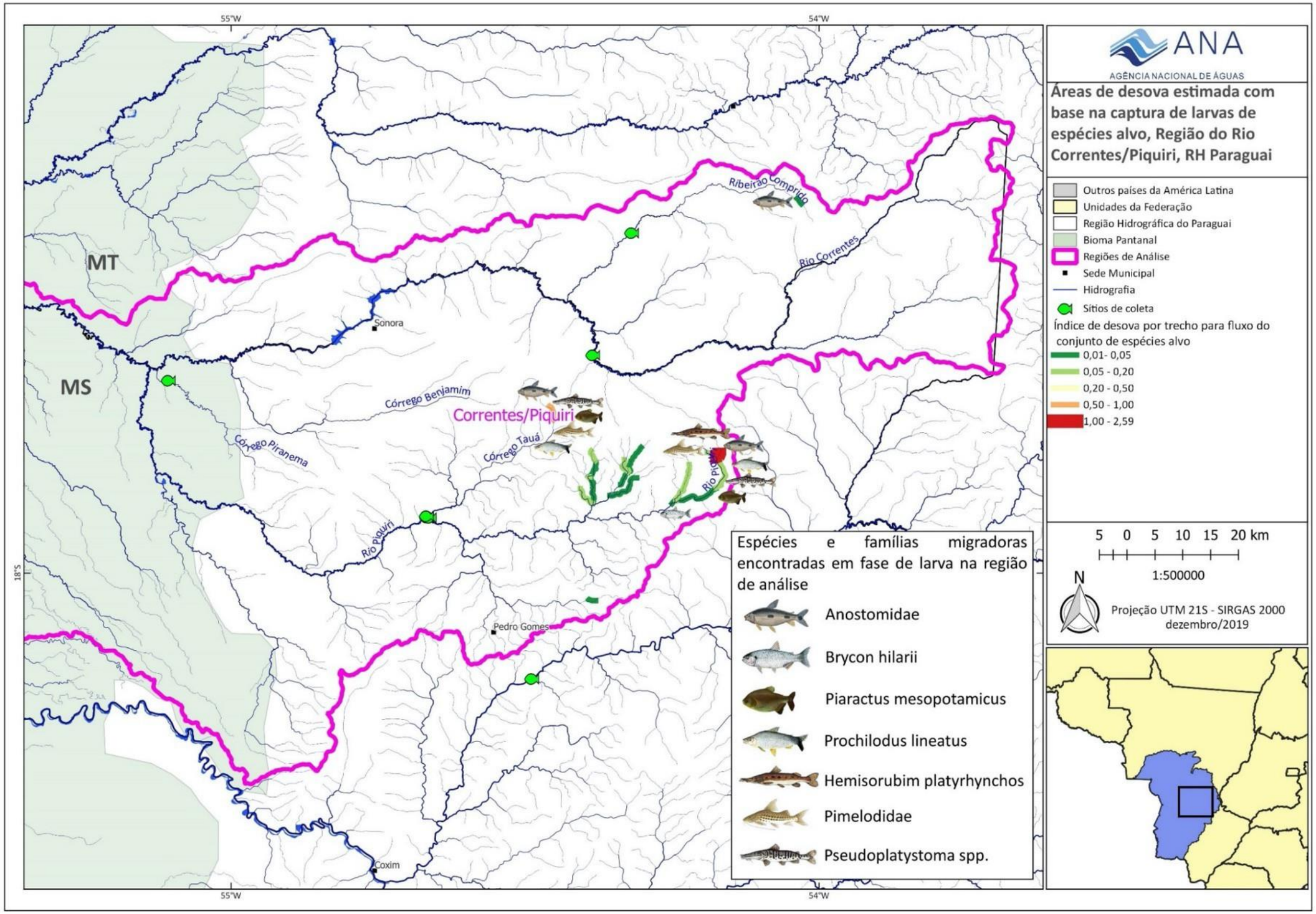


Figura 5 – Estimativa das áreas de desova com base na captura de larvas de espécies alvo na bacia do Correntes/Piquiri.

Análise de Conectividade na bacia do rio Piquiri

Existem alguns obstáculos naturais que também dificultam a migração de peixes para montante no período de piracema. Os obstáculos naturais foram identificados com base em dados de declividade dos rios estimados a partir do modelo digital de elevação do SRTM e de imagens de satélite de alta resolução. Estas informações foram complementadas ainda com fotografias do local e com informações obtidas no campo, quando possível. A identificação de obstáculos naturais foi priorizada em trechos de rio a jusante de onde há aproveitamentos hidrelétricos inventariados.

Na totalidade foram identificados 5 obstáculos naturais ao deslocamento de peixes migratórios na bacia. A cada um dos obstáculos foi atribuída uma probabilidade de passagem de peixes migratórios. Esta probabilidade foi estimada com base em fotografias do obstáculo, imagens de satélite, estimativas de declividade e comparação com obstáculos semelhantes. A localização dos obstáculos está apresentada na Figura 6, em que a cor do ponto representa a probabilidade de passagem de peixes migradores através do obstáculo.

Figura 6- Localização e probabilidade de passagem de obstáculos naturais para migração de peixes na bacia do rio Piquiri.

Cenários de construção de barragens

Conforme mencionado antes, existem 8 usinas hidrelétricas em operação e há outras 11 usinas identificadas no inventário na bacia do rio Piquiri.
O impacto de cada uma delas sobre a conectividade fluvial na bacia depende da construção ou não de outras barragens. Assim, idealmente seria necessário calcular o índice de conectividade para todas as combinações possíveis da inclusão ou não de 11 novas barragens, além das já existentes. O número de cenários a ser analisado, portanto, é igual a 2 elevado a 11, o que corresponde 2048 cenários. Analisar todos estes cenários é viável computacionalmente, por esse motivo não foi necessário agrupar as barragens em blocos.

Fator ponderador da rede de drenagem

Como fator ponderador da rede de drenagem foi atribuído um peso a cada trecho de rio, procurando refletir a importância do trecho para o processo de reprodução dos peixes na bacia.

Para isto foram utilizados os dados de fluxo de ovos e larvas nos pontos de amostragem apresentados no mapa da Figura 7 e na Tabela 1.

Os valores de número de indivíduos por dia, apresentados na Tabela 1, foram divididos pelo comprimento da rede de drenagem na área de captação de ovos e larvas de cada ponto de amostragem, para obter a densidade de ovos e larvas por km de rio. A área de captação de ovos e larvas de cada ponto de amostragem foi definida considerando toda a rede de drenagem localizada a montante do ponto de amostragem, limitada pela posição de obstáculos naturais e artificiais à migração de peixes. A
Tabela apresenta os valores finais de fluxo diário de ovos e larvas por km de rio.

Tabela 1- Pontos de amostragem de ovos e larvas de peixes na bacia do rio Piquiri, com os respectivos valores de fluxo médio diário de ovos e larvas, e densidade de fluxo por km de rio.

Local	Rio	Fluxo de ovos+larvas (milhões de indivíduos por dia)	Comprimento dos rios (km)	Fluxo (milhões de indivíduos por dia por km)
COMP	Comprido	7,2	46	0,16
CORR	Corrente	0,4	268	0,002
PIBE	Benjamim/Piranema	4,7	106	0,04
PIQ	Piquiri	1146,4	138	8,31
TAU	Tauá	192,3	65	2,96

O valor final do fluxo diário de ovos e larvas por km de rio, obtido para cada ponto de amostragem, foi definido como atributo da rede de drenagem, refletindo a sua qualidade como habitat para reprodução de peixes. O resultado é apresentado na Figura 7.
Para obter o mapa da Figura 7 foi necessário preencher regiões em que a metodologia descrita acima não permitiu estimar o fluxo de ovos e larvas, como os rios da sub-bacia do Itiquira, e a região a jusante de todos os pontos de monitoramento.

Na região do rio Itiquira, a montante da barragem da usina Itiquira, foi considerado o valor mínimo encontrado nos pontos de monitoramento (0,002 milhões de ovos e larvas por dia por km). Na região do rio Corrente, a montante da barragem localizada mais a jusante, até os pontos de monitoramento CORR e COMP, também foi considerado o valor mínimo encontrado nos pontos de monitoramento.

No trecho do rio Piquiri localizado a jusante da confluência com o Ribeirão Comprido até a confluência com o rio Corrente, foi adotado o valor médio entre os valores encontrados nos pontos de coleta TAU e PIQ (5,6 milhões de ovos e larvas por dia por km). Finalmente, nos trechos dos rios Piquiri e Itiquira localizados na planície pantaneira, bem como em todos os afluentes desses dois rios nesta região, foi adotado o valor médio entre todos os pontos de coleta (2,29 milhões de ovos e larvas por dia por km).

Figura 7- Mapa da rede de drenagem da bacia do rio Piquiri (somente rios com área de drenagem superior a 80 km2) com cores indicando o peso para o cálculo do DCIP (Índice de Conectividade Dendrítico Ponderado para peixes Diádromos) com pontos indicando os locais de amostragem de ovos e larvas, e estrelas indicando a localização de usinas atualmente em operação.

Observa-se no mapa da Figura 7, que a bacia do rio Piquiri tem áreas mais favoráveis a desova de peixes (identificadas em verde) e áreas menos favoráveis à desova (identificadas em vermelho). Entre as áreas menos favoráveis estão todos os trechos de rio a montante de usinas já existentes ou de obstáculos naturais. Entre as áreas mais favoráveis à desova destaca se o rio Piquiri, e seu afluente Córrego Tauá.

Resultados da análise de fragmentação da rede fluvial

Para cada um dos 2048 cenários foi calculado o valor do DCIPD e da potência instalada total na bacia.

Os resultados podem ser analisados em um gráfico com os eixos DCIPD e Potência Instalada, como mostra a Figura 8. Neste gráfico cada ponto representa o resultado de um cenário. Entretanto, o número de pontos neste gráfico é grande demais para uma análise objetiva. Por este motivo, é conveniente selecionar os pontos que combinam os melhores resultados em termos de Potência Instalada e Conectividade Fluvial, na forma de uma linha de Pareto. A linha de Pareto, ou região de Pareto, está ilustrada pelos pontos azuis na Figura 8, e é constituída de cenários que não são superados por nenhum outro cenário pelos dois critérios (DCIp e Potência) ao mesmo tempo. Para complementar a análise, foram escolhidos também os pontos de uma linha de Pareto inferior (em cor vermelha). Estes pontos correspondem aos cenários com as mais baixas combinações de valores de DCIp e Potência Instalada.

Os resultados dos cenários da linha de Pareto inferior e da linha de Pareto superior são apresentados em na Figura 8.

Figura 8- Resultados da linha de Pareto superior (pontos azuis) e da linha de Pareto inferior (pontos vermelhos) da análise de 2048 cenários de construção de barragens na bacia do rio Piquiri.

Os resultados mostram que existe um trade-off entre as variáveis Potência instalada total na bacia (eixo vertical) e Conectividade da rede de drenagem (DCIPD). De forma geral, a inclusão de novas barragens na bacia permite aumentar a potência instalada, mas tende a fazer com que o índice de conectividade tenha seu valor reduzido. Da mesma forma, o valor original do índice de conectividade só pode ser mantido se não forem construídas novas barragens, ou se forem construídas apenas barragens a montante de barragens já existentes ou de grandes obstáculos naturais, que já representam impedimento para a migração de peixes.

Entretanto, boa parte das usinas previstas na bacia do rio Piquiri está localizada a montante de barramentos já existentes, ou em locais em que existem obstáculos naturais relevantes. Assim, a alteração do índice de conectividade é baixa, mesmo na situação hipotética de construção de todas as usinas.

Observa-se, na Figura 9, que no cenário atual, a potência instalada na bacia equivale a 302,43 MW, e o valor de DCIPD é de 98,0%. Num cenário futuro em que fossem implementadas todas as usinas previstas, a potência instalada atingiria 369,56 MW e o valor de DCIPD ainda se manteria em 98,2%, ou seja, com alteração muito pequena em relação ao cenário atual.

As únicas barragens que contribuiriam para a perda de conectividade seriam as das usinas previstas no Córrego Benjamim, denominadas Dona Inês e Modelo (ver Figura 9), e a da usina Itiquira III, localizada no rio Itiquira, a jusante da usina já existente, que conta com as casas de força I e II. Entretanto, a perda de conectividade nestes 3 casos seria relativamente baixa, porque as duas primeiras estão localizadas próximas à cabeceira do Córrego Benjamim e a usina Itiquira III está localizada pouca distância a jusante de uma barragem.

A Figura 9 e a Tabela 2 apresentam os detalhes dos cenários que foram destacados entre os resultados obtidos. Considerando os resultados, é interessante identificar quais os empreendimentos que participam dos cenários com melhor e pior desempenho, em termos de ganho de potência e perda de conectividade fluvial. A Tabela 2 identifica com o símbolo X quais as usinas ou blocos de usinas que se considera implementadas em cada um dos cenários, além de apresentar os resultados em termos de potência instalada na bacia e índice de conectividade dendrítica ponderado (DCIPD).

A análise de cenários de instalação de novas usinas hidrelétricas na bacia do rio Piquiri e seu impacto sobre a conectividade fluvial revela que a construção de novos barramentos na região, de acordo com o inventário atual, terá pouco impacto sobre a conectividade dos rios da bacia com o Pantanal. A exceção são as usinas Dona Inês, Modelo e Itiquira III, entretanto mesmo estas têm impacto relativamente pequeno.

Tabela 2- Cenários relevantes identificados com base nos resultados do índice de conectividade e de potência instalada na bacia do rio Piquiri

Bloco	Descrição	Cenário				
		A	B	C	R	T
1	Barragens já em operação	X*	X	X	X	X
2	Água Enterrada		X	X		X
3	Cipó		X	X		X
4	Santo Antonio		X	X		X
5	São Domingos		X	X		X
6	São Bento		X	X		X
7	Santa Paula		X	X		X
8	São Paulo		X	X		X
9	Itiquira III				X	X
10	Dona Inês			X	X	X
11	Aquárius II		X	X		X
12	Modelo			X		X
Potência Instalada (MW)		302,4	335,0	346,6	332,9	369,6
$DCIP_D$ (%)		98,17	98,17	98,14	98,01	98,01
Incremento de Potência em relação ao cenário atual (MW)		-	32,6	44,2	30,5	67,2
Incremento de $DCIP_D$ em relação ao cenário atual (%)		-	0	-0,03	-0,16	-0,16
Redução na produção de ovos totais (% bacia)			-0,06	-0,24	-0,18	-0,24
Redução na produção de Larvas migradores (% bacia)			-1,59	-1,59	0	-1,59
Redução na produção de ovos tot + larvas migradoras (% bacia)			-0,3	-0,4	0,02	-0,4

*X indica se a barragem ou bloco de barragens está presente no cenário analisado.

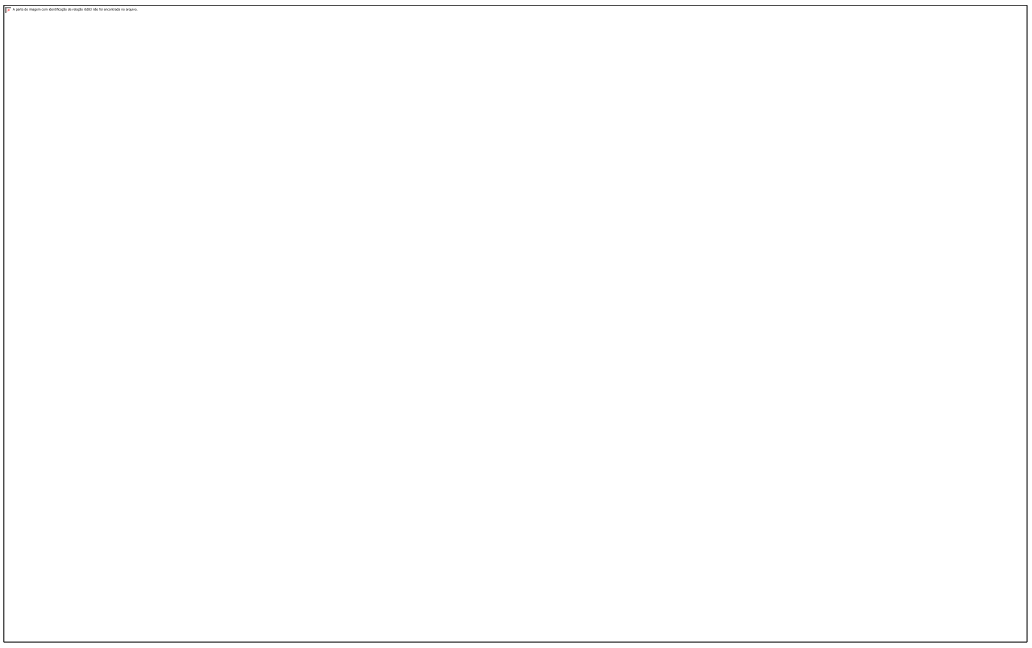


Figura 9- Resultados da linha de Pareto superior (pontos azuis) e da linha de Pareto inferior (pontos vermelhos) da análise de 2048 cenários de construção de barragens na bacia do rio Piquiri, com a indicação do cenário atual (A); do cenário com inclusão de todas as 11 barragens propostas (T); e de outros cenários relevantes da linha de Pareto superior e inferior, conforme o texto.

O cenário adotado (T), inclusão de todas as barragens propostas, apresenta a melhor relação entre incremento de energia (67 MW) e perda de conectividade (DCIPD= -0,16), com redução na produção de ovos e larvas de apenas % (inserir dados), considerando que a produção do ponto Tauá não será impactada pelo empreendimento previsto, uma vez que a área de desova estimada pelo retrocálculo se encontra a jusante do empreendimento previsto.

Pesca Profissional Artesanal

Na bacia dos rios Correntes-Piquiri, não foram registradas pescarias nos rios Correntes, Comprido e Piranema, enquanto no rio Piquiri, foram realizadas 48 pescarias, praticadas por pescadores associados às colônias de Coxim/MS, Rondonópolis/MT e Poconé/MT, cujas sedes se encontram fora da bacia. Destas, 38 foram realizadas no rio Piquiri no MS, resultando em 23 toneladas de pescados, dos quais 22,5 (98%) toneladas de peixes migradores pescados, enquanto as outras 10 pescarias, realizadas no MT, resultaram em cerca de 7 toneladas de pescado, sendo aproximadamente 5 toneladas (71%) de migradores (Figura 10).

A renda anual da região em análise, representada por 14 pescadores da colônia de Coxim, 3 de Poconé e 6 de Rondonópolis, foi estimada em R$ 209.096,09, sendo 65,4% para a colônia de Coxim, gerando uma renda média mensal de R$ 1.137,09 para os oito meses do período de pesca.

Pesca Difusa

Na região de Correntes/Piquiri, 55% dos habitantes gostam de pescar, o que perfaz uma população de 16.023 habitantes. Destes, 49% pescam ao menos 1 vez ao mês e 4% dos pescadores amadores pescam todos os dias ou quase todos os dias. Para estes últimos, o peixe torna-se elemento importante para a segurança alimentar (fonte proteica). A quantidade declarada média de quilos de peixes obtida em cada evento de pesca foi de 5,63 quilos para os pescadores da região.

A preferência sobre o local de pesca é em rios próximos (74%), o que ressalta a grande utilização do rio Correntes, pela proximidade ao município de Sonora, maior da região (Figura 11).

Avaliação de alterações no regime hidrológico

Avaliação de alterações do regime sazonal

A Figura 12 mostra a região de análise, correspondendo aos rios Correntes e Piquiri. Em toda essa região os valores de AH são relativamente baixos. Os maiores valores ocorrem na bacia do rio Correntes, no trecho entre a UHE Ponte de Pedra e a PCH Aquarius, onde o valor de AH está na faixa de 1 a 4%. No rio Piquiri, há um outro trecho pequeno em que o valor de AH fica ainda menor, na faixa de até 1,0%, após a confluência com o Ribeirão Tauá.

Avaliação de alterações do regime sub-diário

A Figura 13 mostra os trechos da rede de drenagem em vermelho que representam os corpos de água com impacto considerado muito alto, ou seja, aqueles cuja alteração hidrológica foi superior a 80% nos rios Correntes, Comprido, Córrego Benjamim e cabeceira do Tauá. No cenário de instalação de todos os empreendimentos previstos, totalizando aproximadamente 198 km de rios nessa situação.

Percebe-se que, sempre que no trecho simulado existe um barramento, o fator de impacto é de 100%. Porém, à medida que os picos se propagam a jusante, rapidamente os efeitos são atenuados na rede de drenagem, principalmente quando o rio no qual ocorre a perturbação encontra outro rio de grande vazão.

A jusante da confluência dos rios Correntes e Piquiri, entretanto, a alteração do regime em função de operações das usinas em escala sub-diária não é mais perceptível, sugerindo que estas alterações não chegam até a região do Pantanal.

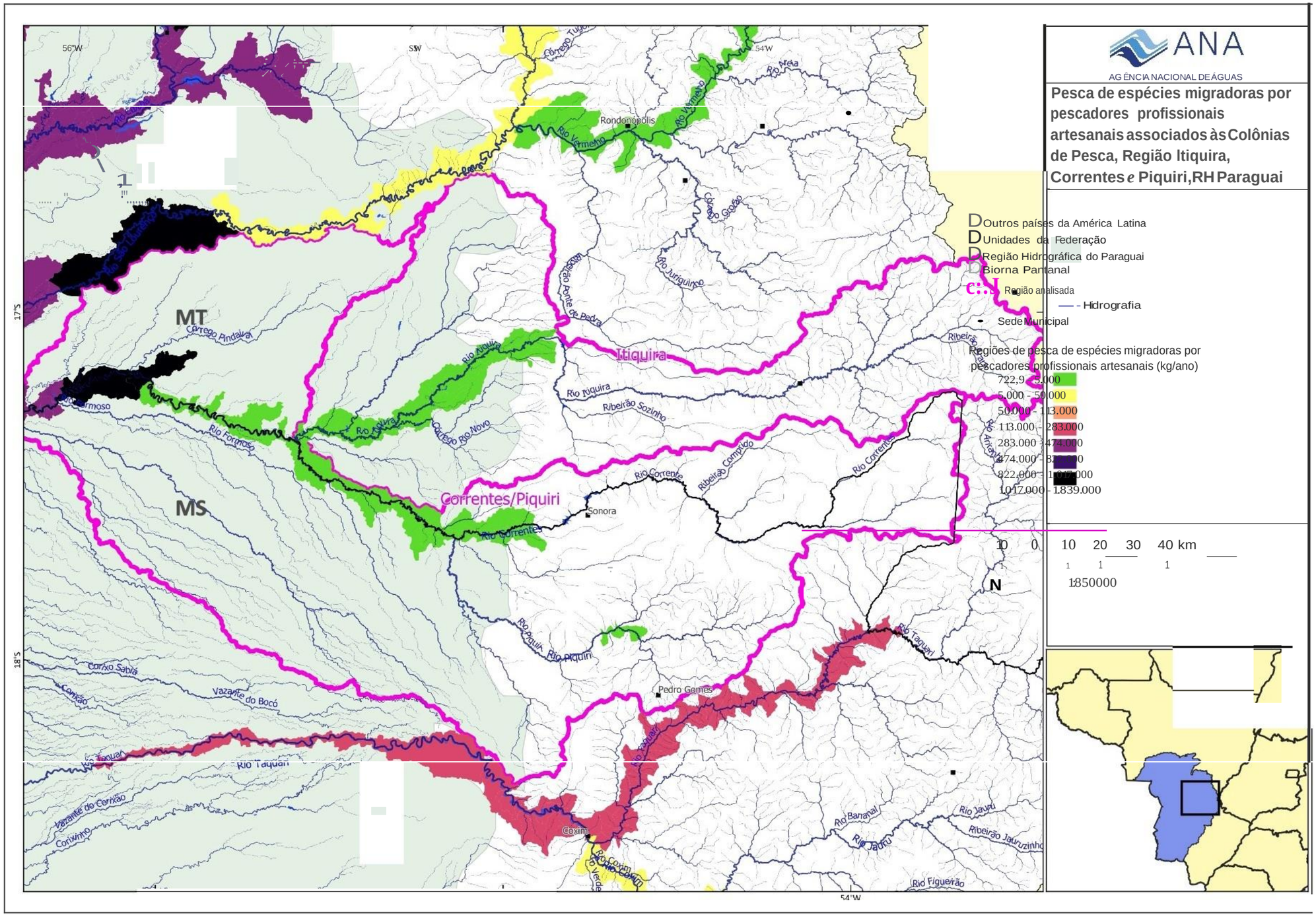


Figura 10 - Pesca de peixes migradores por pescadores profissionais artesanais associadas às colônias de pesca da bacia do Correntes/Piquiri.

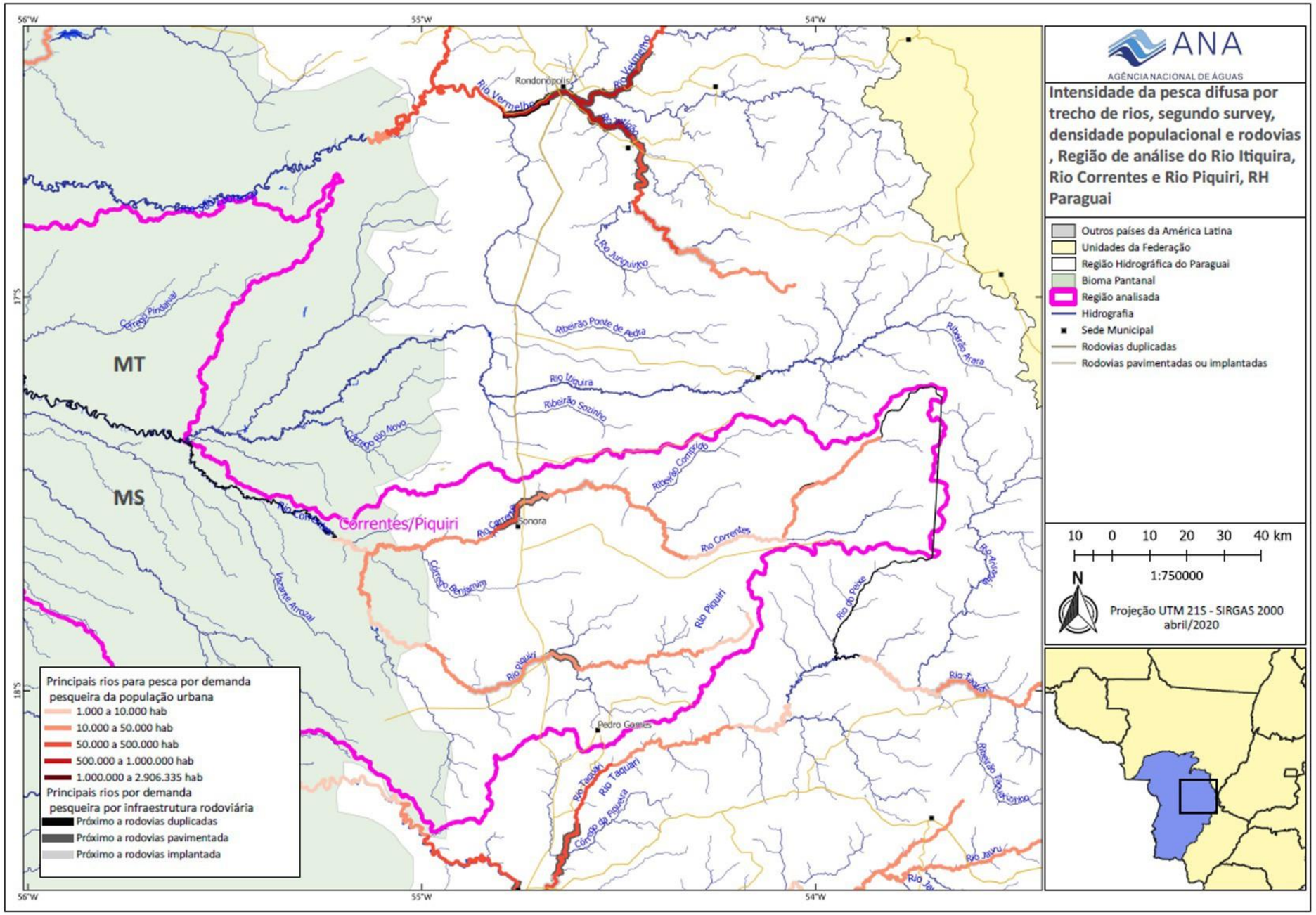


Figura 11 – Principais rios para a pesca difusa por demanda pesqueira da população urbana na região da bacia do Correntes/Piquiri.

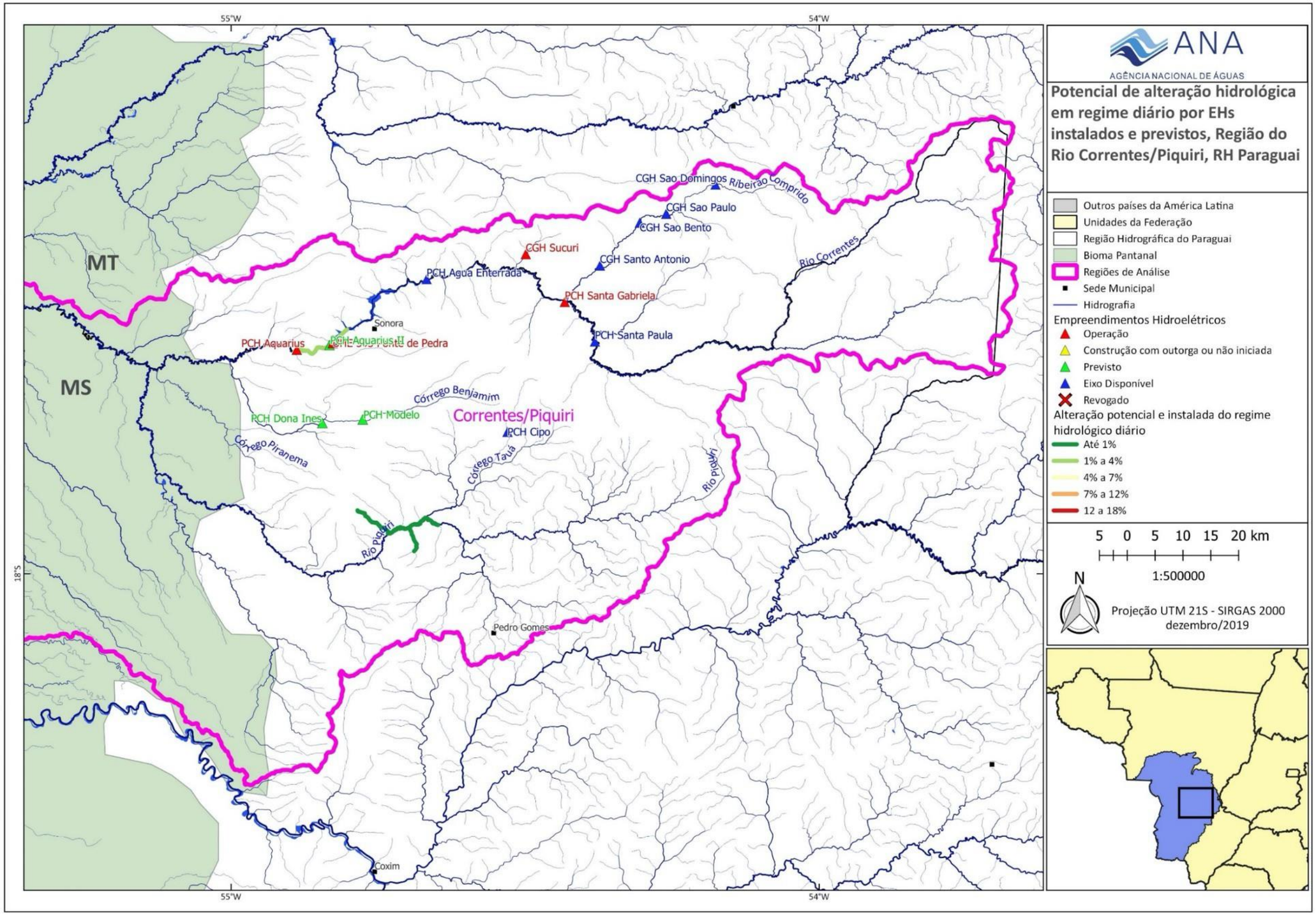


Figura 12 – Mapa de Alteração Hidrológica em regime diário de trechos de rio selecionados na bacia Correntes/Piquiri.

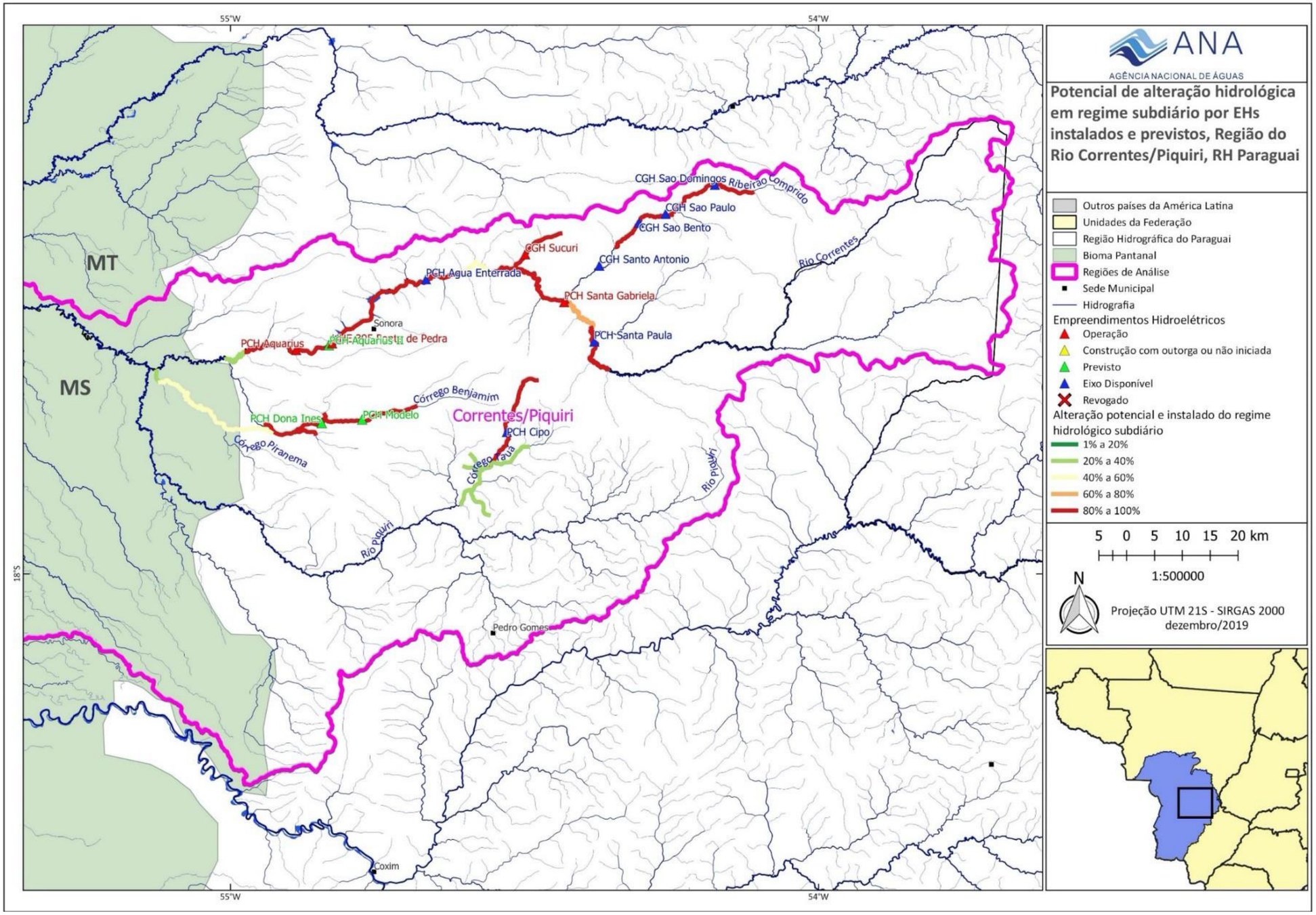


Figura 13 – Mapa de Alteração Hidrológica em regime sub-diário de trechos de rio selecionados na bacia Correntes/Piquiri.

Estudos qualidade da água e hidrossedimentologia

No Diagnóstico de qualidade da água e hidrossedimentologia (Produto 12) foram utilizadas diversas abordagens metodológicas para a avaliação de potenciais impactos decorrentes da instalação de empreendimentos hidrelétricos (EHs) previstos para a Região Hidrográfica do Paraguai (RHP), incluindo estimativas de cargas a partir de dados primários e secundários, monitoramento de alta frequência e análise do assoreamento dos reservatórios dos EHs em operação, além do uso de modelos para estimar a produção e o transporte de sedimentos e outros constituintes nos rios da RHP.

Aqui estão resumidos os resultados da aplicação de um modelo de Redes Neurais Artificiais (RNA) para a previsão de alterações, em termos de cargas anuais e percentuais, nos fluxos de sedimentos e nutrientes, decorrentes da instalação de EHs na região, visto que este é o objetivo do projeto dentro deste tema. Com base no modelo RNA e em todo o conjunto de resultados apresentado Produto 12, foram definidos níveis de impactos potenciais no transporte constituintes da água importantes para a manutenção do equilíbrio dos ecossistemas aquáticos com referência as variações naturais observadas neste estudo e em referências técnico-científicas (Tabela 3). Os resultados das alterações esperadas são apresentados na Tabela 4 e os impactos potenciais nas áreas com EH previstos são espacializados na Figura 14.

Tabela 3. Níveis de impacto no transporte de constituintes da água.

Critério	Sedimentos, solutos dissolvidos, fósforo, carbono	Nitrogênio
Baixo	0 -10%	0 -15%
Médio	10 – 20%	15 – 25%
Alto	> 20%	> 25%

Atualmente, há quatro empreendimentos operando na bacia do rio Correntes: PCH Aquarius, UHE Ponte de Pedra e PCH Santa Gabriela, no curso principal, e CGH Sucuri, no rio homônimo. Estudos de FANTIN-CRUZ e colaboradores (2016) mostraram que o reservatório de Ponte de Pedra tem retido parte dos sedimentos transportados pelo, provocando redução da turbidez da água e reduzindo a disponibilidade de fósforo e nitrogênio a jusante.

A montante da UHE Ponte de Pedra, no rio Correntes, estão previstas mais duas PCHs, Santa Paula e Água Enterrada. A previsão para estas de novas PCHs é de grande retenção de sedimentos pelos seus barramentos, de 85% do fluxo atual (Tabela 4). Também haveria retenção de 16a 18% de nitrogênio total (NT) que hoje flui pra jusante do trecho. As alterações no transporte de fósforo total (PT)teriam intensidade média.

Contudo, apesar das alterações previstas, os impactos decorrentes da construção destes EHs no rio Correntes devem ser amortizados pelo reservatório da UHE Ponte de Pedra, sendo, portanto, considerados baixos (figura 14).

Tabela 4. Taxas de variação para os empreendimentos da previstos na sub-bacia do Correntes

AHE previsto	Rio	Qss (ton/ ano)	QN (kg/ano)	QP (Kg/ano)	Alteração Média Anual Qss (%)	Alteração Média Anual N (%)	Altera-ção Média Anual P (%)
Itiquira III	Itiquira	-52388	664513	9835	-36	44	15
Água Enterrada	Correntes	-28312	-148791	6259	-85	-18	11
Santa Paula	Correntes	-18921	-73801	-5338	-85	-16	-18

Possíveis implicações das alterações de qualidade de água para os usos múltiplos da água

Os rios da RHP têm papel fundamental nos processos hidrogeomorfológicos do Pantanal e na ecologia deste precioso bioma. Este papel está diretamente relacionado com o transporte, pelo leito e na coluna d'água, de sedimentos, nutrientes e outros constituintes. As possíveis alterações nos fluxos destes materiais foram descritas no subitem 3.4.2 do Resumo Executivo.

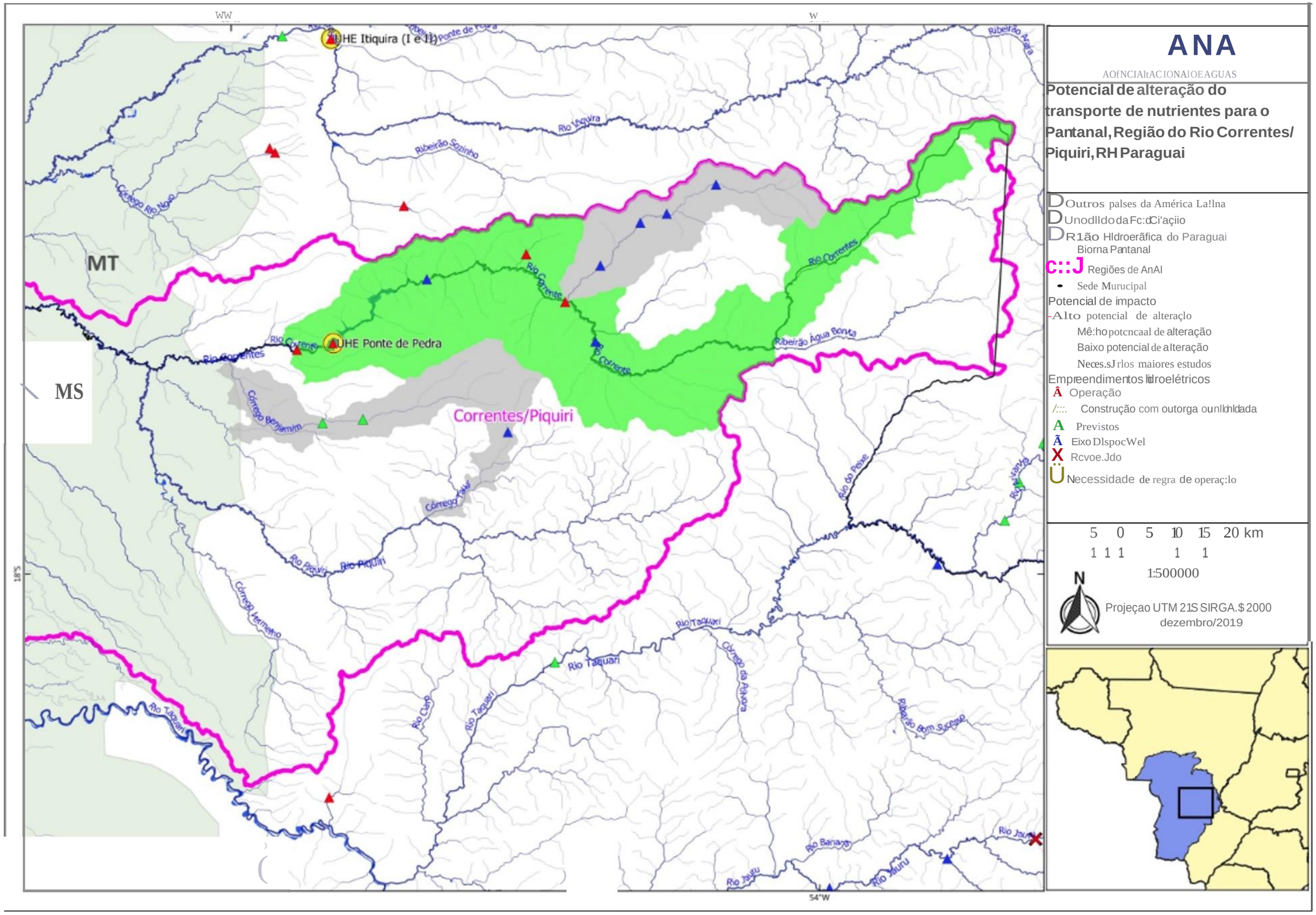


Figura 14. Potencial de alteração do transporte de substâncias entre o planalto e Pantanal devido a barramentos para geração de energia na bacia do Correntes/Piquiri.

oneamento proposto

Os resultados obtidos para a bacia do Correntes/Piquiri indicam, por um lado, áreas que não se demonstraram estratégicas como rota migratória dos migradores, ou seja, importantes para a manutenção dos estoques pesqueiros, nem para a realização da pesca profissional artesanal. Por outro lado, os resultados também indicam áreas que se demonstraram extremamente estratégicas como rota migratória dos migradores e para a realização da pesca profissional artesanal, resultando no zoneamento apresentado na Figura 15.

As áreas a montante da PCH Aquarius, no rio Correntes, e do Córrego Piranema/Benjamim são as de menor importância para o recurso pesqueiro, por não ter sido detectada a desova de espécies migratórias nos períodos de análise ou pelo baixo impacto no índice de conectividade. Além disso, não se constatou a atividade pesqueira profissional significativa nessas áreas. Assim sendo, a instalação de novos empreendimentos nessas sub-bacias não provocará impactos negativos adicionais sobre o recurso pesqueiro na bacia do rio Correntes/Piquiri, nem na RH Paraguai.

Com base nesses resultados, foi elaborada em dezembro de 2019 a Nota Técnica Conjunta Nº 4/2019/SPR/SRE que recomendou a liberação do sobrestamento dos processos de novos empreendimentos nessas áreas não estratégicas para a manutenção do estoque pesqueiro (exceto Córrego Piranema/Benjamin), o que culminou com a emissão da Resolução ANA 02/2020, que liberou do sobrestamento a área a montante da PCH Aquarius, no rio Correntes, de domínio da União.

As áreas identificadas como extremamente importantes para a manutenção dos recursos pesqueiros são as sub-bacias dos rios Piquiri e Tauá. Nessas sub-bacias, a reprodução das espécies migradoras foi muito representativa (elevado fluxo de ovos e larvas de migradores) em relação a outras sub-bacias do Correntes/Piquiri. Nelas também se verifica a realização de atividades significativas de atividades de pesca, o que configura conflito de uso local.

A instalação de qualquer tipo de barramento nas bacias mencionadas interromperá a conectividade entre as áreas de jusante e a montante desses EHs, e consequentemente impedirá a chegada dos peixes migradores até as áreas de desova no tempo exato de maturação. Ao impedir a reprodução, poderá provocar impactos negativos sobre a manutenção dos estoques pesqueiros não somente na bacia do Correntes/Piquiri, como também na RH Paraguai como um todo, configurando, portanto, um conflito de uso de caráter regional. No entanto, a eventual implantação da PCH Cipó, prevista no rio Tauá, dada a sua proximidade a uma barreira natural existente (cachoeira), não traria impactos adicionais na conectividade com a planície.

Em síntese, as **áreas não estratégicas** para a manutenção dos estoques pesqueiros e pouco relevante para a conexão entre a planície e o planalto são:

- rio Correntes, a montante da PCH Aquarius;
- rio Comprido;
- córrego Piranema/Benjamim;
- Alto Tauá, a montante da PCH Cipó.

As áreas **extremamente estratégicas** como rota migratória dos migradores, ou seja, que permitem a conexão entre a planície e áreas do planalto e que suportam uma atividade pesqueira importante em suas diversas modalidades são as bacias dos rios:

- Baixo Tauá, a jusante da PCH prevista Cipó;
- Rio Piquiri.

Com os resultados obtidos, não foi possível classificar parte das bacias do rio Correntes, a jusante da PCH Aquarius e a montante da confluência com o Piquiri, para a qual serão **necessários mais estudos.**

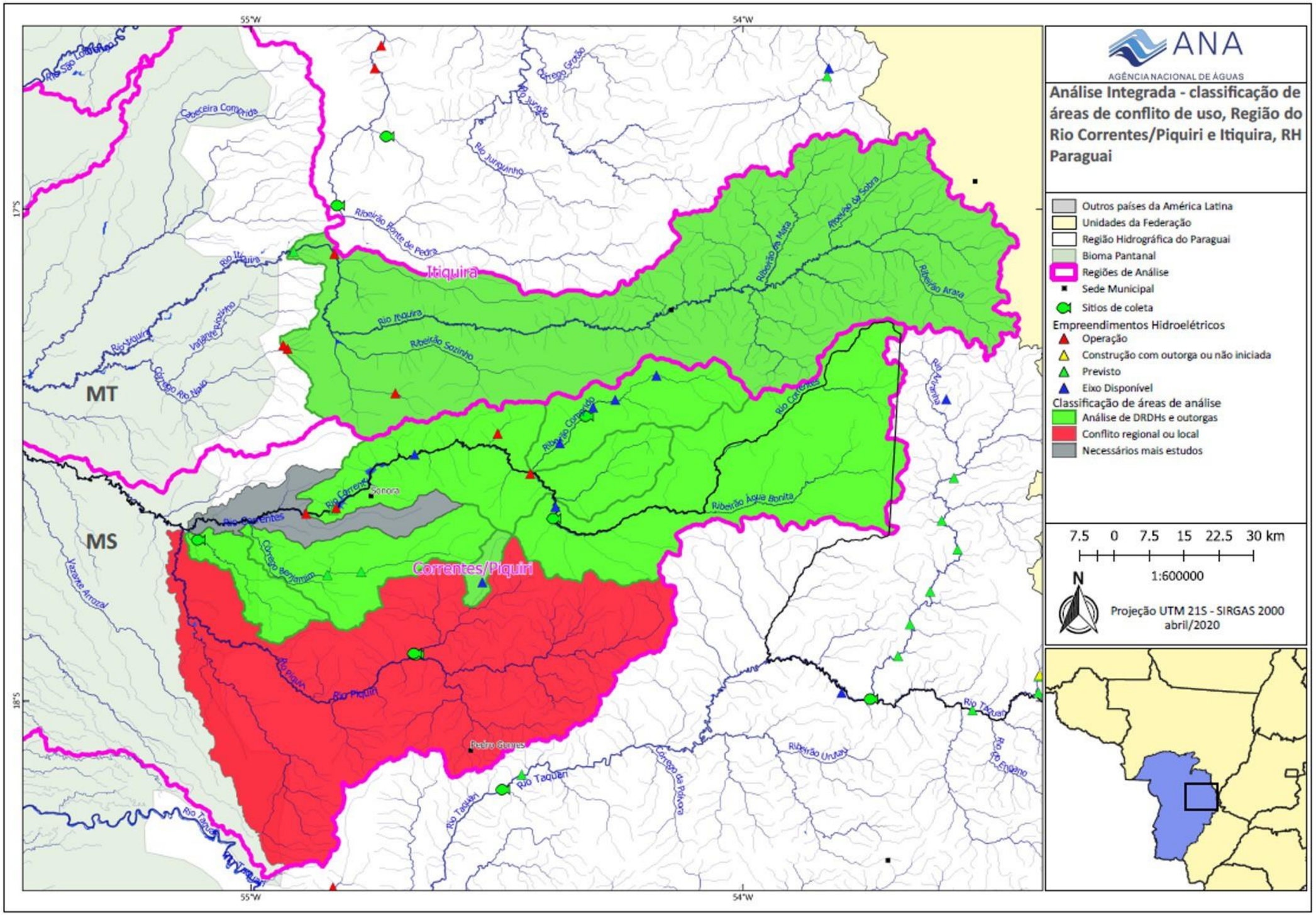


Figura 15 – Zoneamento proposto das áreas de menor e de maior importância para os recursos pesqueiros na bacia do Correntes-Piquiri.

Estudos de Avaliação dos Efeitos da Implantação de Empreendimentos Hidrelétricos da Região Hidrográfica do Paraguai

RESUMO EXECUTIVO
ANEXO 5

Síntese dos Resultados para a Sub-bacia do Rio Taquari

Brasília (DF), 2020

ANEXO 5 - Síntese dos Resultados para a Sub-bacia do Rio Taquari

(parte da UPG/MT P6 e UPG/MS II.2)

Localização dos empreendimentos hidrelétricos

Na bacia do rio Taquari constam 32 empreendimentos hidrelétricos (Figura 1), distribuídos da seguinte forma:

- 2 em operação;
- 1 com construção não iniciada
- 21 previstos;
- 7 eixos disponíveis.
- 1 revogado

Ictiofauna/Ictioplâncton

Nas amostragens de ictioplâncton realizadas nos rios Ariranha, Taquari, Coxim, Verde, Jauru, Figueirão e Camapuã, foram coletadas e triadas 1756 amostras, com as seguintes médias de larvas de espécies migradoras e ovos por período reprodutivo:

- Coxim 1 (COX1): 3,2 bilhões de ovos e 952,8 milhões de larvas;
- Coxim 2 (COX2): 1,7 bilhão de ovos e 1,2 bilhão de larvas;
- Taquari (TAQ): 853 milhões de ovos e 26,3 milhões de larvas;
- Figueirão (FIG): 428 milhões de ovos e 2,6 milhões de larvas;
- Coxim 3 (COX3): 357 milhões de ovos e 5,4 milhões de larvas;
- Jauru (JAU2): 204 milhões de ovos e 49,4 milhões de larvas;
- Taquari Médio (TAME): 164 milhões de ovos e 700 milhões de larvas;
- Jauru (JAU1): 153,5 milhões de ovos e 113,3 milhões de larvas;
- Ariranha (ARI): 147 milhões de ovos e 4,4 milhões de larvas;
- Verde (VER): 92 milhões de ovos e 2,3 milhões de larvas;
- Camapuã (CAM): 143 milhões de ovos e 620 mil de larvas.

Os resultados são mostrados nas Figuras 2 (ovos) e 3 (larvas). Em todos os locais amostrados foram encontrados ovos e larvas em diferentes estádios de desenvolvimento, sendo esta uma evidência de que as áreas a montante dos pontos amostrais são locais de desova, os quais foram estimados por meio de retrocálculo utilizando a velocidade média da água medida nos locais (pontos) de coletas (Figuras 4 e 5).

Observa-se que os rios Taquari (pontos de coleta TAME e TAQ), Coxim (COX1, COX2, COX3), Jauru (JAU1 e JAU2), Figueirão (FIG), Ariranha (ARI) se destacam como áreas estratégicas para a desova das espécies migradoras (Classes 2 a 4), enquanto que as sub-bacias dos rios Verde e Camapuã se mostraram não estratégicas para a produção de ovos e larvas das espécies de migradores (Classe 1).

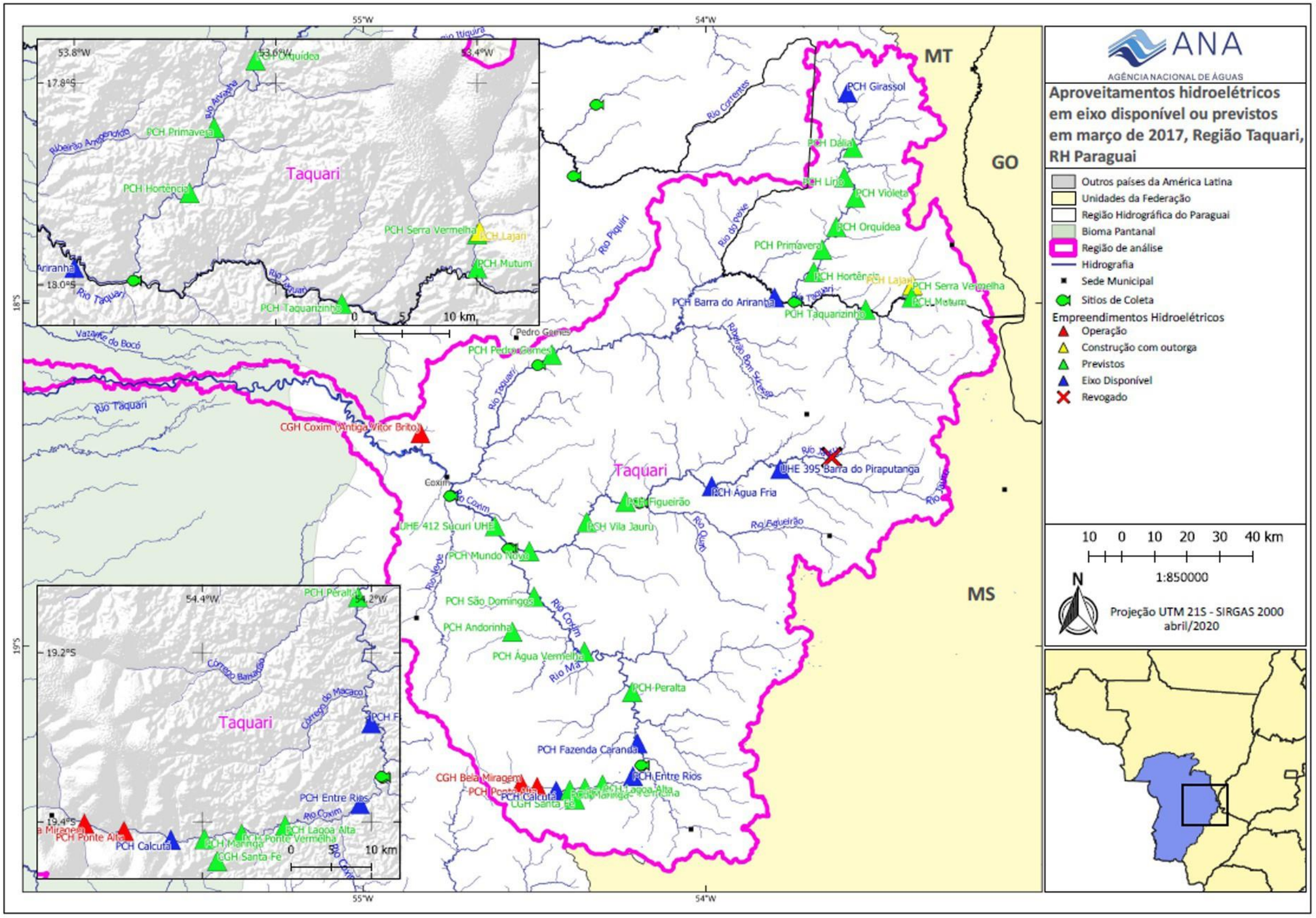


Figura 1 – Localização dos EHs previstos e com eixos disponíveis na região da bacia do rio Taquari.

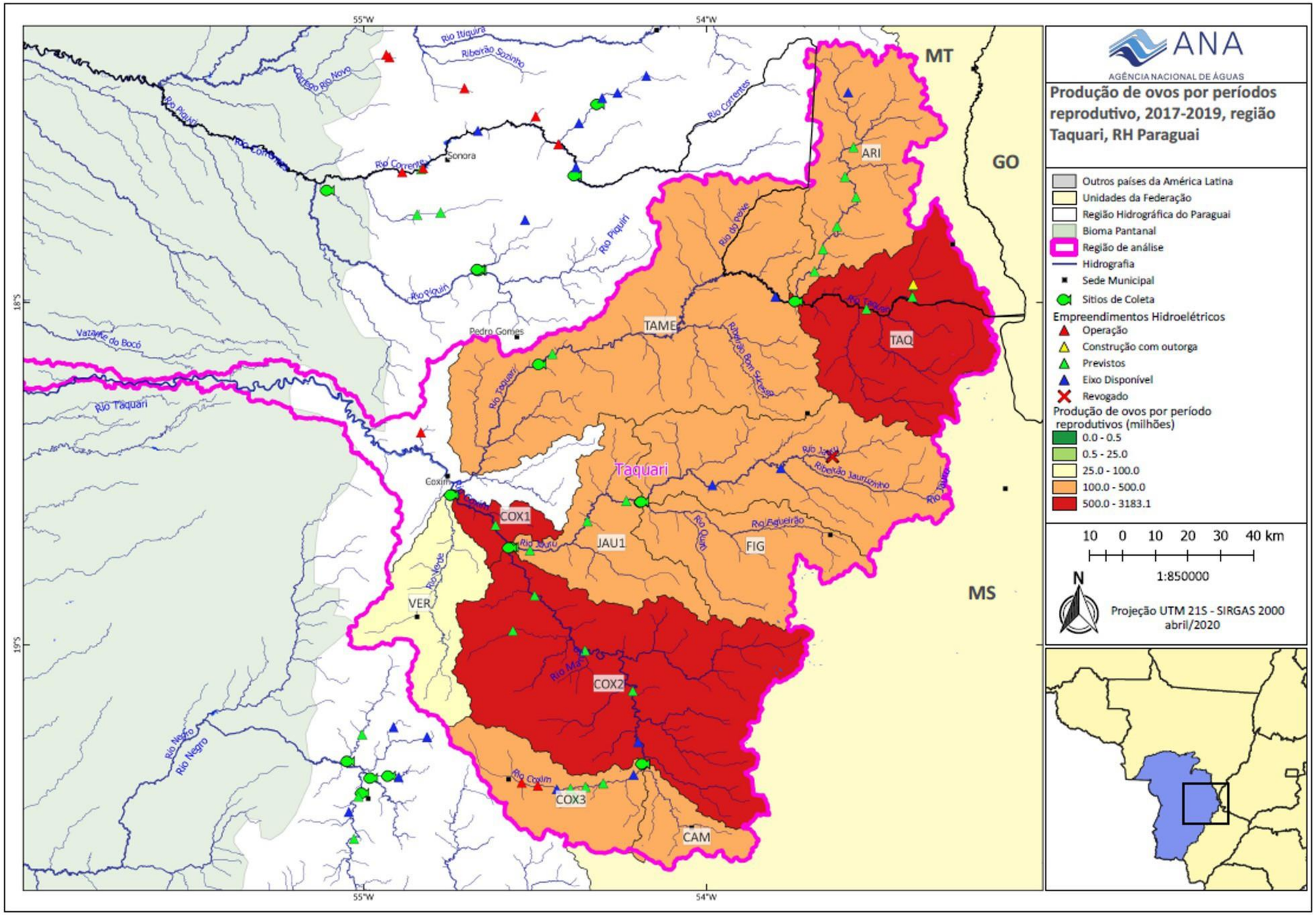


Figura 2 – Fluxo de ovos por período reprodutivo na bacia do rio Taquari.

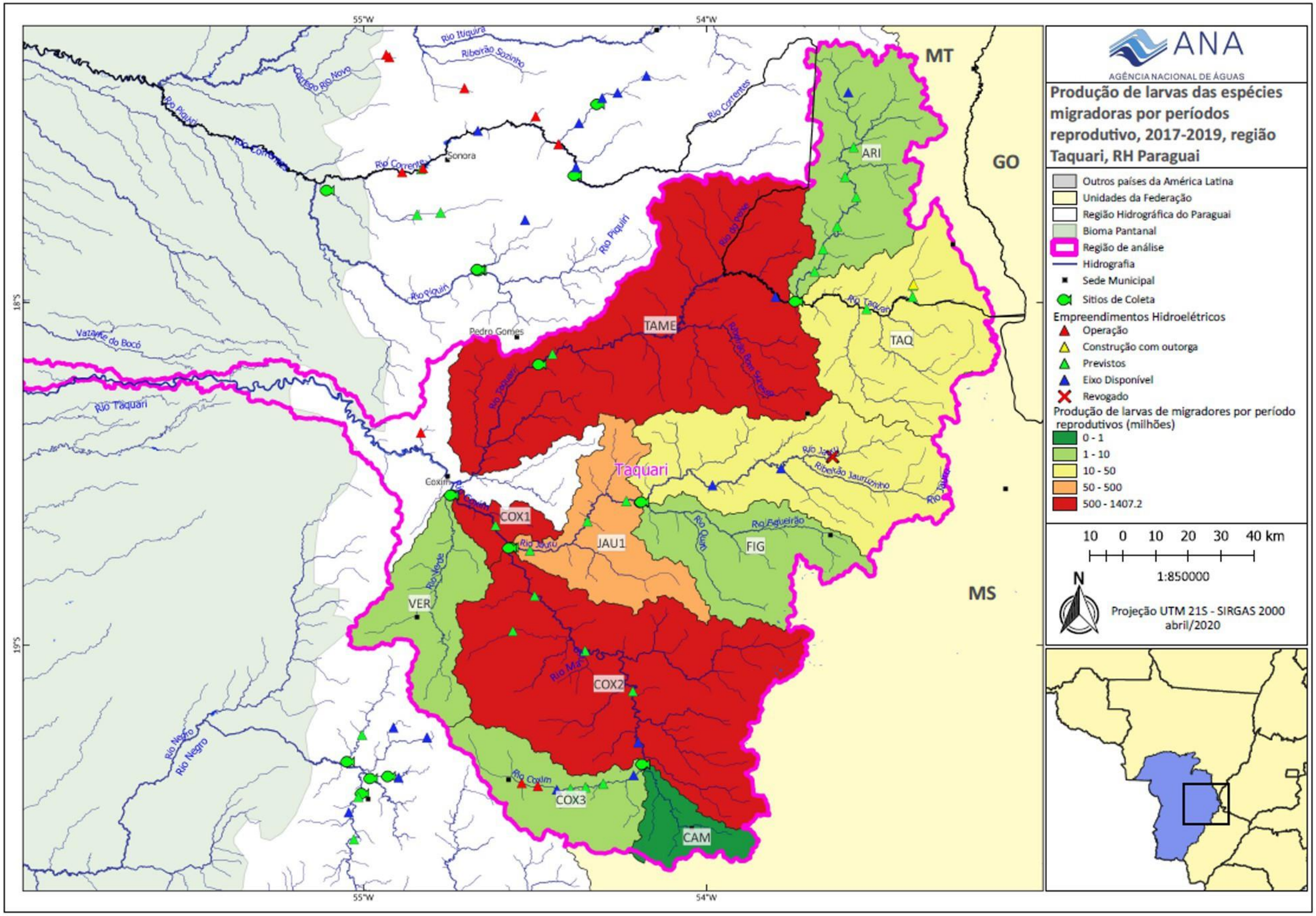


Figura 3 – Fluxo de larvas das espécies de peixes migradores por período reprodutivo, considerando as diferentes fases de desenvolvimento das larvas coletadas, na bacia do rio Taquari.

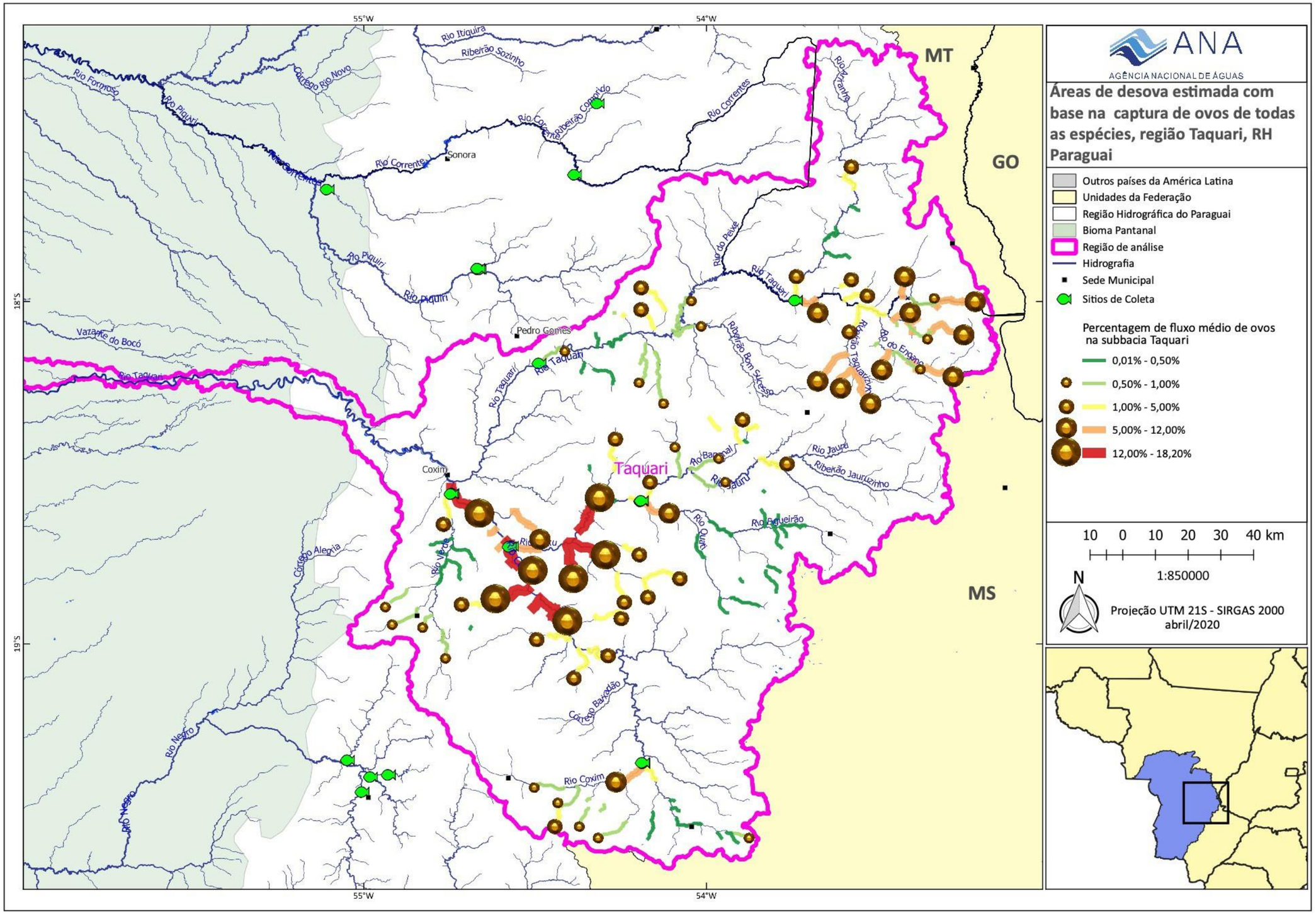


Figura 4 – Estimativa das áreas de desova com base na captura de ovos de todas as espécies para a bacia do rio Taquari.

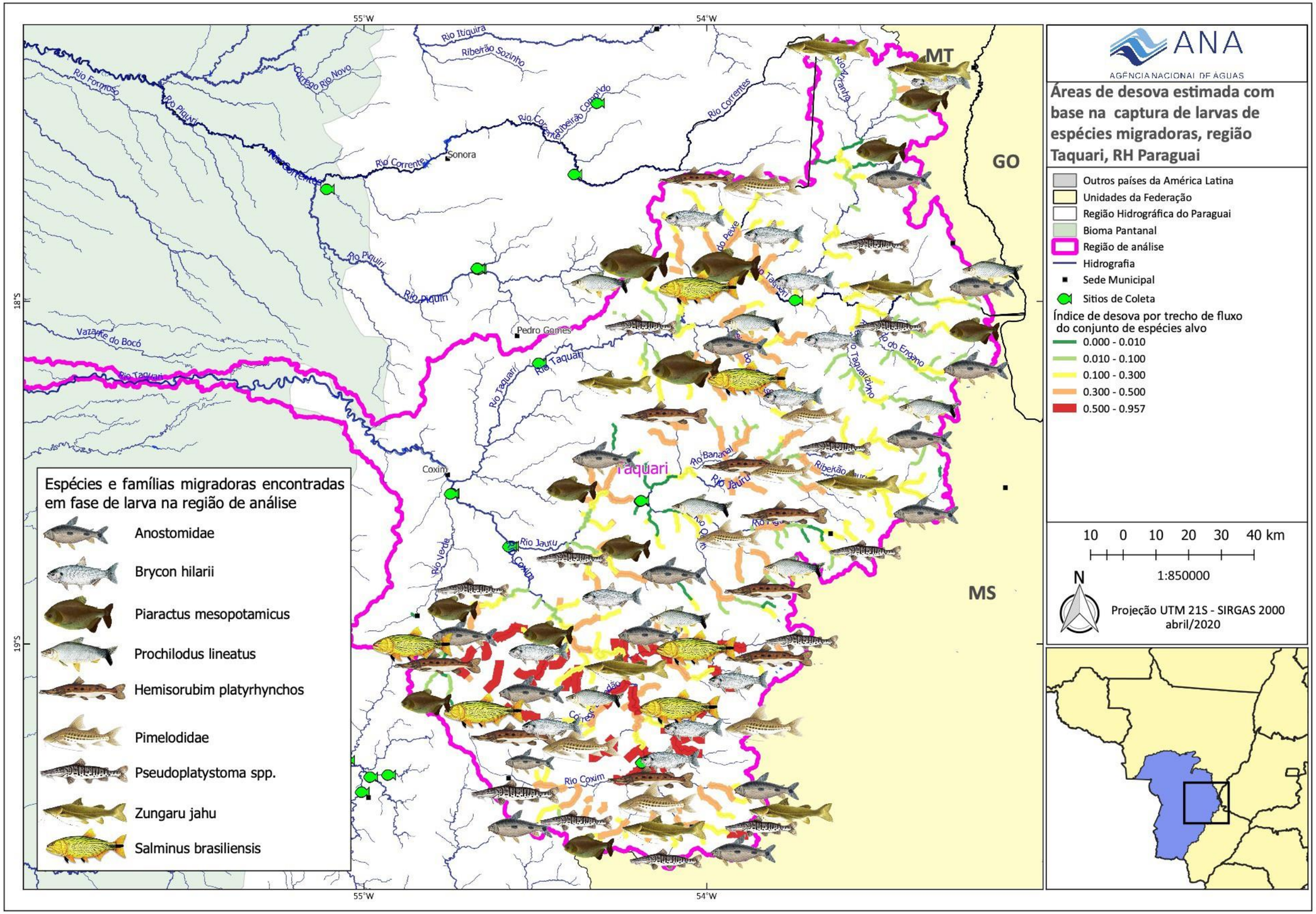


Figura 5 – Estimativa das áreas de desova com base na captura de larvas de espécies alvo, considerando as diferentes fases de desenvolvimento das larvas coletadas.

Análise de conectividade na bacia do rio Taquari

Existem alguns obstáculos naturais que também dificultam a migração de peixes para montante no período de piracema. Os obstáculos naturais foram identificados com base em dados de declividade dos rios estimados a partir do modelo digital de elevação do SRTM e de imagens de satélite de alta resolução. Estas informações foram complementadas ainda com fotografias do local e com informações obtidas no campo, quando possível.

Não há obstáculos naturais relevantes ao longo dos principais rios da bacia, entretanto, há obstáculos naturais que possivelmente impedem a migração de peixes nas cabeceiras dos rios Taquari, Verde e Coxim.

Na totalidade foram identificados 17 obstáculos naturais totais ou parciais ao deslocamento de peixes migratórios na bacia. A cada um dos obstáculos foi atribuída uma probabilidade de passagem de peixes migratórios. Esta probabilidade foi estimada com base em fotografias do obstáculo, imagens de satélite, estimativas de declividade e comparação com obstáculos semelhantes. A localização dos obstáculos está apresentada na
Figura6, em que a cor do ponto representa a probabilidade de passagem de peixes migradores através do obstáculo.

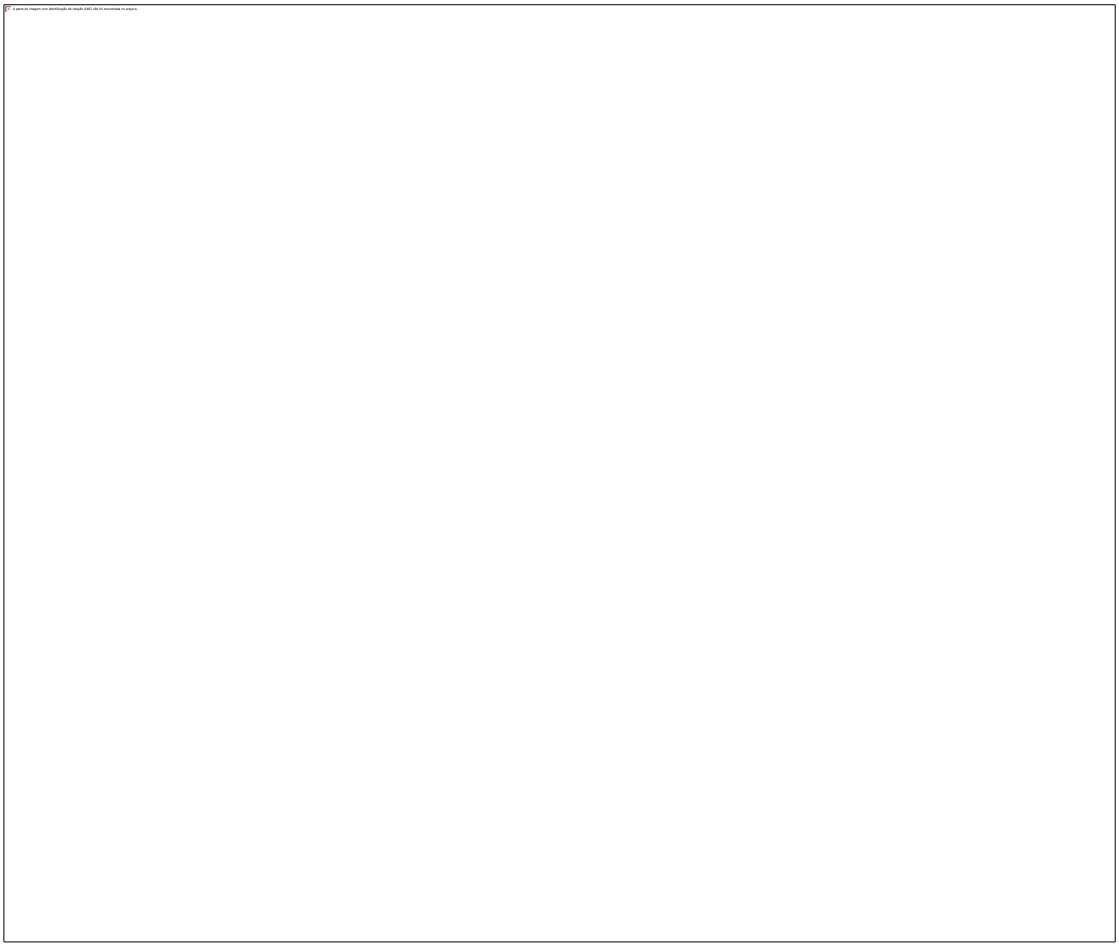


Figura 6- Localização e probabilidade de passagem de obstáculos naturais para migração de peixes na bacia do rio Taquari.

Cenários de construção de barragens

Existem 3 usinas hidrelétricas em operação e há outras 31 usinas identificadas no inventário na bacia do rio Taquari. No entanto, duas usinas identificadas no inventário foram revogadas, restando 29 usinas que ainda podem ser implementadas, de acordo com o inventário atual.

O impacto de cada uma delas sobre a conectividade fluvial na bacia depende da construção ou não de outras barragens. Assim, idealmente seria necessário calcular o índice de conectividade para todas as combinações possíveis da inclusão ou não de 29 novas barragens, além das já existentes. O número de cenários a ser analisado, portanto, é igual a 2 elevado a 29, o que corresponde a mais de 536 milhões de cenários. Analisar todos estes cenários representa um desafio computacional inviável, assim as barragens atualmente existentes foram unificadas em único bloco, e as demais foram agrupadas conforme a
Figura6, resultando em 25 blocos de barragens, sendo o bloco 1 o conjunto de barragens já existentes.

Figura 6- Agrupamento das barragens da bacia do Taquari em 25 blocos (estrelas representam barragens já existentes).

Considerando que as barragens do bloco 1 já estão em operação, e devem estar presentes em todos os cenários, e que as usinas de Barra do Piraputanga e Jauruzinho, embora constem do inventário, tiveram o andamento revogado, o número final de cenários analisados foi de 2 elevado a 24, que corresponde a, aproximadamente, 16,8 milhões.

Fator ponderador da rede de drenagem

Como fator ponderador da rede de drenagem foi atribuído um peso a cada trecho de rio, procurando refletir a importância do trecho para o processo de reprodução dos peixes na bacia.

Para isto foram utilizados os dados de fluxo de ovos e larvas nos pontos de amostragem apresentados no mapa da **Erro! Fonte de referência não encontrada.**7 e na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**.
Os valores de número de indivíduos por dia, apresentados na Tabela 1, foram divididos pelo comprimento da rede de drenagem na área de captação de ovos e larvas de cada ponto de amostragem, para obter a densidade de ovos e larvas por km de rio. A área de captação de ovos e larvas de cada ponto de amostragem foi definida considerando toda a rede de drenagem localizada a montante do ponto de amostragem, limitada pela posição de obstáculos naturais e artificiais à migração de peixes. A tabela apresenta os valores finais de fluxo diário de ovos e larvas por km de rio.

Tabela 1- Pontos de amostragem de ovos e larvas de peixes na bacia do rio Taquari, com os respectivos valores de fluxo médio diário de ovos e larvas, e densidade de fluxo por km de rio.

Local	Rio	Fluxo de ovos+larvas (milhões de indivíduos por dia)	Comprimento dos rios (km)	Fluxo (milhões de indivíduos por dia por km)
ARI	Ariranha	165.5	209	0,79
CAM	Camapuã	42.3	53	0,80
COX1	Coxim	4628.2	1229	3,77
COX2	Coxim	3365.7	645	5,22
COX3	Coxim	390.1	85	4,59
FIG	Figueirão	463.1	151	3,07
JAU1	Jauru	305.5	549	0,56
JAU2	Jauru	281.6	268	1,05
TAME	Taquari	1061.1	847	1,25
TAQ	Taquari	949.8	211	4,50
VER	Verde	104.4	125	0,84

O valor final do fluxo diário de ovos e larvas por km de rio, obtido para cada ponto de amostragem, foi definido como atributo da rede de drenagem, refletindo a sua qualidade como habitat para reprodução de peixes. O resultado é apresentado na
Figura 7.
Para obter o mapa da
Figura 35 foi necessário preencher regiões em que a metodologia descrita acima não permitiu estimar o fluxo de ovos e larvas, como a região a jusante dos pontos COX1 e TAME, e as regiões a montante das barragens dos aproveitamentos hidrelétricos atualmente em operação na bacia.

Para a região a jusante dos pontos COX1 e TAME foi adotado a média entre os valores destes dois pontos (2,51 ovos e larvas por dia por km de rio). Para as regiões a montante das usinas existentes e a montante dos grandes obstáculos naturais foi adotado o valor mais baixo encontrado entre todos os pontos de monitoramento (0,56 ovos e larvas por dia por km de rio).

▪

Figura 7- Mapa da rede de drenagem da bacia do rio Taquari (somente rios com área de drenagem superior a 100 km^2) com cores indicando o peso para o cálculo do DCIP (Índice de Conectividade Dendrítico Ponderado para peixes Diádromos) com pontos indicando os locais de amostragem de ovos e larvas.

Observa-se no mapa da Figura 7, que a bacia do rio Taquari tem áreas mais favoráveis a desova de peixes (identificadas em verde) e áreas menos favoráveis à desova (identificadas em vermelho). Entre as áreas mais favoráveis à desova está o rio Coxim, em praticamente toda a sua extensão, e a cabeceira do rio Taquari, a montante da sua confluência com o rio Ariranha.

O rio Jauru parece ser uma área menos favorável à desova, com exceção do seu afluente Figueirão, em que os valores de fluxo de ovos e larvas são intermediários. Os rios Verde, Camapuã e Ariranha também parecem ser áreas menos favoráveis à desova.

Resultados da análise de fragmentação da rede fluvial

Para cada um dos 16.777.216 (mais de 16,7 milhões) de cenários foi calculado o valor do DCIPD e da potência instalada total na bacia.

Os resultados podem ser analisados em um gráfico com os eixos DCIPD e Potência Instalada, como mostra a Figura 8. Neste gráfico cada ponto representa o resultado de um cenário. Entretanto, o número de pontos neste gráfico é grande demais para uma análise objetiva. Por este motivo, é conveniente selecionar os pontos que combinam os melhores resultados em termos de Potência Instalada e Conectividade Fluvial, na forma de uma linha de Pareto. A linha de Pareto, ou região de Pareto, está ilustrada pelos pontos

azuis na Figura 8, e é constituída de cenários que não são superados por nenhum outro cenário pelos dois critérios (DCIp e Potência) ao mesmo tempo. Para complementar a análise, foram escolhidos também os pontos de uma linha de Pareto inferior (em cor vermelha). Estes pontos correspondem aos cenários com as mais baixas combinações de valores de DCIp e Potência Instalada.

Os resultados dos cenários da linha de Pareto inferior e da linha de Pareto superior são apresentados em na Figura 8.

Figura 8- Resultados da linha de Pareto superior (pontos azuis) e da linha de Pareto inferior (pontos vermelhos) da análise de mais de 1 milhão de cenários de construção de barragens na bacia do Taquari.

Os resultados mostram que existe um trade-off entre as variáveis Potência instalada total na bacia (eixo vertical) e Conectividade da rede de drenagem (DCIPD). De forma geral, a inclusão de novas barragens na bacia permite aumentar a potência instalada, mas tende a fazer com que o índice de conectividade tenha seu valor reduzido. Da mesma forma, o valor original do índice de conectividade só pode ser mantido se não forem construídas novas barragens, ou se forem construídas apenas barragens a montante de barragens já existentes ou de grandes obstáculos naturais, que já representam impedimento para a migração de peixes.

Observa-se, na Figura9, que no cenário atual, a potência instalada na bacia equivale a 13,6 MW, e o valor de DCIPD é de 82,1%. Num cenário futuro em que fossem implementadas todas as usinas previstas, a potência instalada atingiria 400,1 MW e o valor de DCIPD cairia para 17,8%. Isto significa que a rede de drenagem adequada para a reprodução (desova) dos peixes migradores na bacia do rio Taquari seria amplamente desconectada do Pantanal, tornando se inacessível para estes peixes, caso fossem construídas todas as barragens identificadas no inventário hidrelétrico.

As barragens que mais contribuiriam para a perda de conectividade seriam as das usinas Sucuri (sobre o rio Coxim) e Pedro Gomes (sobre o rio Taquari). Num cenário em que apenas estas duas usinas fossem construídas, além das atualmente em operação, o valor de DCIp cairia para 17,8%, e a potência instalada aumentaria para 71,1 MW, correspondendo a um aumento de apenas 57,5 MW em relação ao valor atual. Este cenário é denominado cenário R, e está identificado na

Figura9 e na Tabela 2.

Por outro lado, existem usinas identificadas no inventário que não afetariam profundamente o valor do índice DCIp, mantendo a conectividade fluvial para peixes migradores, ao mesmo tempo que permitiriam aumentar a potência instalada, conforme ilustrado pelo ponto B na
Figura9. O ponto B corresponde ao cenário em que seriam construídas, as usinas e barragens do bloco 2, que são aquelas localizadas junto a obstáculos naturais importantes (Lajari; Serra Vermelha e Andorinha), a usina Mutum, localizada na cabeceira do rio Taquari, pouco a jusante da usina de Serra Vermelha, e as sete usinas do rio Ariranha (Hortência, Primavera, Orquídea, Violeta, Lírio, Dália e Girassol).
O cenário B permite aumentar a potência instalada para 170,7 MW, com pequena alteração do DCIp, que reduziria para 80,0%.

A
Figura9 e a

Tabela 2 apresentam os detalhes dos cenários que foram destacados entre os resultados obtidos. Considerando os resultados resumidos na Figura 9, é interessante identificar quais os empreendimentos que participam dos cenários com melhor e pior desempenho, em termos de ganho de potência e perda de conectividade fluvial. A Tabela 2 identifica com o símbolo X quais as usinas ou blocos de usinas que se considera implementadas em cada um dos cenários, além de apresentar os resultados em termos de potência instalada na bacia e índice de conectividade dendrítica ponderado (DCIPD).

A análise de cenários de instalação de novas usinas hidrelétricas na bacia do rio Taquari e seu impacto sobre a conectividade fluvial revela que os rios atualmente utilizados ativamente para a desova de peixes migradores poderão ser desconectados do restante da rede de drenagem, e do Pantanal em particular, caso todas as usinas identificadas no inventário hidrelétrico venham a ser construídas, o que pode afetar profundamente as populações de peixes na região. As usinas propostas na parte de jusante dos rios Coxim e Taquari são as que mais teriam consequências negativas neste sentido.

O cenário adotado (B) nesse trabalho apresenta a melhor relação entre incremento de energia (157 MW) e perda de conectividade (DCIPD= -2,1), com redução na produção de ovos e larvas de apenas % (inserir dados). No cenário seguinte, C, o índice de

conectividade dendrítico ponderado para peixes Diádromos (DCIPD) vai para -3,1, com incremento de 15 MW em relação ao cenário B, e com impacto significativo na manutenção do estoque pesqueiro (% região). Dessa forma, adotou o cenário B, com a exclusão da PCH Mutum (8,5 MW), uma vez que ela poderá acarretar riscos a reprodução no alto Taquari, uma das principais áreas de desova da região, possivelmente pelas alterações na qualidade de água e no regime hidrológico.

Tabela 2- Cenários relevantes identificados com base nos resultados do índice de conectividade e de potência instalada na bacia do rio Taquari (o X indica se a barragem ou bloco de barragens está presente no cenário analisado).

Bloco	Descrição	Cenário						
		A	B	C	D	E	R	T
1	Barragens já em operação	X	X	X	X	X	X	X
2	Usinas em locais com grandes obstáculos naturais (Lajari; Serra Vermelha e Andorinha)		X	X	X	X		X
3	Mutum		X	X	X	X		X
4	Taquarizinho							X
5	Barra do Ariranha							X
6	Pedro Gomes						X	X
7	Sucuri						X	X
8	São Domingos							X
9	Água Vermelha							X
10	Peralta							X
11	Fazenda Caranda							X
12	Entre Rios				X	X		X
13	Lagoa Alta				X	X		X
14	Ponte Vermelha			X	X	X		X
15	Maringá			X	X	X		X
16	Calcutá			X	X	X		X

17	Santa Fé			X	X	X		X
18	Mundo Novo					X		X
19	Vila Jauru					X		X
20	Água Fria					X		X
21	Hortência e Primavera		X	X	X	X		X
22	Orquídea,Violeta e Lírio		X	X	X	X		X
23	Dália		X	X	X	X		X
24	Girassol		X	X	X	X		X
25	Figueirão					X		X

Potência Instalada (MW)	13,6	170,7	186,2	200,2	251,6	71,1	400,1
$DCIP_D$ (%)	82,1	80,0	79,0	76,8	67,2	17,8	17,8
Incremento de Potência em relação ao cenário atual (MW)	-	157,1	172,6	186,6	238,0	57,5	386,5
Incremento de $DCIP_D$ em relação ao cenário atual (%)	-	-2,1	-3,1	-5,3	-14,9	-64,3	-64,3
Redução na produção de ovos tot (% bacia)		-5,14	-9,94	-9,94	-20,49	-79,5	-98,8
Redução na produção de larvas migradores (% bacia)		-0,24	-0,42	-0,42	-5,39	-94,3	-99,9
Redução na produção de ovos tot + larvas migradoras (% bacia)		-3,72	-7,22	-7,22	-16,22	-87,3	-99,1

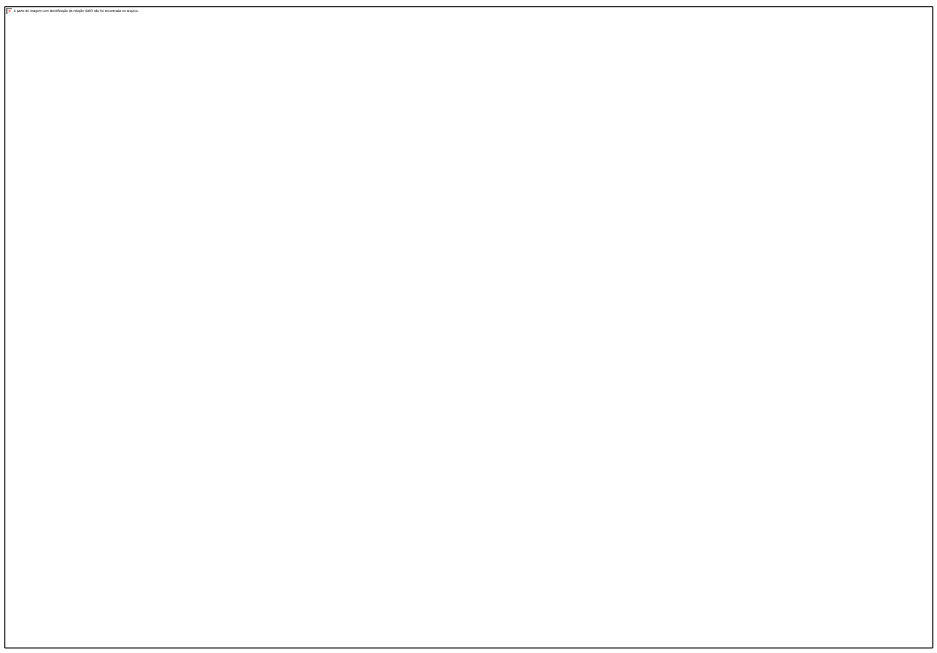


Figura 9- Resultados da linha de Pareto superior (pontos azuis) e da linha de Pareto inferior (pontos vermelhos) da análise de mais de 65 mil cenários de construção de barragens na bacia do rio Taquari, com a indicação do cenário atual (A); do cenário com inclusão de todas as 16 barragens propostas (T); e de outros cenários relevantes da linha de Pareto superior e inferior, conforme o texto.

Pesca Profissional Artesanal

Na bacia do rio Taquari foram realizadas 3.145 pescarias, praticadas por pescadores associados às colônias de Corumbá/MS, Coxim/MS, Ladário Rondonópolis/MT e Poconé/MT, sendo 2.373 realizadas no rio Taquari e 772 no rio Coxim, que resultaram em 539 toneladas de peixes pescados, dos quais cerca de 524 (98%) toneladas foram de peixes migradores, dos quais 411 toneladas (78%) foram pescados no rio Taquari (Figura 10).

Em relação às colônias de pesca, a que se destaca na região é a de Coxim (Z02), com renda anual de R$ 7,6 milhões (CV 10%), referentes a 301 pescadores ativos, o que gera uma renda anual por pescador de R$ 25,3 mil. O rio mais piscoso é o rio Taquari, com 426 toneladas de pescado por período de pesca (CV 14%), seguido do Coxim, com 113 toneladas (CV 29%).

Pesca Difusa

Na região do Taquari, 62% dos habitantes gostam de pescar, o que perfaz uma população de 42,5 mil habitantes. Destes, 7% dos pescadores amadores pescam todos os dias ou quase todos os dias, o que significa que o peixe se torna elemento importante para a segurança alimentar (fonte proteica). A quantidade declarada média de quilos de peixes obtida em cada evento de pesca foi de 6,58 quilos para os pescadores da região.
A preferência sobre o local de pesca é em rios próximos (66%), o que ressalta a grande utilização dos rios Coxim e Taquari, pela proximidade ao município de Coxim (Figura 11).

Turismo de pesca

O faturamento anual do turismo de pesca, apenas nos meios de hospedagem, é da ordem de R$ 12,6 milhões de reais por ano – reflexo de um fluxo de 55.656 turistas. Essa é a região da RH Paraguai com turismo de pesca mais popular, com preços mais acessíveis e meios de hospedagem pequenos e modestos. Movimenta, portanto, menor faturamento embora com elevado número de praticantes: é a segunda região com maior fluxo turístico, inferior apenas ao Alto Paraguai, e 10% superior aos populares destinos do Pantanal Central.

O município de Coxim, por exemplo, concentra 41% dos turistas do Mato Grosso do Sul, mas apenas 14% do faturamento, com gasto médio diário de R$ 241,00. Seus turistas chegam em geral de carro, provindo do interior de São Paulo e outros estados.

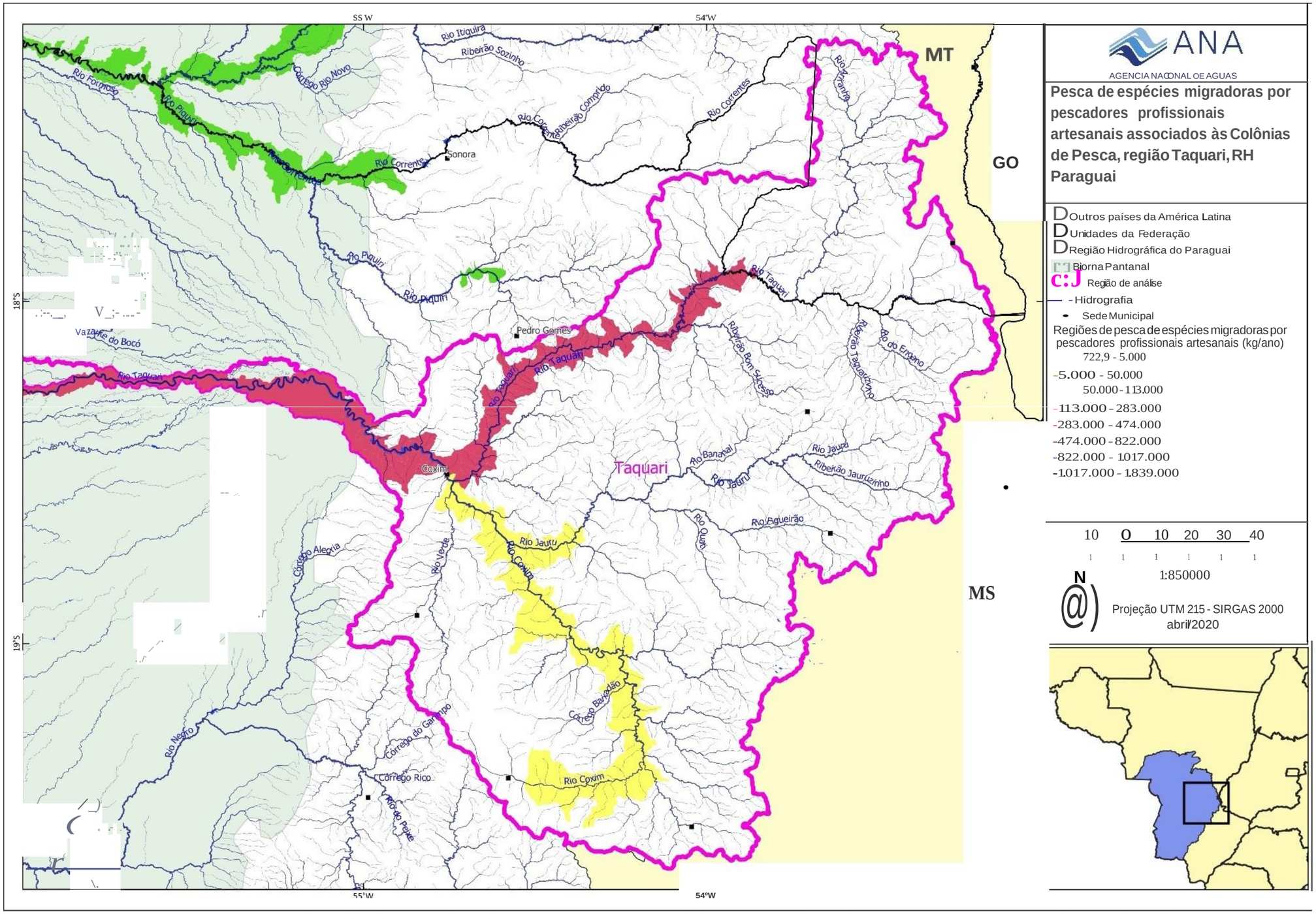


Figura 10 – Pesca de peixes migradores por pescadores profissionais artesanais associadas às colônias de pesca da região da bacia do Taquari.

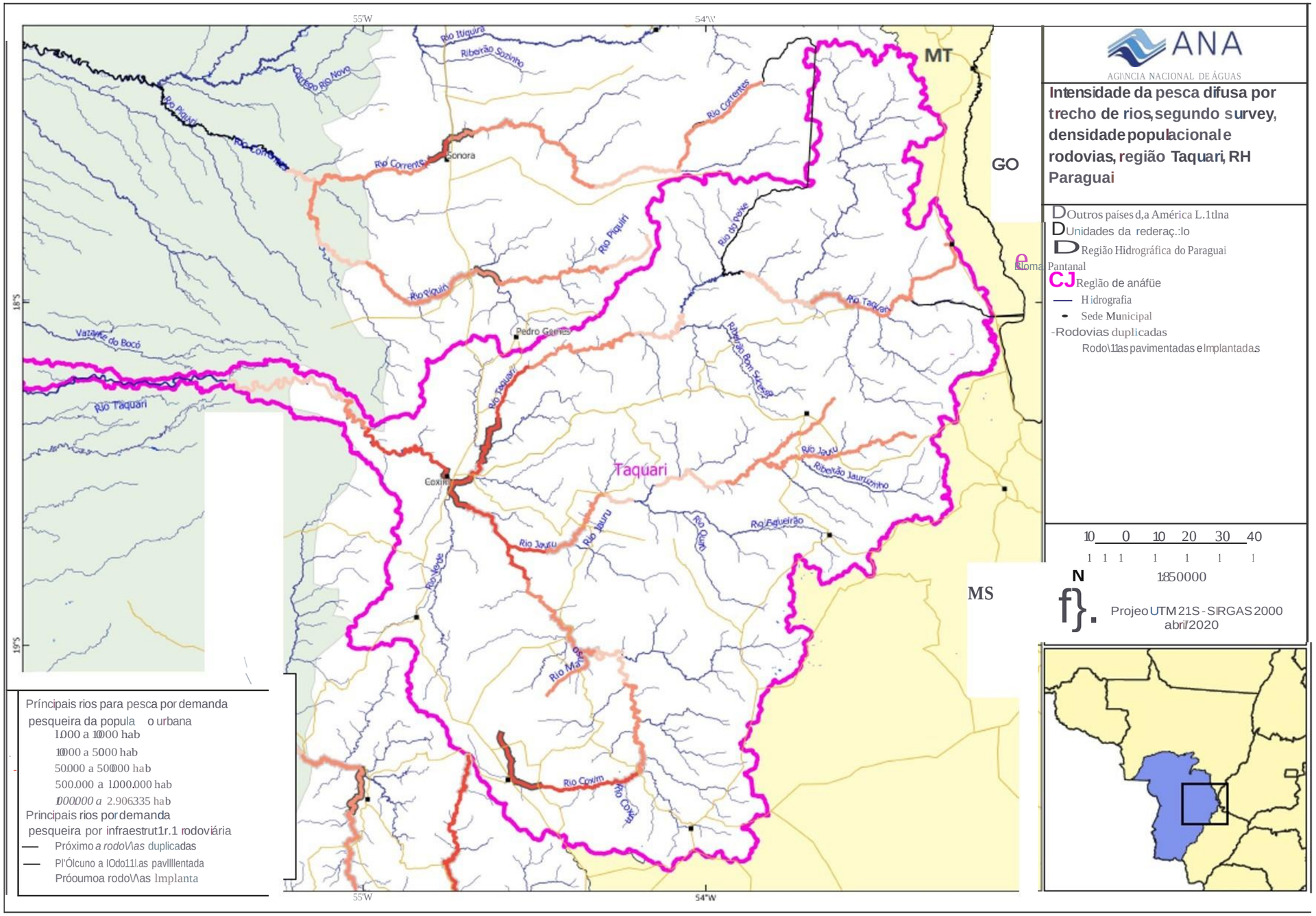


Figura 11 – Principais rios para a pesca difusa na região da bacia do rio Taquari.

Avaliação de alterações no regime hidrológico

Avaliação de alterações do regime sazonal

Observa-se nesta figura que há diversos trechos de rio com valor de AH superior a 5%, chegando até a faixa entre 15% e 20% em um dos trechos analisados. Este trecho com AH entre 15 e 20% fica localizado imediatamente a jusante da Barragem Barra do Piraputanga, no rio Jauru, que é um afluente do rio Coxim, dentro da bacia do Taquari. Além desse local, existem diversos trechos com valores de AH de 10 a 15%. Entretanto, na confluência dos rios Coxim e Taquari, pouco a montante do posto fluviométrico Coxim, o valor de AH já cai para a faixa entre 2,5 e 5%, mostrando que o efeito das barragens sobre o regime hidrológico vai se dissipando, à media que os rios principais (Coxim, Jauru e Taquari) recebem afluentes não afetados pela operação de barragens. Os efeitos das barragens a montante na bacia do rio Taquari e do Piquiri são praticamente inexistentes (Figura 12).

Avaliação de alterações do regime sub-diário

Na bacia do rio Taquari a existência de 34 barramentos provoca um alto fator de impacto em diversos segmentos da bacia, incluindo os rios Ariranha, Taquarizinho, Jauru, Coxim e o próprio Taquari. Ao todo são contabilizados cerca de 570 km alto grau de impacto (FSD>40%) no cenário em que os 180 novos barramentos são incluídos. Por outro lado, os efeitos se dissipam à medida que o rio Taquari entra na região do Pantanal, e deixam de ser perceptíveis a aproximadamente 100 km da cidade de Coxim (Figura 13).

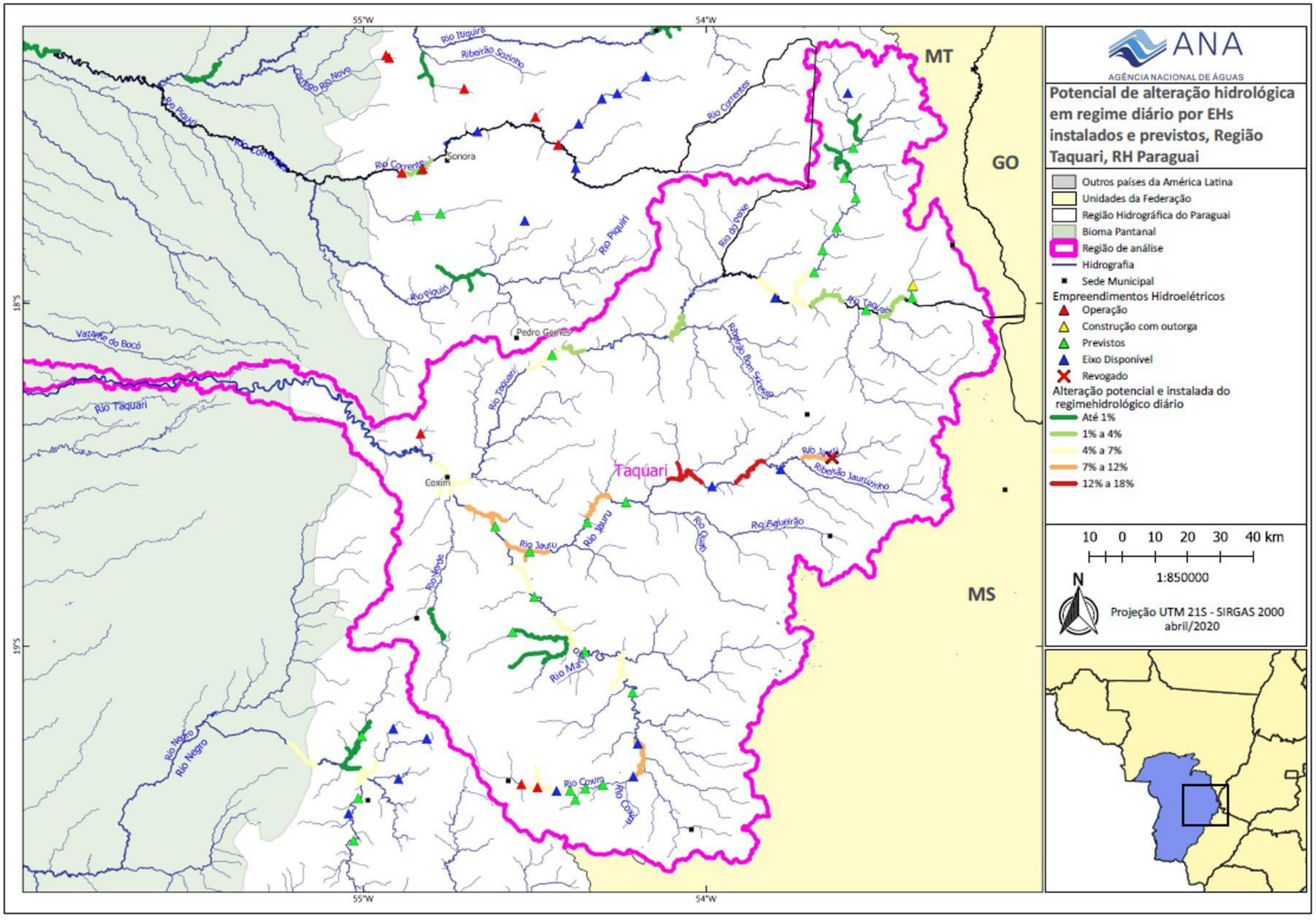


Figura 12 – Mapa de Alteração Hidrológica em regime diário de trechos de rio selecionados na bacia Taquari.

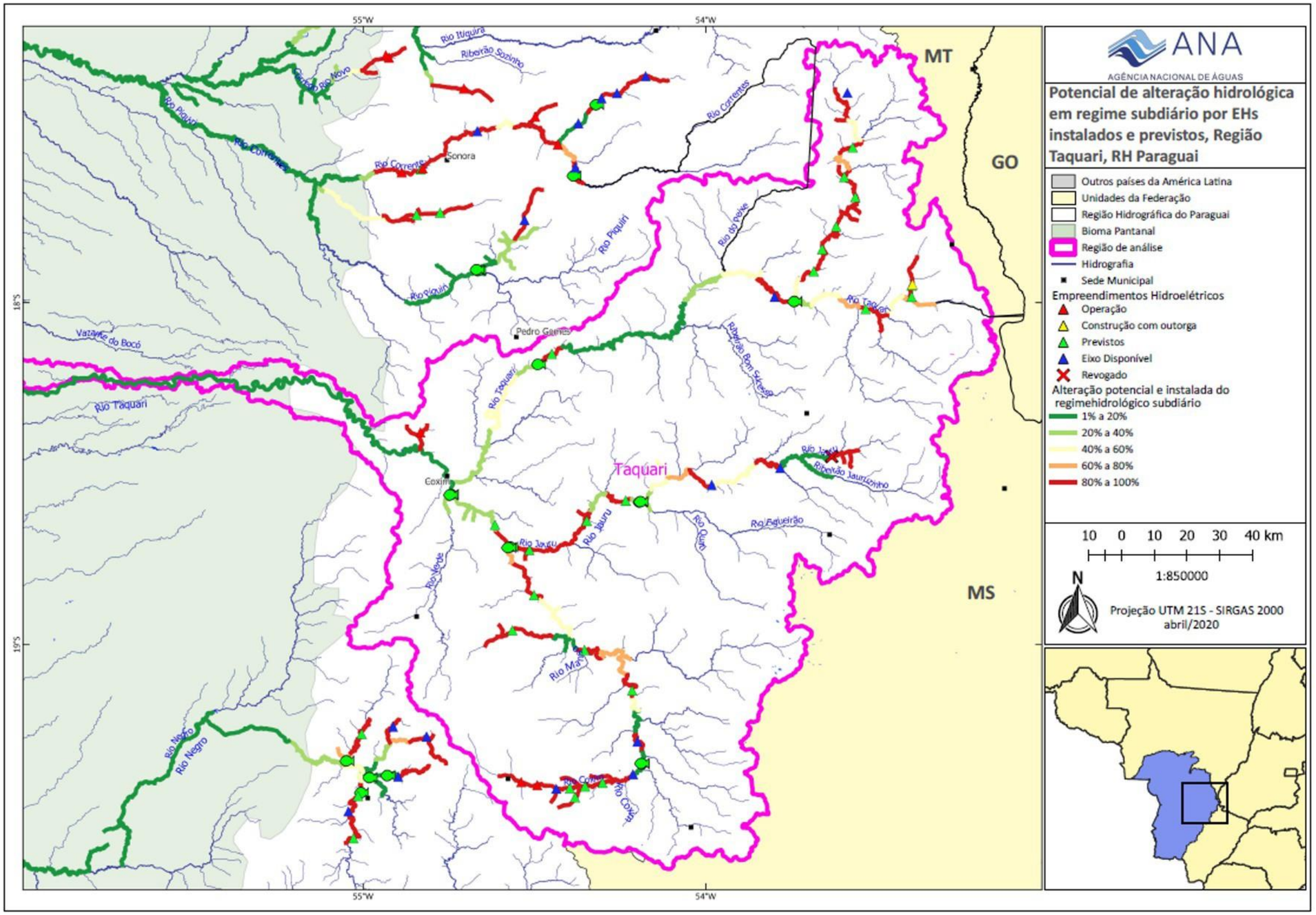


Figura 13 – Mapa de Alteração Hidrológica em regime subdiário de trechos de rio selecionados na bacia Taquari

Estudos de qualidade da água e hidrossedimentologia

No Diagnóstico de qualidade da água e hidrossedimentologia (Produto 12) foram utilizadas diversas abordagens metodológicas para a avaliação de potenciais impactos decorrentes da instalação de empreendimentos hidrelétricos (EHs) previstos para a Região Hidrográfica do Paraguai (RHP), incluindo estimativas de cargas a partir de dados primários e secundários, monitoramento de alta frequência e análise do assoreamento dos reservatórios dos EHs em operação, além do uso de modelos para estimar a produção e o transporte de sedimentos e outros constituintes nos rios da RHP.

Aqui estão resumidos os resultados da aplicação de um modelo de Redes Neurais Artificiais (RNA) para a previsão de alterações, em termos de cargas anuais e percentuais, nos fluxos de sedimentos e nutrientes, decorrentes da instalação de EHs na região, visto que este é o objetivo do projeto dentro deste tema. Com base no modelo RNA e em todo o conjunto de resultados apresentado Produto 12, foram definidos níveis de impactos potenciais no transporte constituintes da água importantes para a manutenção do equilíbrio dos ecossistemas aquáticos com referência as variações naturais observadas neste estudo e em referências técnico-científicas (Tabela 3). Os resultados das alterações esperadas são apresentados na Tabela 4 e os impactos potenciais nas áreas com EH previstos estão espacializados na Figura 14.

Tabela 3. Níveis de impacto no transporte de constituintes da água.

Critério	Sedimentos, solutos dissolvidos, fósforo, carbono	Nitrogênio
Baixo	0 -10%	0 -15%
Médio	10 – 20%	15 – 25%
Alto	> 20%	> 25%

A previsão feita pelo modelo RNA para rios da bacia rio Taquari -- Ariranha, Taquari, Jauru e Coxim -- indicou alterações de 51% da carga de sólidos em suspensão (QSS), 43% da carga de nitrogênio total (NT) e 60% da carga de fósforo total (PT) na entrega destes materiais para o Pantanal.

O rio Coxim tende a ser o rio da região mais afetado, visto que há a possibilidade de construção de 11 EHs ao longo de seu curso. Segundo as simulações deste estudo, PCHs do rio Coxim tendem a reter mais nitrogênio e menos fósforo. Diferenças na retenção ou liberação dos dois nutrientes podem afetar a razão N:P, e alterar a produtividade das águas a jusante. Águas mais transparentes também são esperadas com a retenção de sedimentos nos reservatórios.

A previsão de alterações previstas com a instalação de todos EHs no coxim é de cerca de 50% para sedimentos em suspensão, 40% para NT e 60 para PT%. As taxas de alteração individuais dos EHs previstos para estes EHs são apresentadas na tabela 4. O potencial de impacto de todas elas no transporte de sedimentos pode ser considerado alto. Por estes motivos, o potencial de impacto na bacia do Coxim foi considerado alto, com exceção da área de cabeceira, a montante dos empreendimentos atualmente em operação (Figura 14).

Tabela 4. Taxas de variação para os empreendimentos da previstos na sub-bacia do Taquari

AHE previsto	Rio	Qss (ton/ano)	QN (kg/ano)	QP (Kg/ano)	Alteração Média Anual Qss (%)	Altera-ção Média Anual N (%)	Altera-ção Média Anual P (%)
Girassol	Ariranha	-6708	-6457	-3476	-57	-13	-55
Dália	Ariranha	-21240	-61246	-12875	-50	-19	-55
Lírio	Ariranha	-30477	-91980	-19129	-49	-19	-55
Violeta	Ariranha	-31372	-90885	-19800	-48	-19	-55
Orquídea	Ariranha	-32099	-90109	-20539	-47	-19	-55
Primavera	Ariranha	-35523	-66553	-24255	-44	-19	-55
Hortência	Ariranha	-35886	-57537	-24915	-44	-17	-55
Taqua-rizinho	Taquarizinho	-43189	-44393	-21124	-51	-19	-55
Barra do Ariranha	Taquari (montante Coxim)	-65857	-524239	-84424	-31	-19	-55
Pedro Gomes	Taquari (montante Coxim)	-109431	-823859	22587	-28	-19	9
Figueirão	Jauru (MS)	-42029	181106	-55171	-29	21	-55
Vila Jauru	Jauru (MS)	-44133	173994	-49975	-28	20	-55
Mundo Novo	Jauru (MS)	-47245	113382	-35159	-27	12	-38
Ponte Alta	Coxim	-13045	-43620	-608	-47	-19	-5
Calcutá	Coxim	-9621	-44165	-102	-47	-19	-1
Maringá	Coxim	-12158	-55787	-104	-47	-19	-1
Ponte Vermelha	Coxim	-13501	-2514232	-6300	-46	-19	-1
Lagoa Alta	Coxim	-14851	-66293	-1261	-45	-19	-9
Entre Rios	Coxim	-19451	-85395	-3120	-45	-19	-16
Fazenda Caranda	Coxim	-40352	-226229	-3100	-45	-19	-8

Peralta	Coxim	-56863	-282926	4146	-45	-19	7
Água Verme-lha	Coxim	-116676	-377319	2158	-43	-19	9
São Domin-gos	Coxim	-125710	-72742	-12594	-43	-19	-55
Sucuri	Coxim (Jusante Jauru)	-138067	-1272611	-33203	-25	-19	-13

As PCHs com maior potencial de retenção de NT e PT são as previstas para o rio Ariranha (Tabela 4). Há sete EHs previstos para a bacia do Ariranha. Os empreendimentos do rio Ariranha poderão reter pelo menos 40% dos sólidos em suspensão, de 13 a 20% do NT e 55% do PT transportados (Tabela 4). Contudo, os efeitos destes barramentos devem ser mais locais, afetando em pouco o Pantanal e os demais usos da água na região. Portanto, a área foi classificada com a cor amarela (impacto médio), como mostra a figura 14.

Para os dois EHs previstos e analisados para o rio Taquari, os valores variam entre 28 e 31% do QSS e 19% do NT de retenção do que atualmente flui pelo rio. Para o fósforo, o comportamento foi bastante varável, entre 9% de liberação para um EH e 55% de retenção para o outro. As alterações são intensas e o nível de impacto estimado é alto para os trechos em que estão previstos estes EHs (Figura 14).

No rio Jauru, as três PCHs previstas também alterariam fortemente o fluxo de sedimentos e fósforo (Tabela 4). As três últimas PCHs do Jauru tendem a liberar nitrogênio e reter fósforo, alterando o equilíbrio entre estes dois elementos essenciais para a produtividade primária dos ecossistemas aquáticos.

No nível regional, dada a importância do rio Taquari para o aporte de constituintes da água essenciais para a manutenção do equilíbrio dos ecossistemas na planície e, consequentemente, da qualidade da água para os demais usos da bacia, o grau de impacto da implantação da maioria dos empreendimentos em relação a estes aspectos foi considerado potencialmente alto.

Possíveis implicações das alterações de qualidade de água para os usos múltiplos da água

Os rios da RHP têm papel fundamental nos processos hidrogeomorfológicos do Pantanal e na ecologia deste precioso bioma. Este papel está diretamente relacionado com o transporte, pelo leito e na coluna d'água, de sedimentos, nutrientes e outros constituintes. As possíveis alterações nos fluxos destes materiais foram descritas no subitem 3.4.2 do Resumo Executivo.

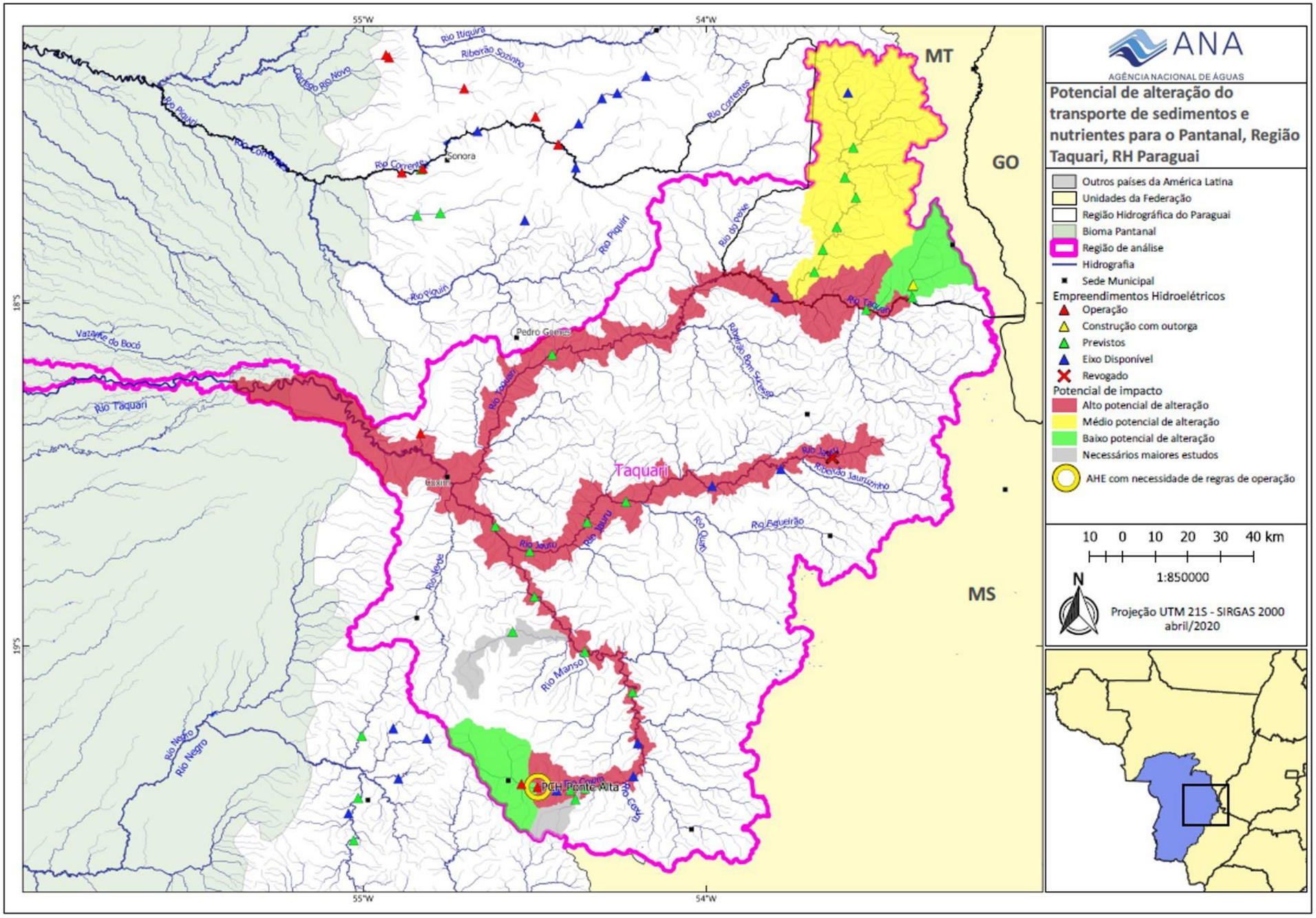


Figura 14- Potencial de alteração do transporte de substâncias entre o planalto e Pantanal devido a barramentos para geração de energia na bacia do Taquari.

Zoneamento proposto

Os resultados obtidos para a bacia do Taquari indicam, por um lado, áreas que não se demonstraram estratégicas como rota migratória dos migradores, ou seja, importantes para a manutenção dos estoques pesqueiros, nem para a realização da pesca profissional artesanal. Por outro lado, os resultados também indicam áreas que se demonstraram extremamente estratégicas como rota migratória dos migradores e para a realização da pesca profissional artesanal, resultando no zoneamento apresentado na Figura 15.

As áreas das sub-bacias dos rios Camapuã, alto rio Novo (a partir do AHE previsto Andorinha e a montante deste), Alto Taquari (a partir do AHE previsto Serra Vermelha e a montante deste), Verde e Ariranha são as de menor importância para o recurso pesqueiro, por não ter sido detectada a desova de espécies migratórias nos períodos de análise ou impacto no índice de conectividade. Assim sendo, a instalação de novos empreendimentos nessas sub-bacias não provocará impactos negativos adicionais sobre o recurso pesqueiro na bacia do rio Taquari, nem na RH Paraguai.

As áreas identificadas como extremamente importantes para a manutenção dos recursos pesqueiros são as sub-bacias dos rios Coxim, Taquari, Jauru e Figueirão. Nessas bacias, a reprodução das espécies migradoras foi representativa (elevado fluxo de ovos e larvas de migradores) em relação a outras sub-bacias do Taquari. Nelas também se verifica a realização de atividades pesqueiras, o que configura conflito de uso local. A instalação de qualquer tipo de barramento nas sub-bacias mencionadas, como os empreendimentos hidrelétricos previstos nesses rios, interromperá a conectividade entre as áreas de jusante e a montante desses EHs, e consequentemente impedirá a chegada dos peixes migradores até as áreas de desova no tempo exato de maturação. Ao impedir a reprodução, poderá provocar impactos negativos sobre a manutenção dos estoques pesqueiros não somente na bacia do Taquari, como também na RH Paraguai como um todo, dado que essa bacia contribui para o estoque pesqueiro da RH, configurando, portanto, um conflito de uso de caráter regional.

Em síntese, as **áreas não estratégicas** para a manutenção dos estoques pesqueiros e pouco relevante para a conexão entre a planície e o planalto são as sub-bacias dos rios:

- Camapuã;
- Novo (afluente do Coxim, trecho a partir do AHE previsto Andorinha e a montante deste);
- Alto Taquari (a partir do AHE previsto Serra Vermelha e a montante deste)
- Verde;
- Ariranha.

As áreas estratégicas como rota migratória dos migradores, ou seja, que permitem a conexão entre a planície e áreas do planalto e que suportam uma atividade pesqueira importante em suas diversas modalidades são:

- Coxim;
- Taquari;
- Jauru; e
- Figueirão.

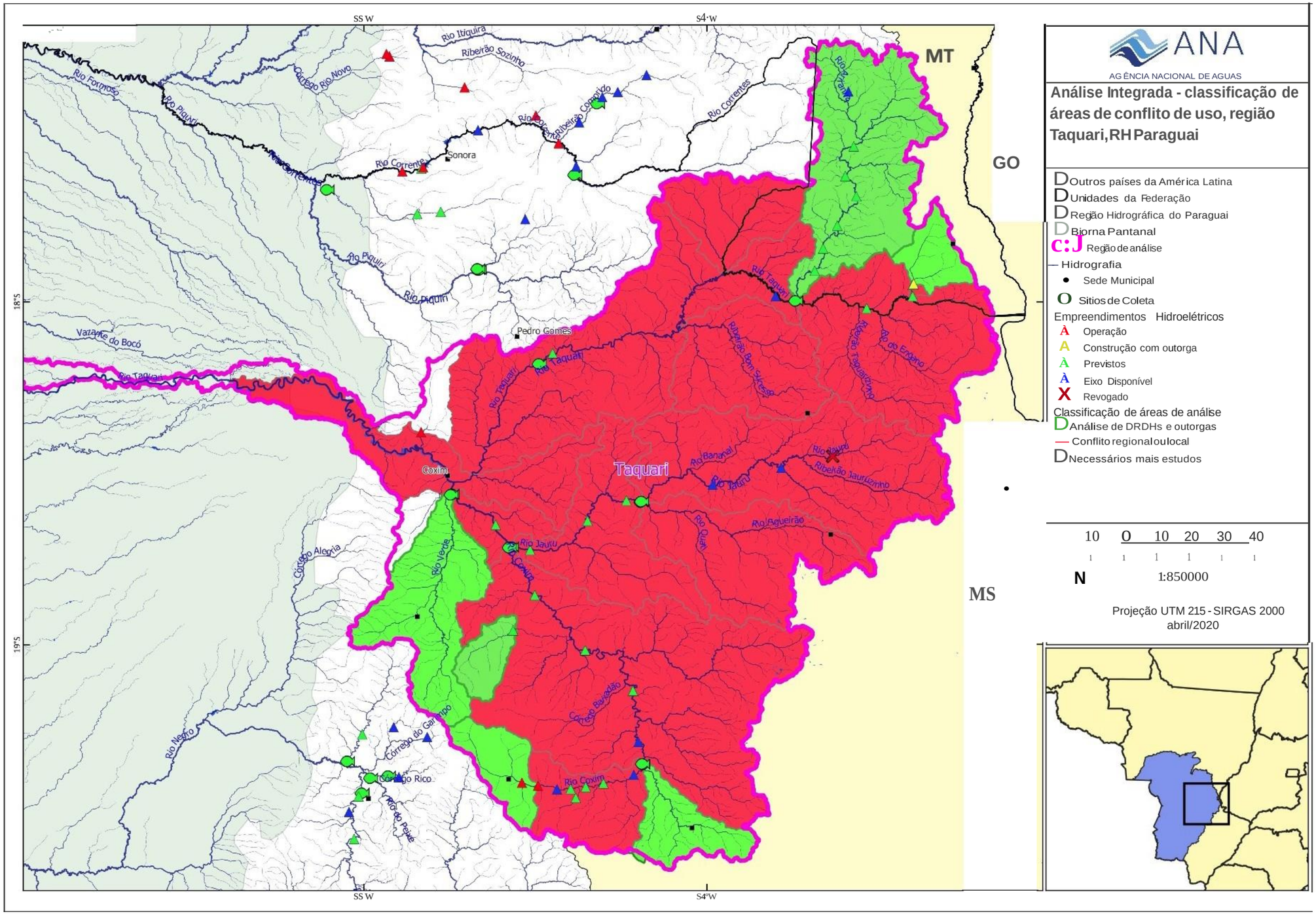


Figura 15– Zoneamento proposto das áreas de menor e de maior importância para os recursos pesqueiros na bacia do Taquari.

ANA
AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS
E SANEAMENTO BÁSICO

PRH
PARAGUAI

Estudos de Avaliação dos Efeitos da Implantação de Empreendimentos Hidrelétricos da Região Hidrográfica do Paraguai

RESUMO EXECUTIVO
ANEXO 6

Síntese dos Resultados para a Sub-bacia do Rio Negro

Brasília (DF), 2020

ANEXO 6 - Síntese dos Resultados para a Sub-bacia do Rio Negro

(UPG/MS II.4)

Localização dos empreendimentos hidrelétricos:

Na bacia do rio Negro constam 7 empreendimentos hidrelétricos (Figura 1), distribuídos da seguinte forma:

- 3 previstos;
- 4 eixos disponíveis.

Ictiofauna/Ictioplâncton:

Nas amostragens de ictioplâncton realizadas nos rios Negrinho, Rico, do Peixe e Negro, foram coletadas e triadas 528 amostras, com as seguintes médias de larvas de espécies migradoras e ovos por período reprodutivo:

- Peixe (PEIXE): 191 milhões de ovos e 10,6 milhões de larvas;
- Rico (RICO): 145,5 milhões de ovos e 96 mil de larvas;
- Negrinho (NEGRI): 11 milhões de ovos e 230 mil de larvas; e
- Negro (NEGRO): 2,1 milhões de ovos e 320 mil de larvas
-

Os resultados são mostrados nas Figuras 2 (ovos) e 3 (larvas). Os locais de desova foram estimados por meio de retrocálculo utilizando a velocidade média da água medida nos locais (pontos) de coletas (Figuras 4 e 5). Observa-se que os rios Peixe e Rico se destacam como áreas estratégicas para a desova das espécies migradoras (Classe 4), enquanto nas sub-bacias dos rios Negro e Negrinho a produção de ovos e larvas das espécies de migradores foi menos importante (Classe 2).

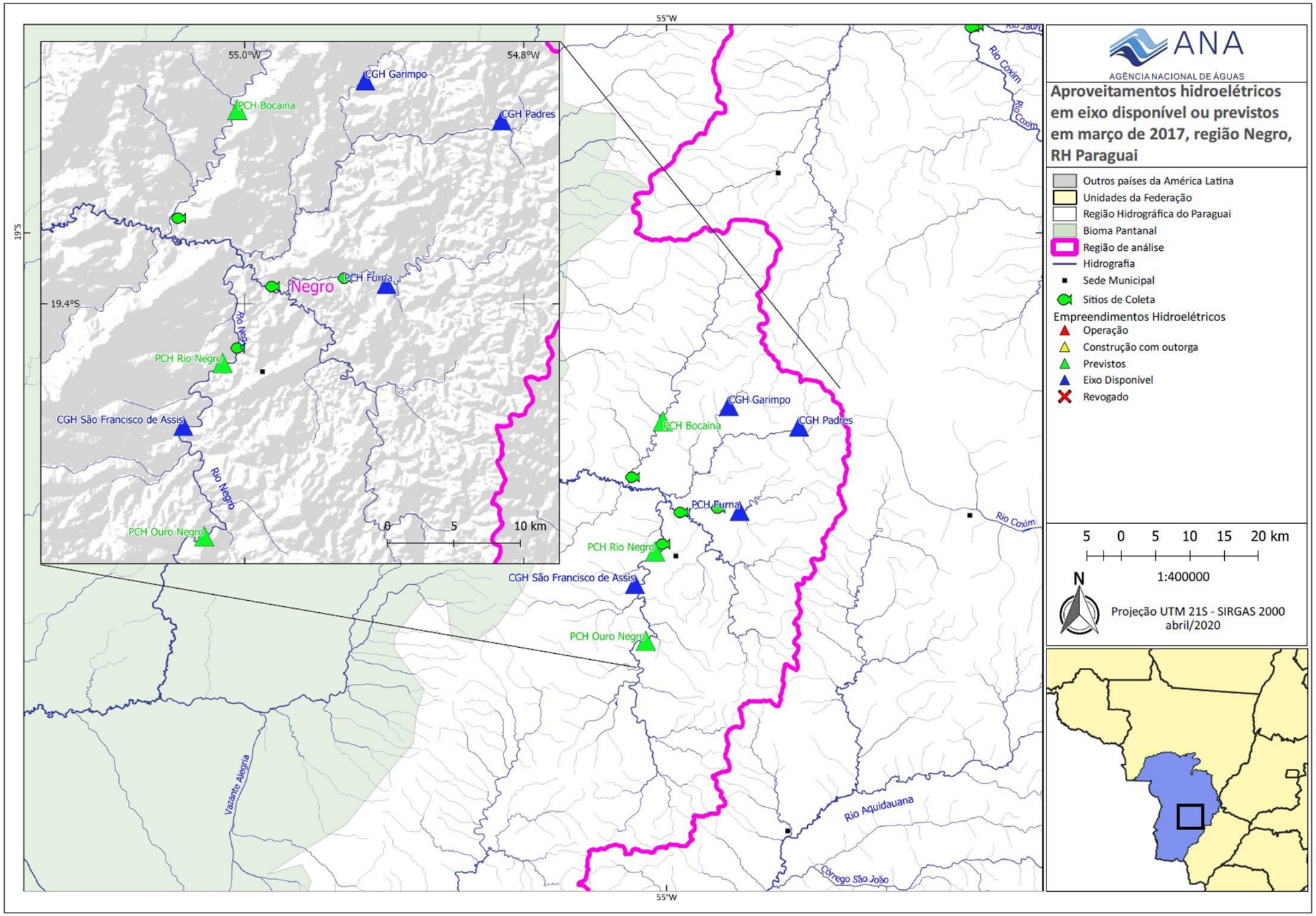


Figura 1 – Localização dos EHs previstos e com eixos disponíveis na região da bacia do rio Negro.

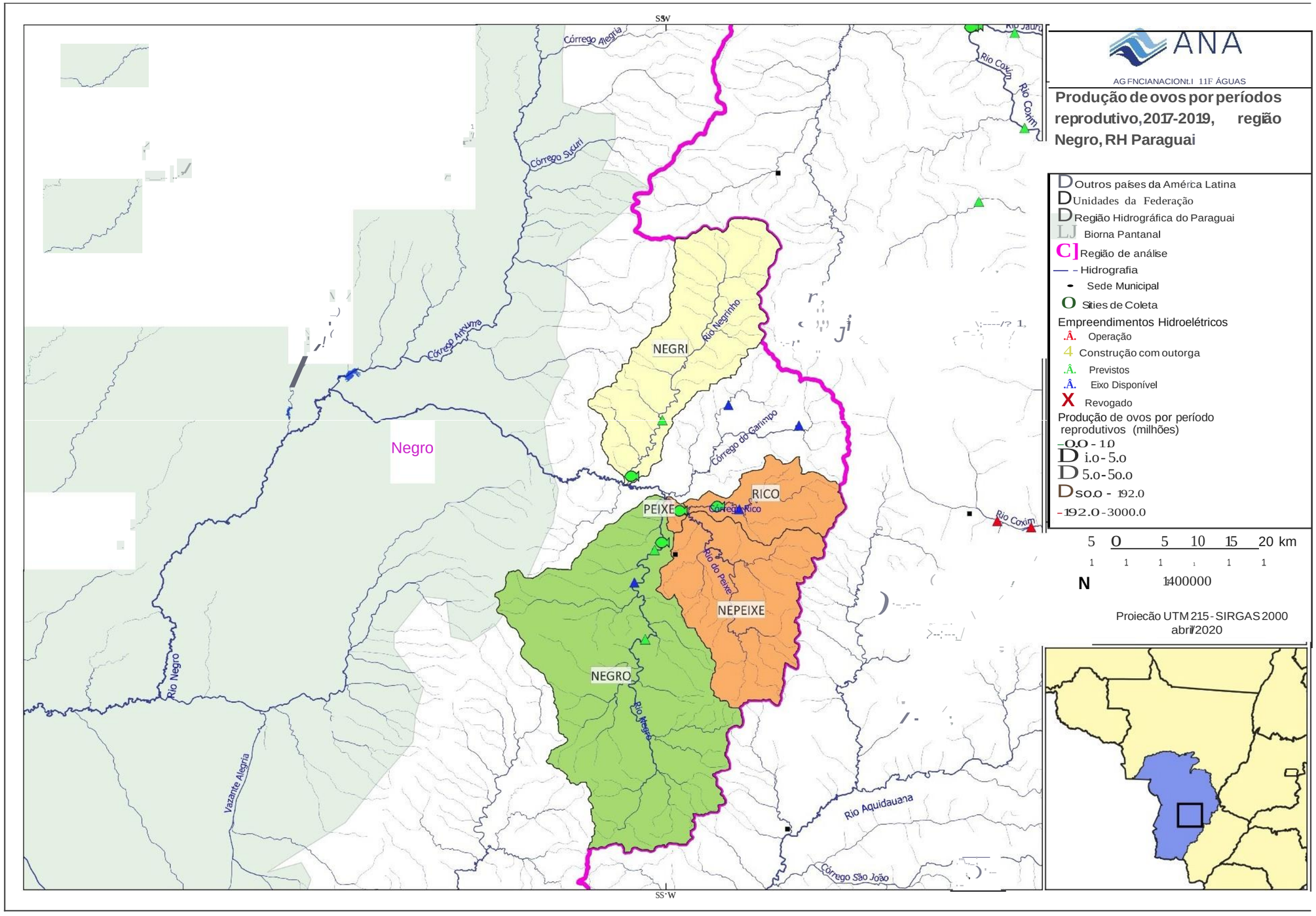


Figura 2 – Fluxo/Produção de ovos na região da bacia do rio Negro.

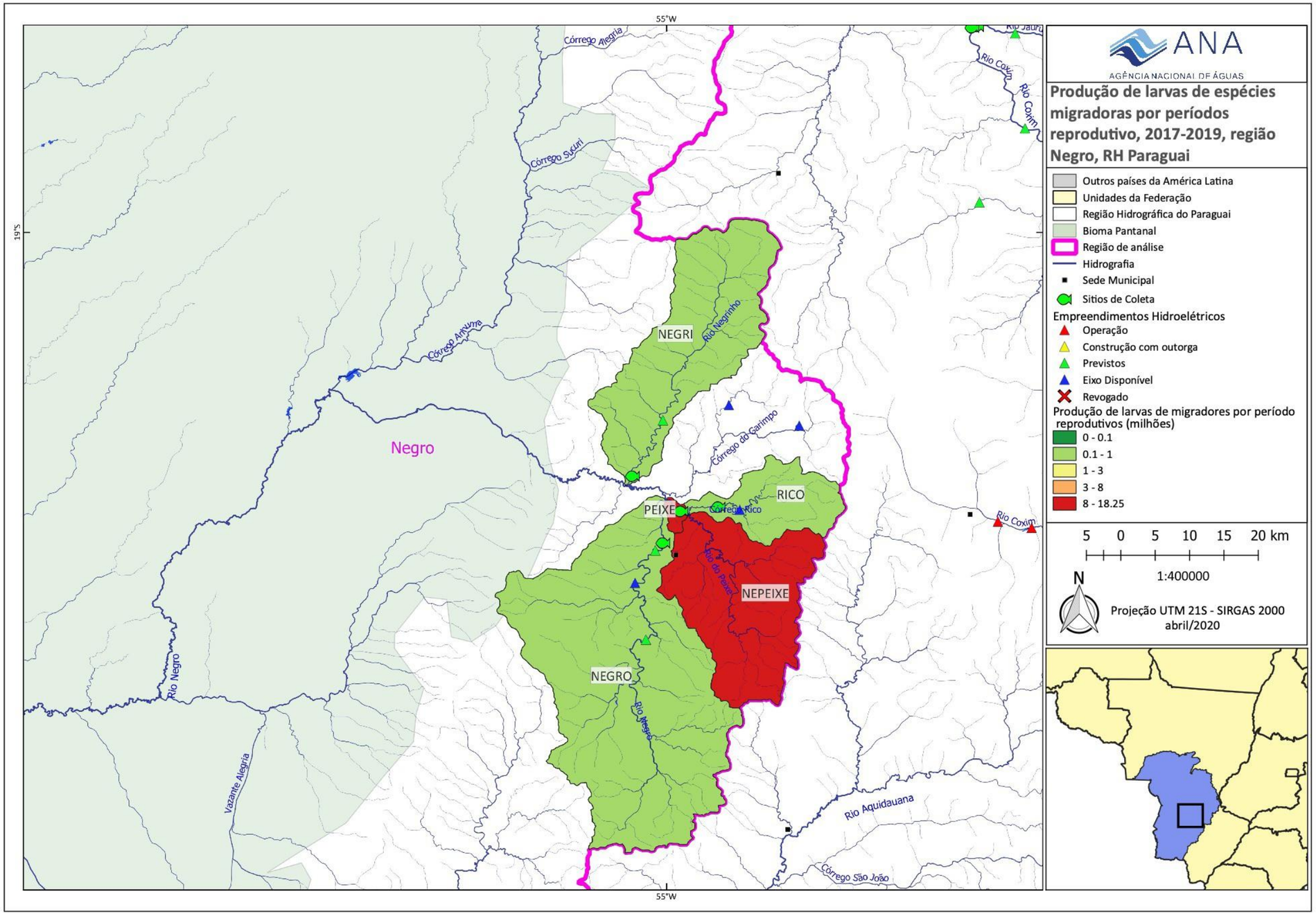


Figura 3 – Fluxo/Produção de larvas de espécies de peixes migradores na região da bacia do rio Negro.

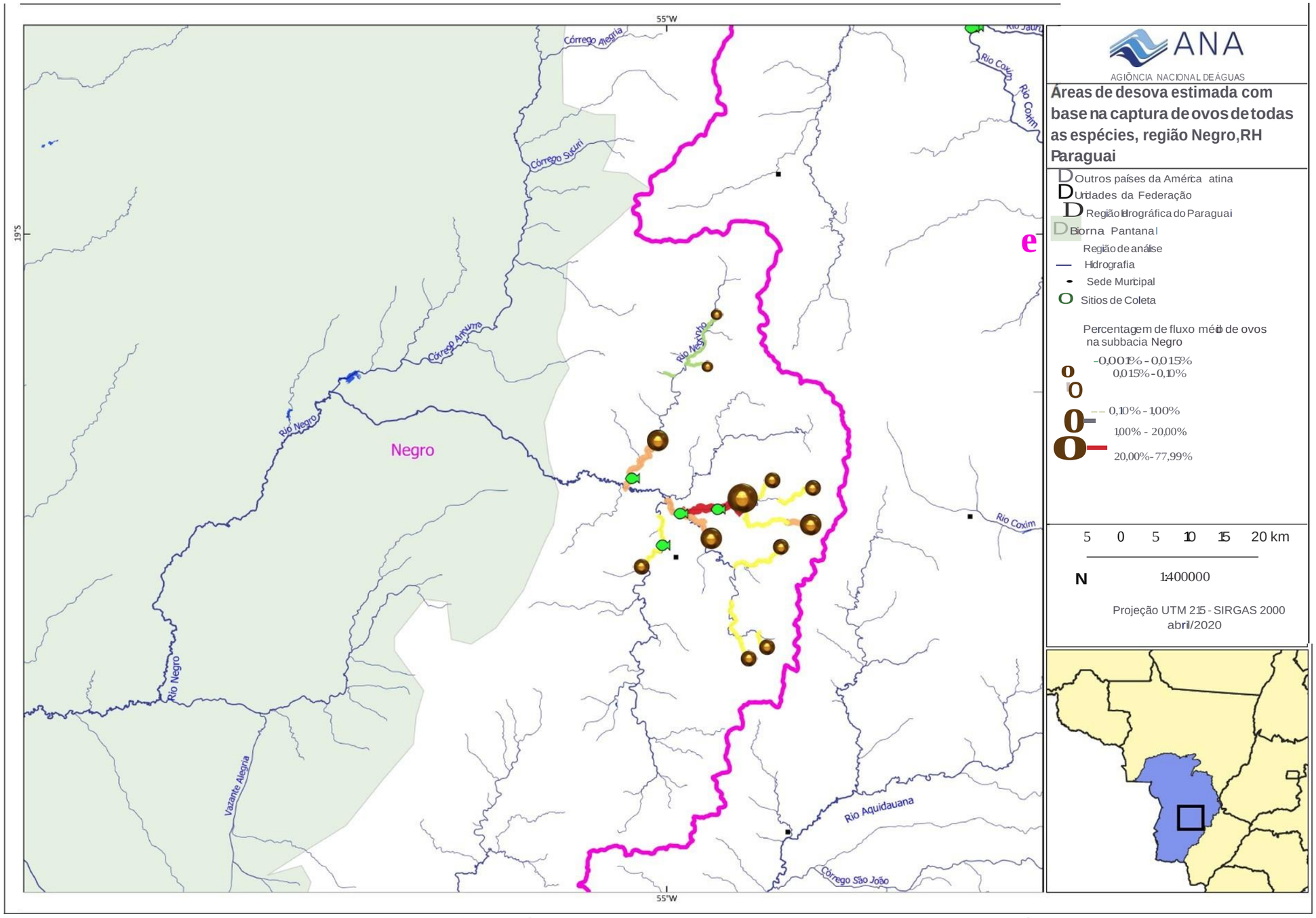


Figura 4 – Estimativa das áreas de desova com base na captura de ovos de todas as espécies.

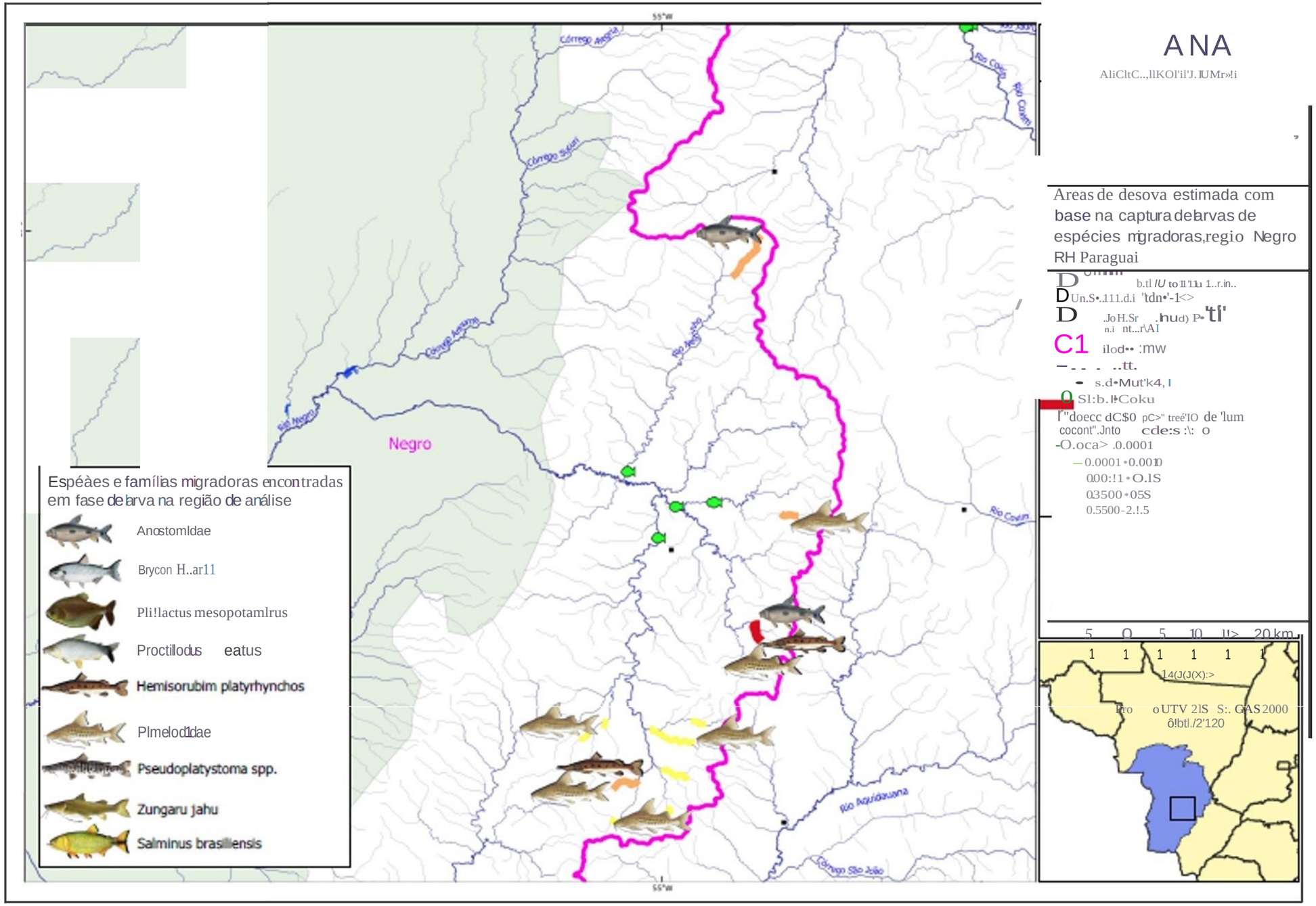


Figura 5 – Estimativa das áreas de desova com base na captura de larvas de espécies alvo, considerando as diferentes fases de desenvolvimento das larvas coletadas na bacia do Negro.

Análise de conectividade na bacia do rio Negro

A bacia do rio Negro é relativamente pequena, e tem menos locais com potencial de aproveitamento hidrelétrico segundo o inventário. Além disso, quase todos os locais das usinas identificadas no inventário coincidem com pontos em que já existem obstáculos naturais relevantes. Estas duas características permitem que nesta bacia seja aplicada uma análise simplificada da potencial alteração de conectividade.

Para realizar a análise de conectividade fluvial na bacia do rio Negro foram considerados dados da rede de drenagem oficial da ANA, cenários de construção de barragens e informações sobre fluxo de ovos e larvas de peixes obtidos durante o projeto pela equipe de ictiologia.

A rede de drenagem, barragens já existentes e os obstáculos naturais

Para a análise de conectividade e fragmentação de habitat, a bacia hidrográfica do rio Negro foi delimitada até um ponto localizado já no interior do Pantanal, na confluência com o córrego Anhuma, cerca de 90 km a jusante da cidade de Rio Negro. Os principais rios, além do próprio Negro, são os rios Negrinho e do Peixe, e os córregos Garimpo e Rico, conforme ilustrado na Figura 6.

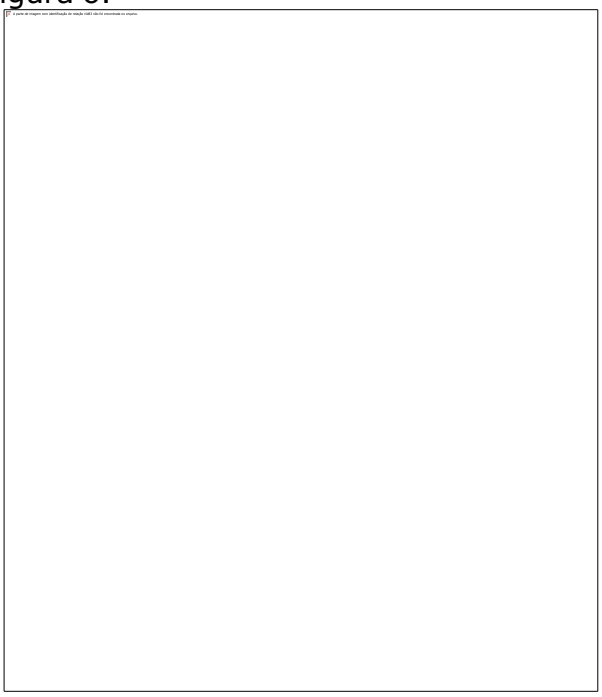


Figura 6- Rede de drenagem da bacia do rio Negro, e os principais rios da região.

Na bacia do rio Negro não há usinas hidrelétricas em operação e há sete identificadas no inventário de potencial hidrelétrico, conforme mostra a Figura7.

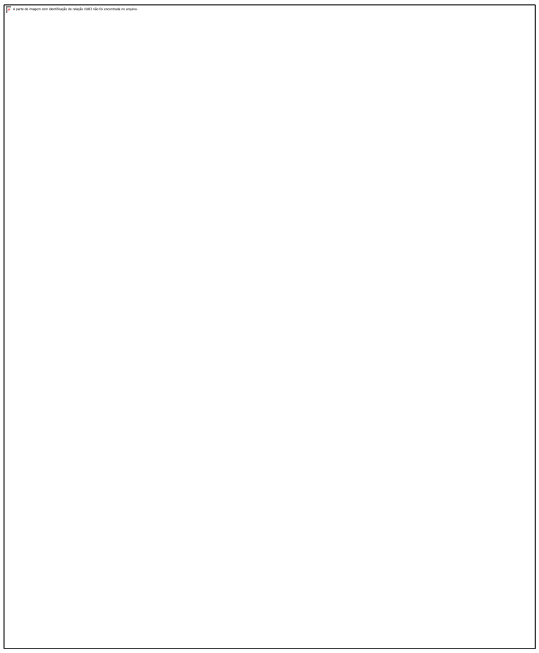


Figura 7- Localização das usinas hidrelétricas projetadas na bacia do rio Negro.

Na bacia do rio Negro existem alguns obstáculos naturais relevantes, que ficam localizados em quase todos os rios da bacia, na transição entre a região do planalto e o a planície pantaneira. Os obstáculos naturais foram identificados com base em dados de declividade dos rios estimados a partir do modelo digital de elevação do SRTM e de imagens de satélite de alta resolução. Estas informações foram complementadas ainda com fotografias do local e com informações obtidas no campo, quando possível.

Na totalidade foram identificados 5 obstáculos naturais totais ou parciais ao deslocamento de peixes migratórios na bacia. A cada um dos obstáculos foi atribuída uma probabilidade de passagem de peixes migratórios. Esta probabilidade foi estimada com base em fotografias do obstáculo, imagens de satélite, estimativas de declividade e comparação com obstáculos semelhantes. A localização dos obstáculos está apresentada na Figura8, em que a cor do ponto representa a probabilidade de passagem de peixes migradores através do obstáculo.

Dados de coleta de ovos e larvas

Na bacia do rio Negro foram realizadas coletas de ovos e larvas de peixes em quatro pontos, localizados de acordo com a Tabela 1 e a Figura9. Em cada um destes pontos foi calculado o fluxo médio de ovos e larvas de peixes, em milhões de indivíduos por dia. Este número reflete a importância relativa da região localizada a montante do ponto no processo de reprodução de peixes na bacia.

Observa-se que os pontos com maior fluxo de ovos e larvas são os localizados no rio do Peixe e no córrego Rico, que apresentam um fluxo cerca de 10 a 80 vezes maior do que o verificado nos rios Negrinho e Negro.

O ponto de coleta no rio Negro, que apresenta um fluxo médio de ovos e larvas particularmente baixo, fica localizado cerca de 2 km a jusante do local em que está prevista a usina Rio Negro, onde existe um obstáculo natural relevante, porém aparentemente transponível por peixes migradores. Os dados de coleta de ovos e larvas

neste local sugerem que a bacia do rio Negro, a montante do ponto de coleta de ovos e larvas, não é uma área preferencial de reprodução de peixes.

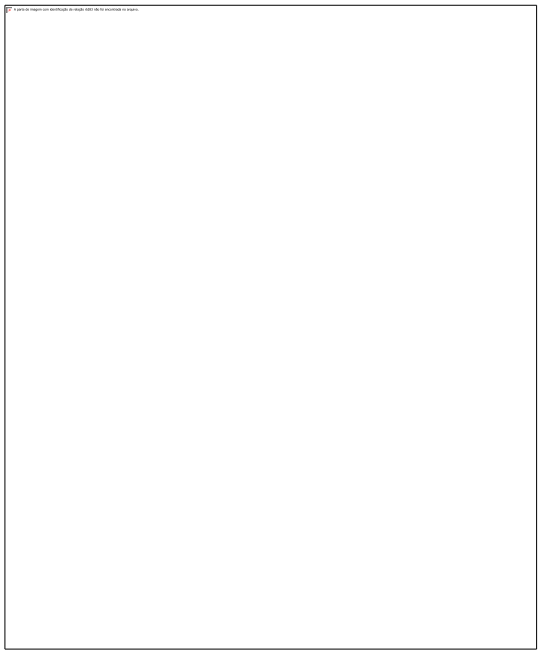


Figura 8- Localização e probabilidade de passagem de obstáculos naturais para migração de peixes na bacia do rio Negro.

Tabela 1 - Pontos de amostragem de ovos e larvas de peixes na bacia do rio Negro, com os respectivos valores de fluxo médio diário de ovos e larvas.

Local	Rio	Fluxo de ovos+larvas (milhões de indivíduos/dia)
NEGRI	Negrinho	9,9
NEGRO	Negro	1,7
PEIXE	Peixe	137,3
RICO	Rico	110,7

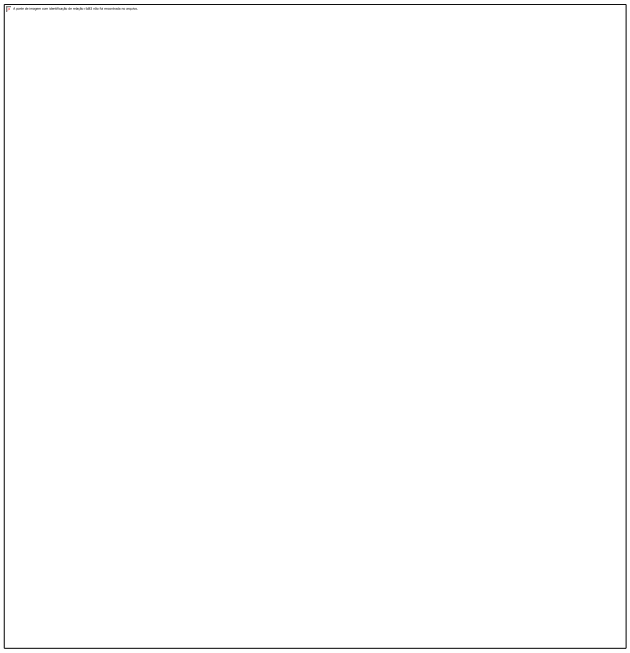


Figura 9- Mapa da localização dos pontos de coleta de ovos e larvas na bacia do rio Negro (cores indicam fluxo de ovos e larvas, de acordo com a legenda).

Análise simplificada de cenários

Na bacia do rio Negro existe uma grande coincidência entre os locais onde há previsão de construção de barragens, segundo o inventário hidrelétrico, com os pontos em que já existem obstáculos naturais relevantes à migração de peixes. A Figura10 apresenta o mapa da rede de drenagem da bacia com a sobreposição entre os locais das barragens previstas no inventário e os locais onde existem obstáculos naturais.

Observa-se que as usinas Bocaina, Padres, Furna e Garimpo estão localizadas em trechos de rio em que existem obstáculos naturais consideráveis, aos quais foi atribuída uma probabilidade de passagem próxima de zero. Já a usina Rio Negro está localizada em um trecho de rio em que existe um obstáculo natural relevante, porém ao qual foi atribuída uma probabilidade de passagem de 50%.

O mapa da Figura10 sugere que a eventual construção das usinas Bocaina, Furna, Garimpo e Padres não terá impacto relevante sobre a migração de peixes, já que a conectividade fluvial já se encontra afetada nestes locais pela presença de obstáculos naturais.

Já as usinas Rio Negro, São Francisco de Assis e Ouro Negro podem ter algum impacto sobre a conectividade, pois os obstáculos naturais existentes neste rio aparentemente são menos relevantes para a migração de peixes. Por outro lado, os dados de coleta de ovos e larvas de peixes sugerem que a região em que estão localizadas estas três usinas não é uma área preferencial de reprodução.

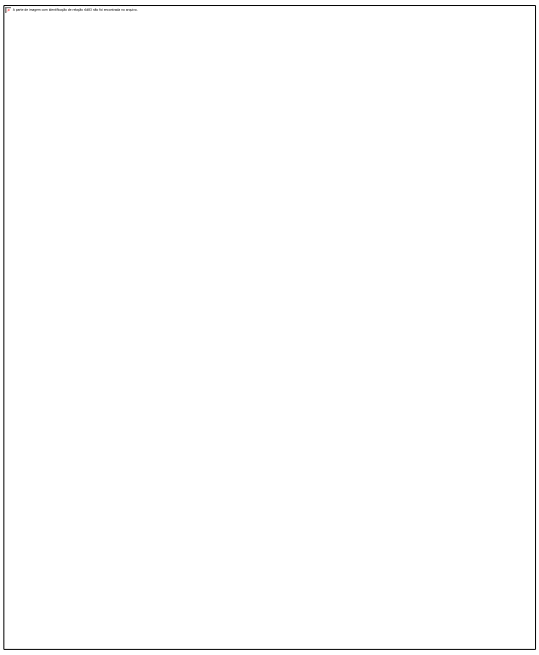


Figura 10- Localização de usinas hidrelétricas previstas no inventário e de obstáculos naturais relevantes para a migração de peixes na bacia do rio Negro (triângulos pretos indicam a localização das sete usinas previstas, círculos coloridos indicam a presença de obstáculos naturais, com probabilidade de passagem de acordo com a legenda).

Alterações no regime hidrológico

Avaliação de alterações do regime sazonal

Na bacia do rio Negro alguns trechos de rio imediatamente a jusante das barragens com valores um pouco mais altos de AH. A jusante da Barragem Rio Negro, por exemplo, o valor de AH fica na faixa de 5 a 10%. Entretanto, na transição para o Pantanal o valor de AH já cai para a faixa de 2,5 a 5% (Figura 11).

Avaliação de alterações do regime sub-diário

Na bacia do rio Negro os efeitos são percebidos apenas até a confluência com o córrego Anhuma (Figura 12).

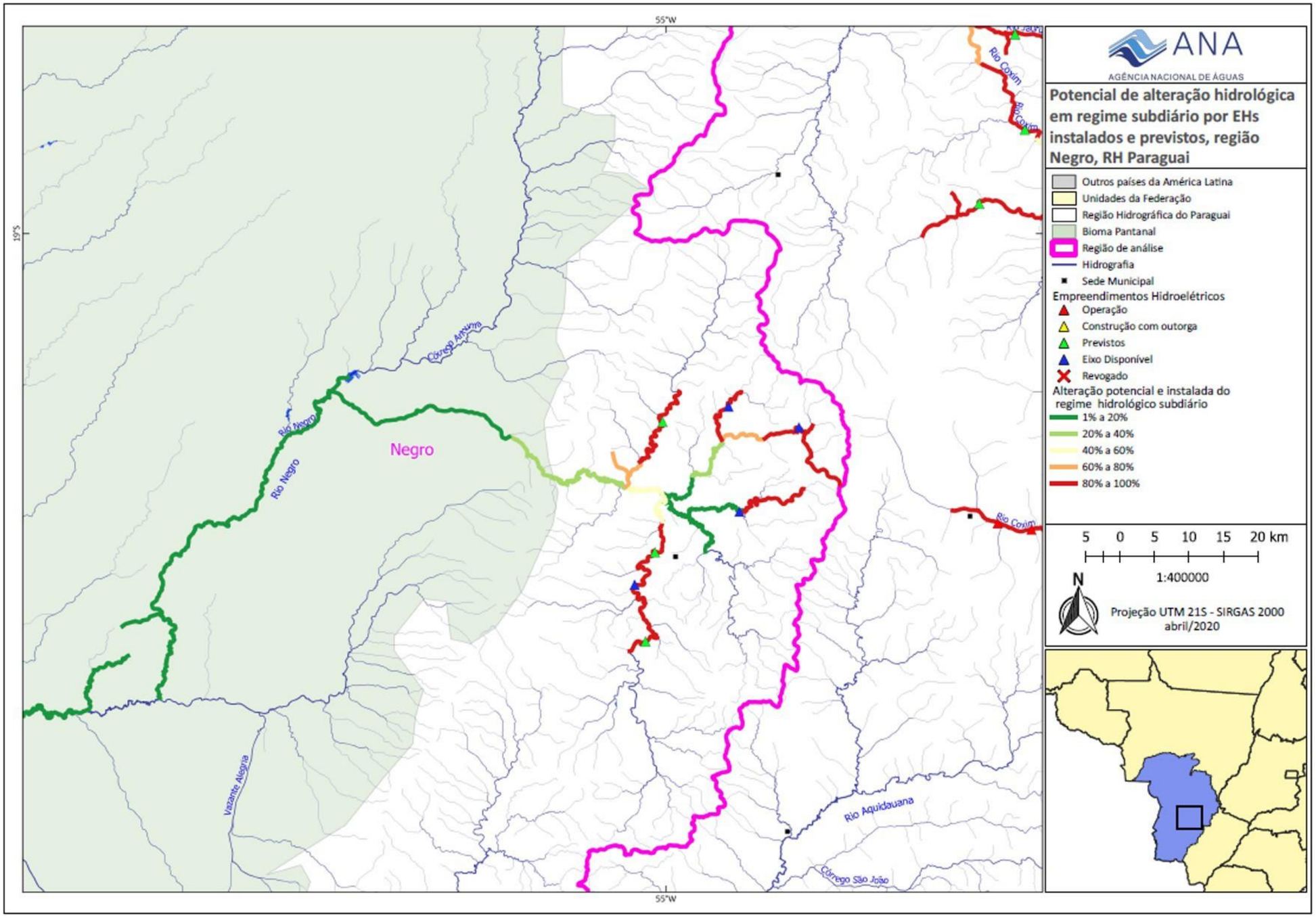


Figura 11 – Mapa de alteração de potencial hidrológico em regime diário na região da bacia do rio Negro.

A carta da imagem com identificação da região não está no conteúdo do arquivo.

Figura 12 – Mapa de alteração de potencial hidrológico em regime sub-diário na região da bacia do rio Negro.

Avaliação da alteração da qualidade da água

No Diagnóstico de qualidade da água e hidrossedimentologia (Produto 12) foram utilizadas diversas abordagens metodológicas para a avaliação de potenciais impactos decorrentes da instalação de empreendimentos hidrelétricos (EHs) previstos para a Região Hidrográfica do Paraguai (RHP), incluindo estimativas de cargas a partir de dados primários e secundários, monitoramento de alta frequência e análise do assoreamento dos reservatórios dos EHs em operação, além do uso de modelos para estimar a produção e o transporte de sedimentos e outros constituintes nos rios da RHP.

Aqui estão resumidos os resultados da aplicação de um modelo de Redes Neurais Artificiais (RNA) para a previsão de alterações, em termos de cargas anuais e percentuais, nos fluxos de sedimentos e nutrientes, decorrentes da instalação de EHs na região, visto que este é o objetivo do projeto dentro deste tema. Com base no modelo RNA e em todo o conjunto de resultados apresentado no Produto 12, foram definidos níveis de impactos potenciais no transporte constituintes da água importantes para a manutenção do equilíbrio dos ecossistemas aquáticos com referência as variações naturais observadas neste estudo e em referências técnico-científicas (Tabela 2). Os resultados das alterações esperadas são apresentados na Tabela 2 e os impactos potenciais nas áreas com EH previstos estão espacializados na Figura 13.

Tabela 2. Níveis de impacto no transporte de constituintes da água.

Critério	Sedimentos, solutos dissolvidos, fósforo, carbono	Nitrogênio
Baixo	0 -10%	0 -15%
Médio	10 – 20%	15 – 25%
Alto	> 20%	> 25%

O rio Negro tem pequena contribuição de água para a bacia do rio Paraguai, com vazão média de 7,7 m^3/s (QMLT). Na bacia do rio Negro não há PCHs em operação atualmente. Porém, há previsão de instalação de três EHs no curso do rio Negro, a montante da cidade de Rio Negro, além de quatro eixos disponíveis em seus tributários.

O modelo RNA forneceu previsões de alterações para três EHs com construção prevista para sub-bacia do Negro. Segundo o modelo, caso fossem todas instaladas, haveria uma retenção de 82% ou 4.142 kg/dia de sólidos suspensos (Qss) atualmente transportados no trecho estudado. As alterações previstas individualmente por EHs para sedimentos e nutrientes podem ser vistas na Tabela 3.

Apesar das cargas de sedimentos e nutrientes serem baixas em comparação com outros rios estudados na RHP, considerando as alterações nas cargas de sedimento e nutrientes e, sobretudo, a distância do local dos empreendimentos para o Pantanal, o potencial de alteração para o Pantanal foi considerado alto (Figura 13).

Tabela 3. Taxas de variação para os empreendimentos da previstos na bacia do Negro.

AHE previsto	Rio	Qss (ton/ ano)	QN (kg/ ano)	QP (Kg/ ano)	Alteração Média Anual Qss (%)	Altera-ção Média Anual N (%)	Altera-ção Média Anual P (%)
	Negro	-2594	-12203	-460	-79	-19	-8
	Negro	-4663	-18986	-669	-83	-18	-7
	Negro	-5199	-21082	-724	-85	-18	-7

Possíveis implicações das alterações de qualidade de água para os usos múltiplos da água

Os rios da RHP têm papel fundamental nos processos hidrogeomorfológicos do Pantanal e na ecologia deste precioso bioma. Este papel está diretamente relacionado com o transporte, pelo leito e na coluna d'água, de sedimentos, nutrientes e outros constituintes. As possíveis alterações nos fluxos destes materiais foram descritas no subitem 3.4.2 do Resumo Executivo.

.

Fonte da imagem com identificação da escala (1:80.000) foi escrita no alcance.

Figura 13- Potencial de alteração do transporte de substâncias entre o planalto (Bacia do Negro) e Pantanal devido a barramentos para geração de energia.

Zoneamento proposto

Os resultados obtidos para a bacia do rio Negro indicam, por um lado, áreas que não se demonstraram estratégicas como rota migratória dos migradores, ou seja, importantes para a manutenção dos estoques pesqueiros, nem para a realização da pesca profissional artesanal. Por outro lado, os resultados também indicam áreas que se demonstraram extremamente estratégicas como rota migratória dos migradores e para a realização da pesca profissional artesanal, resultando no zoneamento apresentado na Figura 14.

As áreas das sub-bacias dos rios Negro e Negrinho, Alto Rico (área a partir e a montante da PCH prevista Furna) e dos Córregos Garimpo e Falha dos Padres são as de menor importância para o recurso pesqueiro, pela baixa desova de espécies migratórias nos períodos de análise ou pelo baixo impacto no índice de conectividade. Além disso, não há conflito de uso local pela proibição por lei de qualquer atividade pesqueira nessa bacia. Assim sendo, a instalação de novos empreendimentos nas sub-bacias mencionadas não provocará impactos negativos adicionais sobre o recurso pesqueiro na bacia do rio Negro, nem na RH Paraguai.

As áreas identificadas como extremamente importantes para a manutenção dos recursos pesqueiros são as sub-bacias do rio do Peixe e o baixo Rico (área a jusante da PCH prevista Furna). Nessas sub-bacias, a reprodução das espécies migradoras foi muito representativa (elevado fluxo de ovos e larvas de migradores) em relação a outras sub-bacias do Negro.

A instalação de qualquer tipo de barramento nas bacias mencionadas interromperá a conectividade entre as áreas de jusante e a montante desses EHs, e consequentemente impedirá a chegada dos peixes migradores até as áreas de desova no tempo exato de maturação. Ao impedir a reprodução, poderá provocar impactos negativos sobre a manutenção dos estoques pesqueiros não somente na bacia do Negro, como também na RH Paraguai como um todo, configurando, portanto, um conflito de uso de caráter regional.

No entanto, a eventual implantação da PCH Furna, prevista no rio Rico, dada a sua proximidade a uma barreira natural existente (cachoeira), não traria impactos adicionais na conectividade com a planície.

Em síntese, as **áreas não estratégicas** para a manutenção dos estoques pesqueiros e pouco relevante para a conexão entre a planície e o planalto são as bacias dos rios:

- Negro;
- Negrinho;
- Córregos Garimpo e Falha dos Padres;
- Alto Rico (área a partir e a montante da PCH prevista Furna).

As áreas **extremamente estratégicas** como rota migratória dos migradores, ou seja, que permitem a conexão entre a planície e áreas do planalto são as bacias dos rios:

- Baixo Rico (área a jusante da PCH prevista Furna);
- do Peixe.

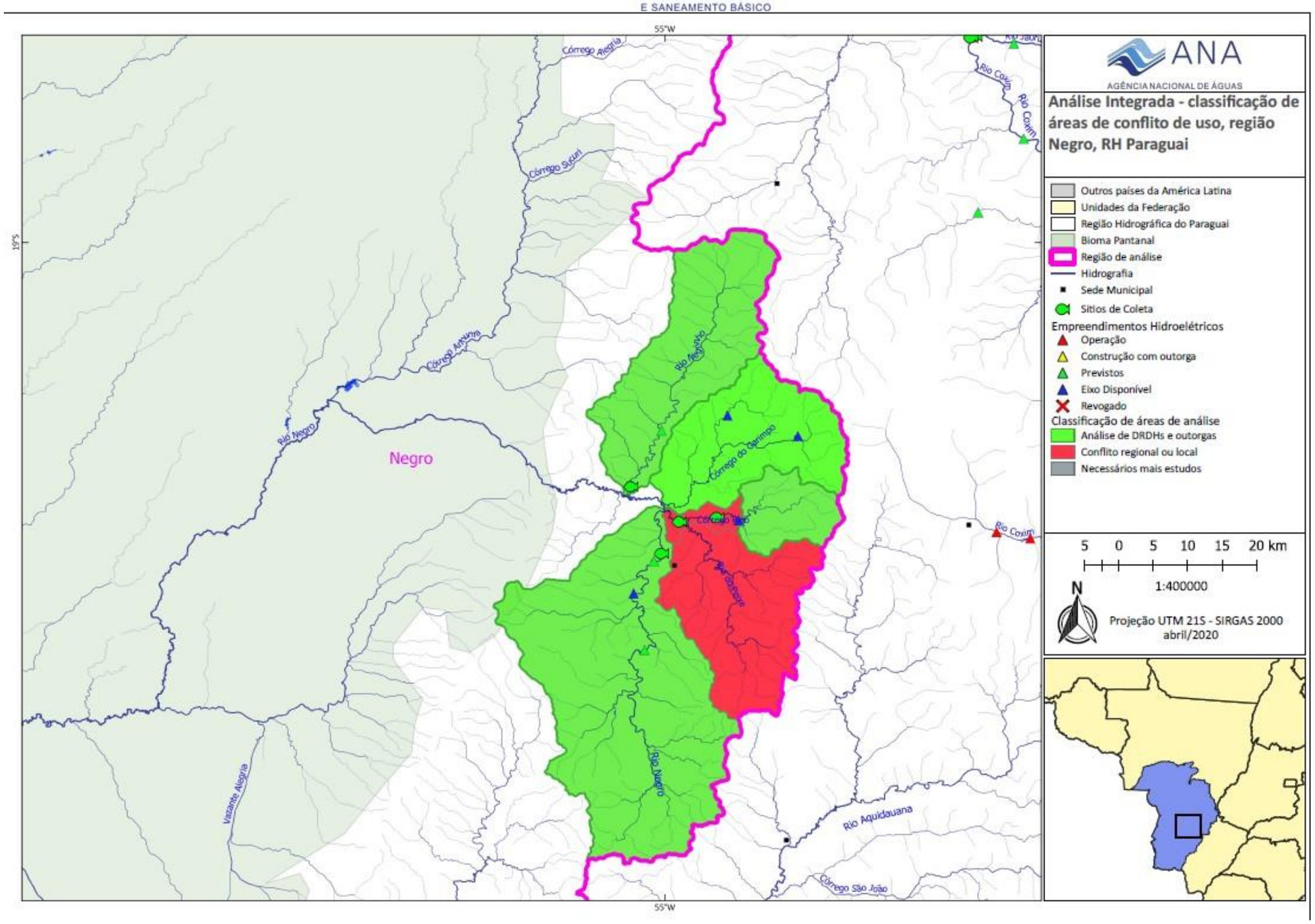


Figura 14 – Zoneamento proposto das áreas de menor e de maior importância para os recursos pesqueiros na bacia do rio Negro.

Estudos de Avaliação dos Efeitos da Implantação de Empreendimentos Hidrelétricos da Região Hidrográfica do Paraguai

RESUMO EXECUTIVO
ANEXO 7

Síntese dos Resultados para a Sub-bacia do Rio Apa

Brasília (DF), 2020

ANEXO 7- Síntese dos Resultados para a Sub-bacia do Rio Apa

(UPG/MS II.6)

Localização dos empreendimentos hidrelétricos:

Na bacia do rio Apa constam 7 empreendimentos hidrelétricos (Figura 1), distribuídos da seguinte forma:

- 7 eixos disponíveis.

Ictiofauna/Ictioplâncton:

Nas amostragens de ictioplâncton realizadas nos rios Apa e Perdido, foram coletadas e triadas 257 amostras, com as seguintes médias de larvas de espécies migradoras e ovos por período reprodutivo:

- Apa (APA): 60,9 milhões de ovos e 40 milhões de larvas;
- Perdido (PERD): 6,2 milhões de ovos e 30 mil de larvas

Os resultados são mostrados nas Figuras 2 (ovos) e 3 (larvas). Os locais de desova foram estimados por meio de retrocálculo utilizando a velocidade média da água medida nos locais (pontos) de coletas (Figuras 4 e 5). Observa-se que o rio Apa se destaca como área estratégicas para a desova das espécies migradoras (Classe 4), enquanto na sub-bacia do rio Perdido a produção de ovos e larvas das espécies de migradores foi menos importante (Classe 2).

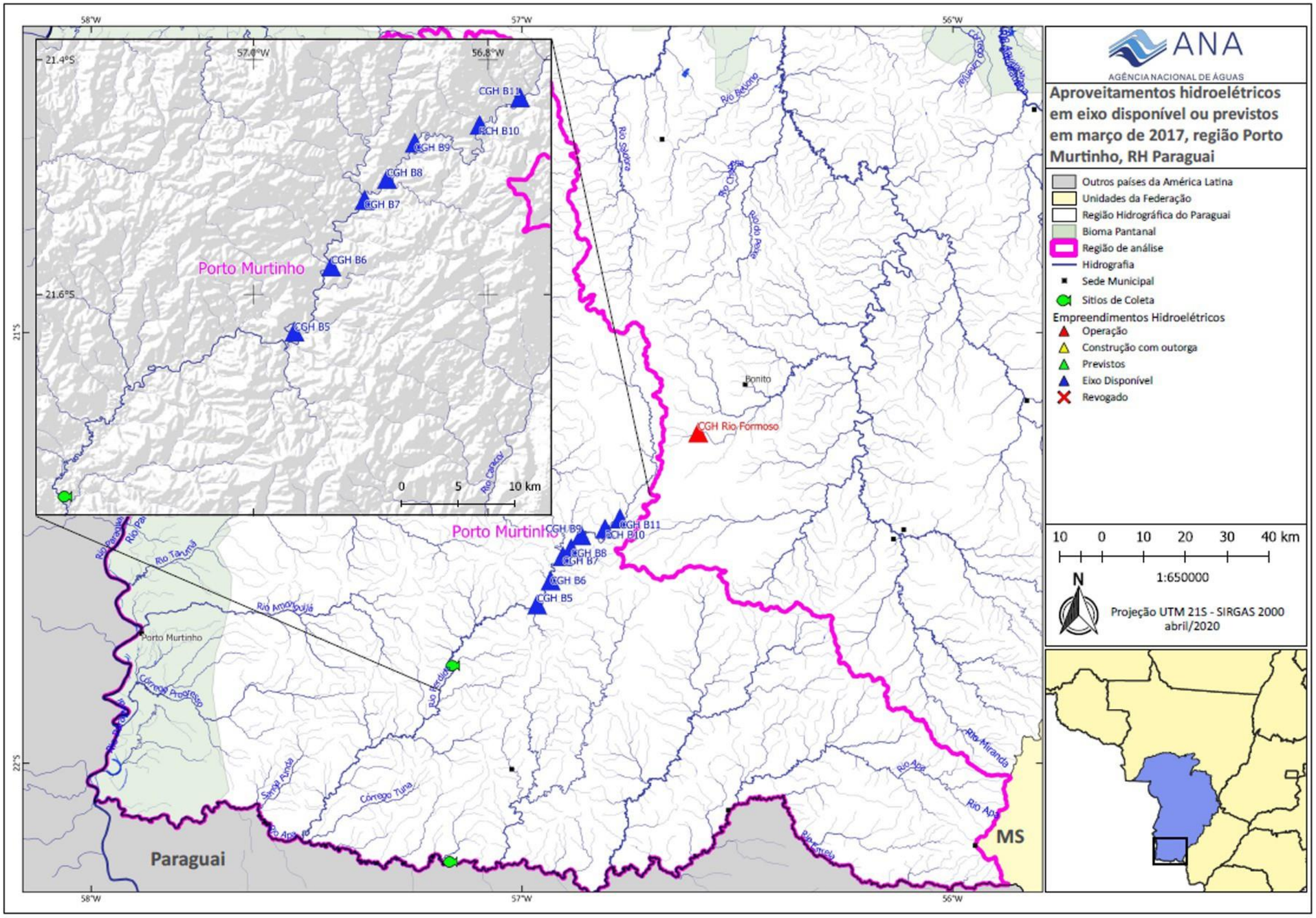


Figura 1 – Localização dos EHs previstos e com eixos disponíveis na região da bacia do rio Apa.

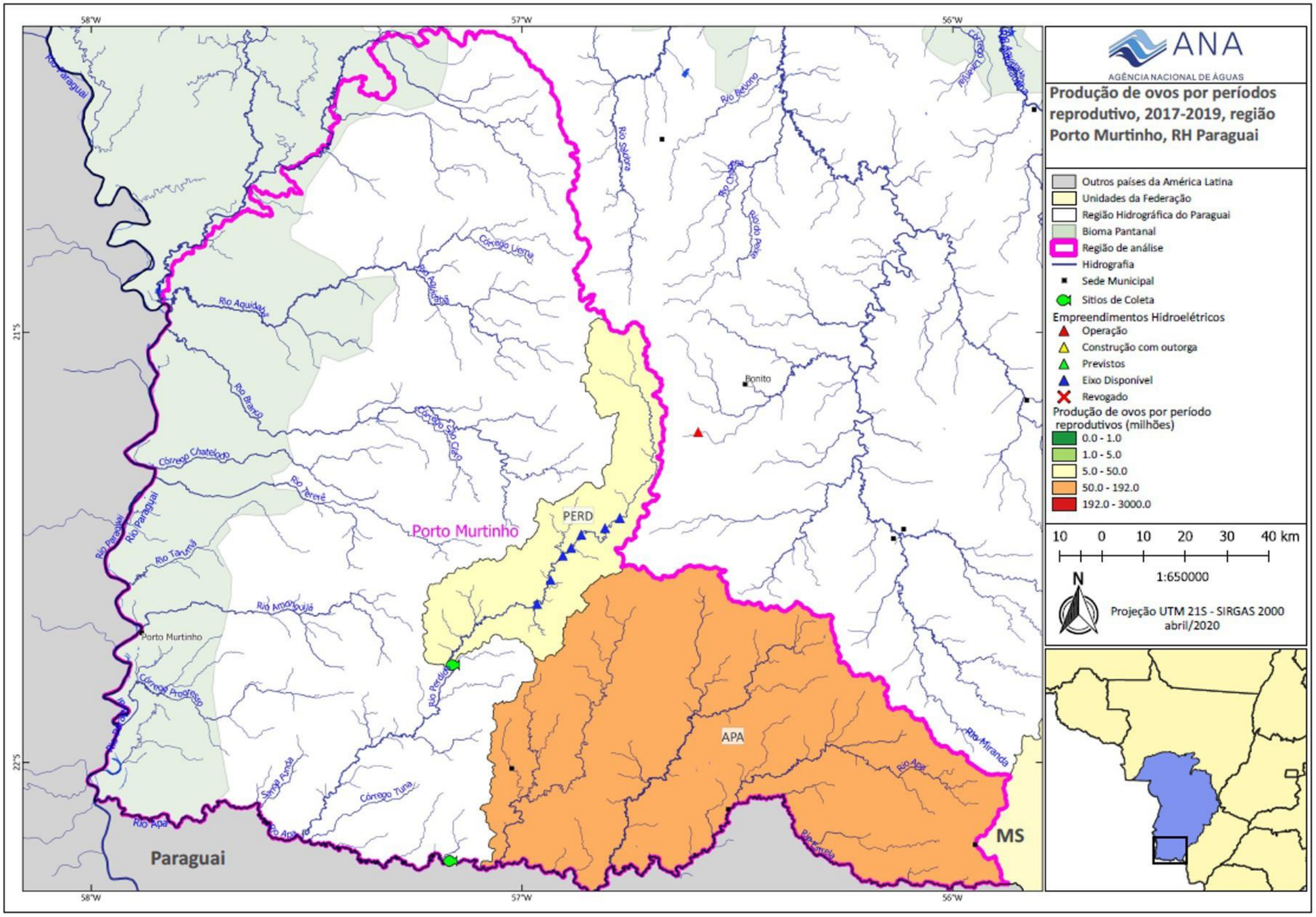


Figura 2 – Fluxo/Produção de ovos na região da bacia do rio Apa.

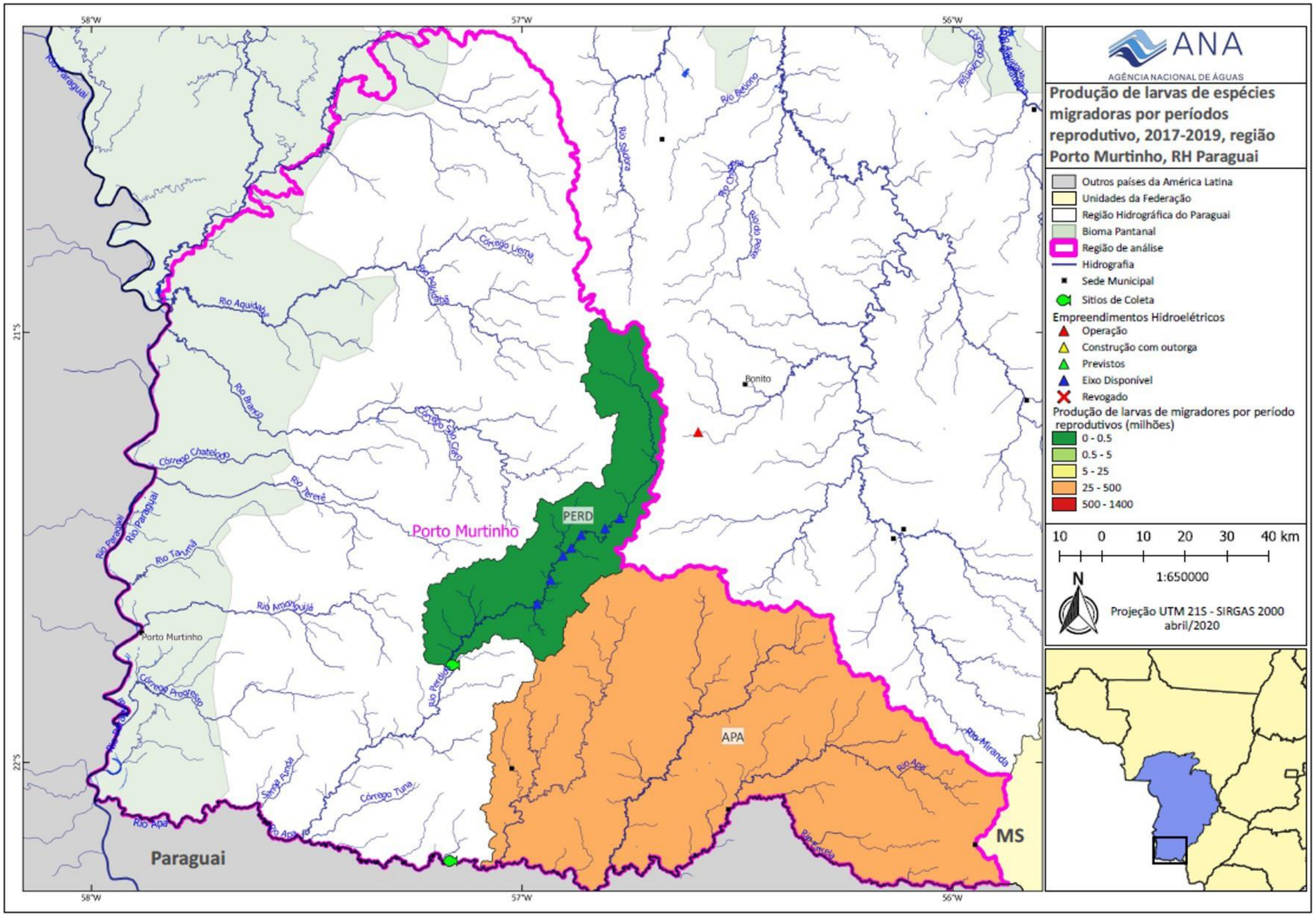


Figura 3 – Fluxo/Produção de larvas de espécies de peixes migradores na região da bacia do rio Apa.

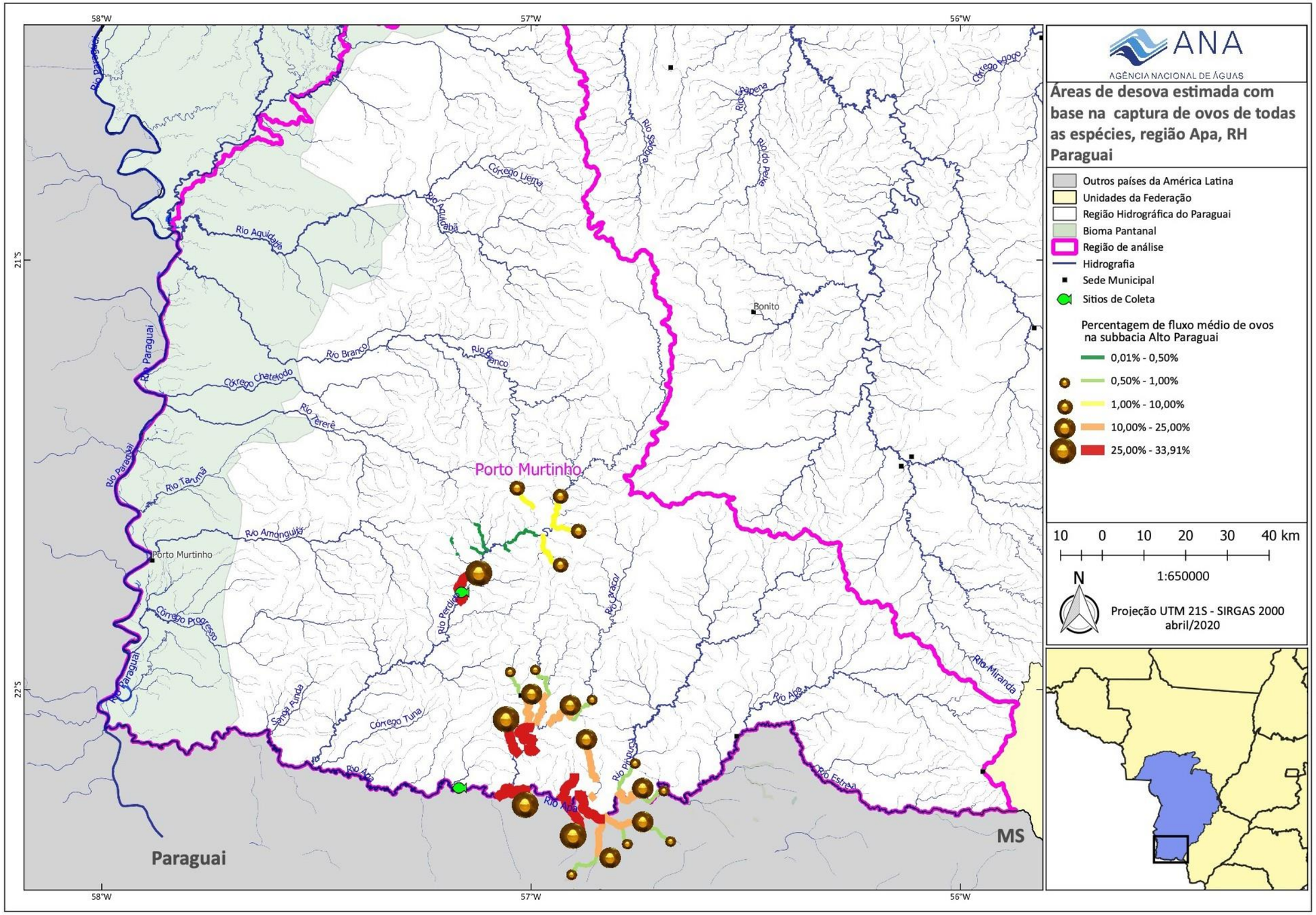


Figura 4 – Estimativa das áreas de desova com base na captura de ovos de todas as espécies para a bacia do rio Apa.

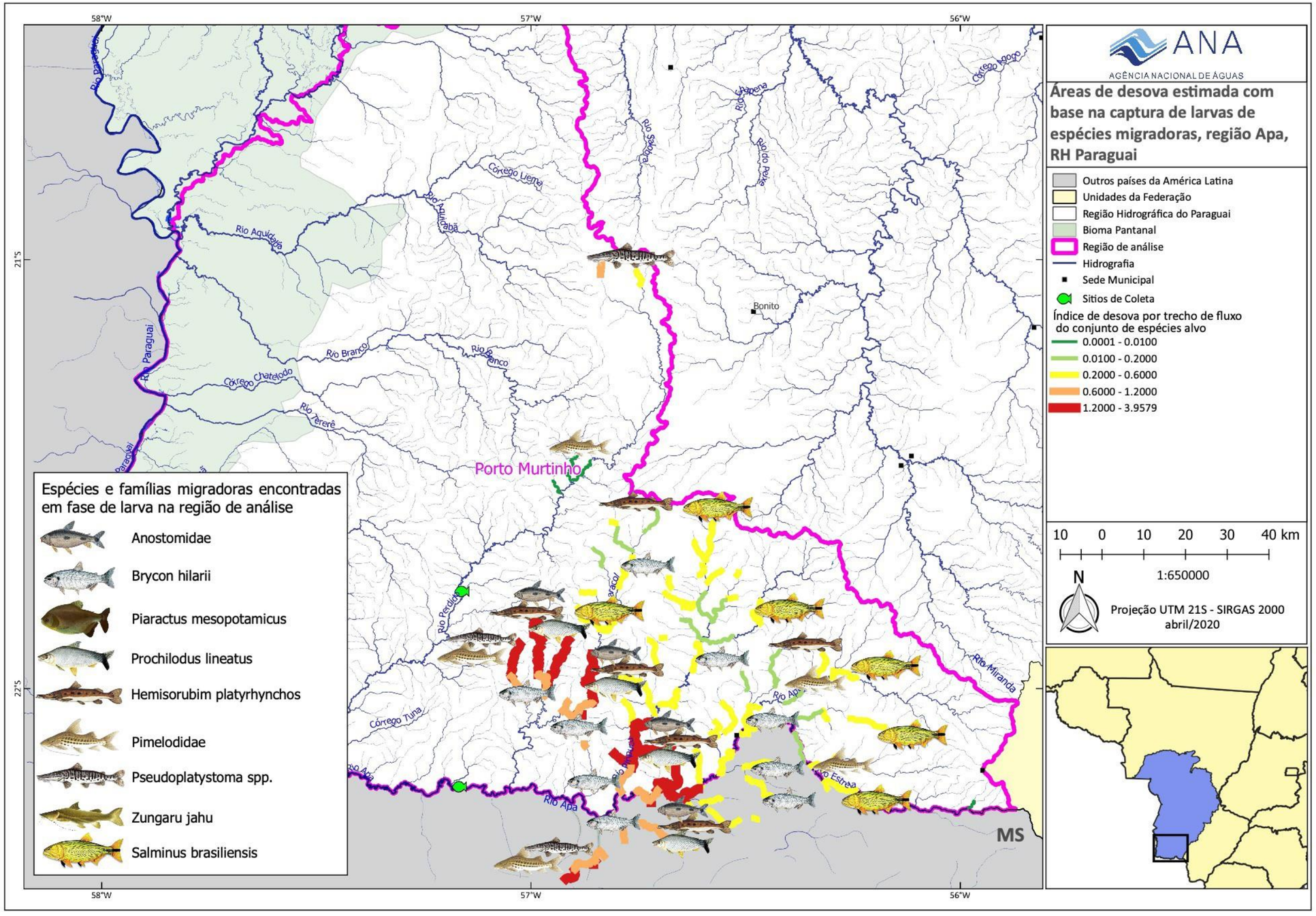


Figura 5 – Estimativa das áreas de desova com base na captura de larvas de espécies alvo, considerando as diferentes fases de desenvolvimento das larvas coletadas na bacia do Apa.

Análise de conectividade na bacia do rio Apa

A bacia do rio Apa é uma bacia relativamente grande, porém apresenta poucos locais com potencial de aproveitamento hidrelétrico, segundo o inventário. Além disso, todos os locais das usinas identificadas no inventário estão sobre o mesmo rio, que é o rio Perdido, um tributário do rio Apa.

A Figura 6 apresenta a rede de drenagem da bacia do rio Apa, de acordo com os dados oficiais BHO5K, utilizados pela ANA, juntamente com a localização das usinas hidrelétricas do inventário, a *rede de drenagem, barragens já existentes e os obstáculos naturais*

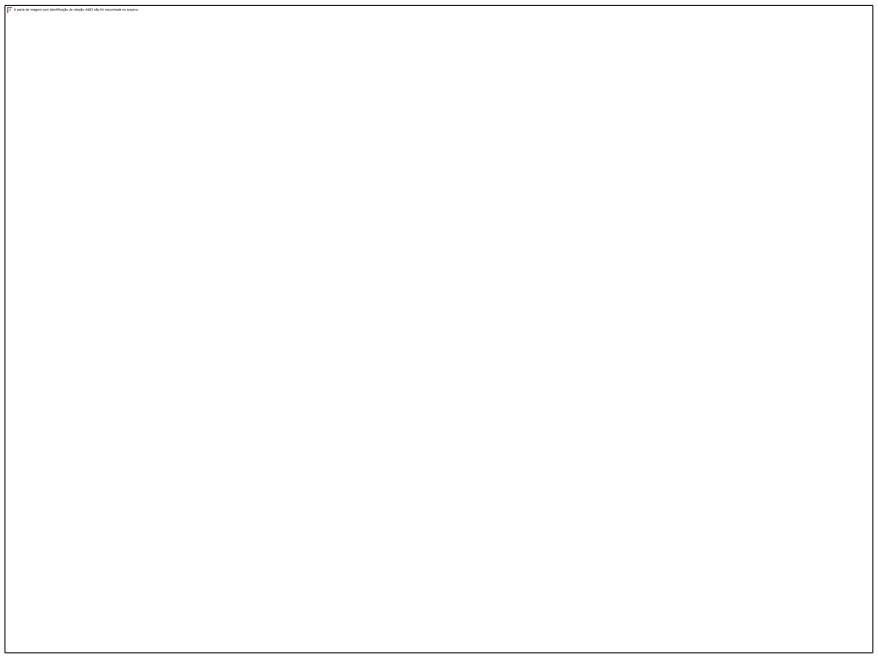


Figura 6- Rede de drenagem da bacia do rio Apa, destacando o rio Perdido e as usinas hidrelétricas identificadas no inventário (pontos amarelos).

Para esta bacia a análise de conectividade pode ser realizada de forma simplificada, já que todos os aproveitamentos hidrelétricos identificados no inventário estão sobre o mesmo rio. Assim, qualquer um dos empreendimentos que venha a ser implementado vai ter como consequência a fragmentação do habitat a montante da barragem, pois não foram identificados obstáculos naturais relevantes ao longo do rio Perdido.

Caso a usina localizada mais a jusante no rio Perdido venha a ser construída, aproximadamente 10% da rede de drenagem total da bacia será desconectada do restante, ficando indisponível para a migração de peixes. Caso a usina localizada mais a montante no rio Perdido venha a ser construída, cerca de 3% da rede de drenagem total da bacia ficará desconectada do restante.

Pesca Profissional Artesanal

Em relação às colônias de pesca, a que se destaca na região é a de Porto Murtinho (Z06), com renda anual de R$ 3 milhões (CV 3,6%), referentes a 136 pescadores ativos, o que gera uma renda anual por pescador de R$ 22,3 mil. O rio mais piscoso é o rio Apa, com 28 toneladas de pescado por período de pesca (CV 36%) (Figura 7).

Pesca Difusa

Na bacia do rio Apa, 59% dos habitantes gostam de pescar, dos quais 6% pescam todos os dias ou quase todos os dias, o que significa que o peixe se torna elemento importante para a segurança alimentar (fonte proteica). A quantidade declarada média de quilos de peixes obtida em cada evento de pesca foi de 4,5 quilos para os pescadores da região. A preferência sobre o local de pesca é em rios próximos (80%), o que ressalta a grande utilização do rio Apa, pela proximidade ao município de Porto Murtinho (Figura 8).

A partir da imagem cor identificação do relação I-BBB não Ne encontrada no arquivo.

Figura 7 – Pesca de peixes migradores por pescadores profissionais artesanais associadas às colônias de pesca da região da bacia do Apa.

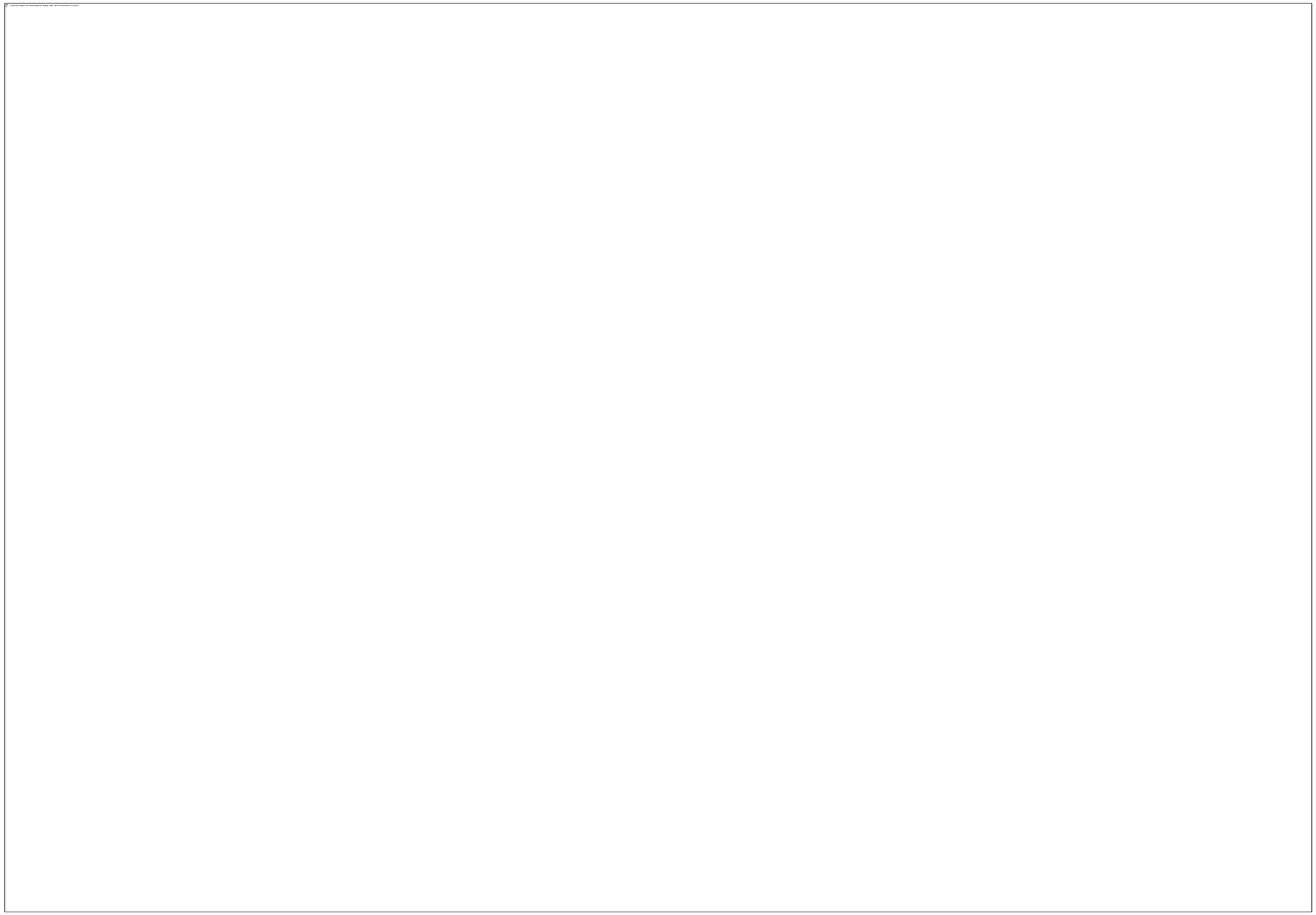


Figura 8– Principais rios para a pesca difusa na região da bacia do rio Apa.

Alterações no regime hidrológico

Avaliação de alterações do regime sazonal

Na bacia do rio Apa, o valor de AH imediatamente a jusante dos empreendimentos hidrelétricos projetados na sub-bacia do rio Perdido chega a valores superiores a 10%. Entretanto, as alterações de regime hidrológico também se dissipam em distância relativamente curta (Figura 9).

Avaliação de alterações do regime sub-diário

Na bacia do rio Apa existem alguns empreendimentos hidrelétricos projetados na sub-bacia do rio Perdido. O mapa da Figura 10 mostra que os efeitos decorrentes dos picos de vazão são perceptíveis em toda a extensão do rio Perdido a jusante das usinas. Na foz do rio Perdido o valor do FSD é próximo de 9%, e, a jusante da confluência com o rio Apa, o valor do FSD cai para 1%, aproximadamente.

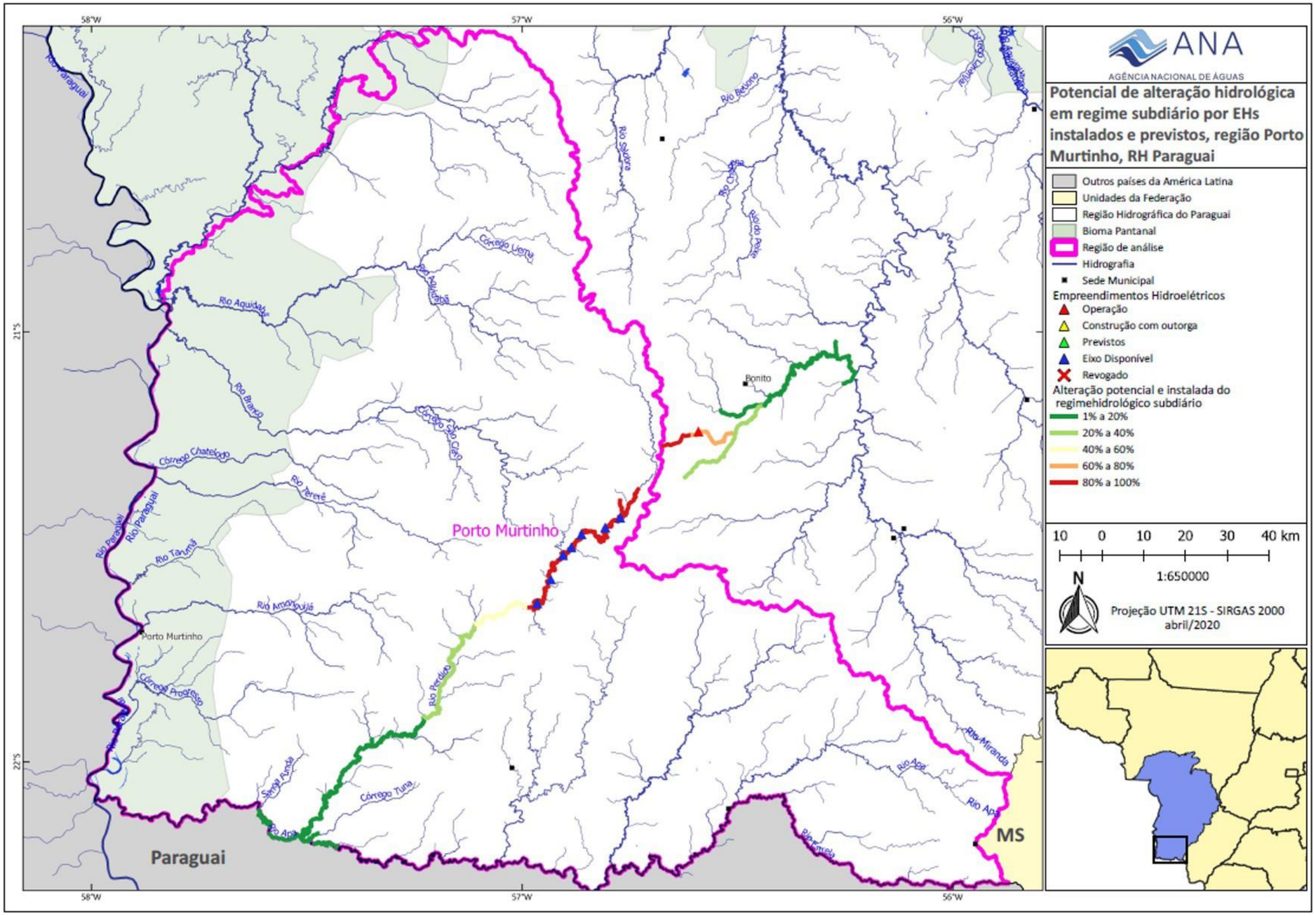


Figura 9 – Mapa de alteração de potencial hidrológico em regime diário na região da bacia do rio Apa, na região de Porto Murtinho.

A carta de trajeto cuja identificação de estação ORD-06-Pe encontrado no mapeo.

Figura 10 – Mapa de alteração de potencial hidrológico em regime sub-diário no rio Perdido, afluente do rio Apa, na região de Porto Murtinho.

Zoneamento proposto

Os resultados obtidos para a bacia do rio Apa indicam, por um lado, áreas que não se demonstraram estratégicas como rota migratória dos migradores, ou seja, importantes para a manutenção dos estoques pesqueiros, nem para a realização da pesca profissional artesanal. Por outro lado, os resultados também indicam áreas que se demonstraram extremamente estratégicas como rota migratória dos migradores e para a realização da pesca profissional artesanal, resultando no zoneamento apresentado na Figura 11.

A área da sub-bacia do rio Perdido é de menor importância para o recurso pesqueiro, pela baixa desova de espécies migratórias nos períodos de análise. Além disso, não há conflito de uso local com atividade pesqueira. Assim sendo, a instalação de novos empreendimentos na sub-bacia mencionada não provocará impactos negativos adicionais sobre o recurso pesqueiro na bacia do rio Apa, nem na RH Paraguai.

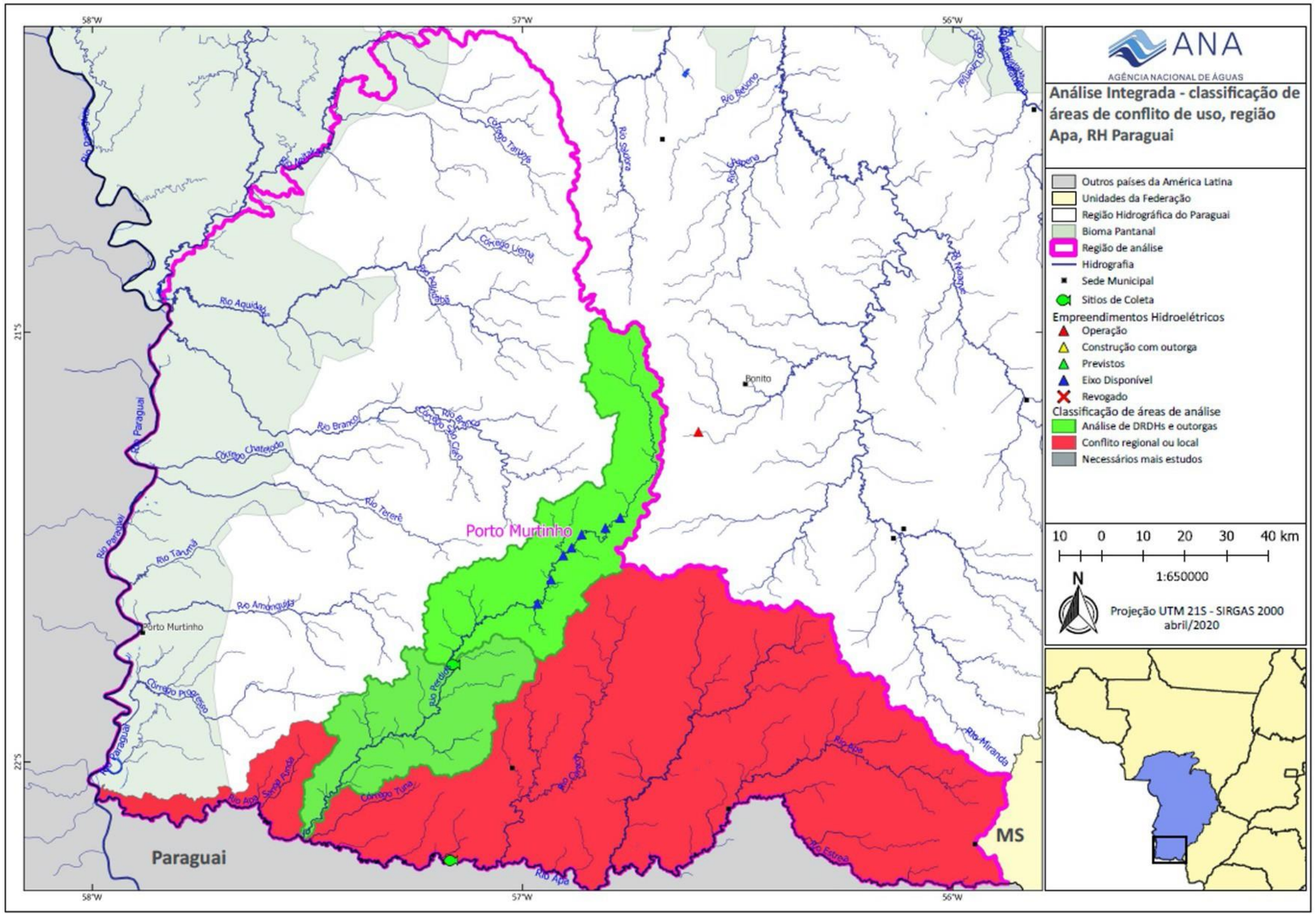
A área identificada como extremamente importante para a manutenção dos recursos pesqueiros é a sub-bacia do rio Apa. Nessa sub-bacia, a reprodução das espécies migradoras foi representativa (grande fluxo de ovos e larvas de migradores) em relação a sub-bacia do Perdido. A instalação de qualquer tipo de barramento interromperá a conectividade entre as áreas de jusante e a montante desses EHs, e consequentemente impedirá a chegada dos peixes migradores até as áreas de desova no tempo exato de maturação. Ao impedir a reprodução, poderá provocar impactos negativos sobre a manutenção dos estoques pesqueiros não somente na bacia do Apa, como também na RH Paraguai como um todo, configurando, portanto, um conflito de uso de caráter regional.

Em síntese, as **áreas não estratégicas** para a manutenção dos estoques pesqueiros e pouco relevante para a conexão entre a planície e o planalto são as bacias dos rios:

- Perdido

As áreas **extremamente estratégicas** como rota migratória dos migradores, ou seja, que permitem a conexão entre a planície e áreas do planalto são as bacias dos rios:

- Apa


ANA
AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS
Análise Integrada - classificação de áreas de conflito de uso, região Apa, RH Paraguai
Outros países da América Latina
Unidades da Federação
Região Hidrográfica do Paraguai
Bioma Pantanal
Região de análise
Hidrografia
Sede Municipal
Sitios de Coleta
Empreendimentos Hidroelétricos
Operação
Construção com outorga
Previstos
Eixo Disponível
Revogado
Classificação de áreas de análise
Análise de DRDHs e outorgas
Conflito regional ou local
Necessários mais estudos
10 0 10 20 30 40 km
1:650000
N
Projeção UTM 21S - SIRGAS 2000
abril/2020
58°W
57°W
56°W
21°S
22°S
Porto Murtinho
Bonito
Paraguai
MS
Rio Paraguai
Rio Aquidauana
Rio Branco
Rio Tererê
Rio Tarumã
Rio Amanguijá
Rio Perdido
Rio Apa
Rio Miranda
Rio Estrela
Rio Sucuri
Rio Feio
Rio Novo
Rio Salobra
Rio Mondego
Rio Sucuriú
Rio Aquidauanzinho
Rio Dourados
Rio Ivinheima
Rio Ivinhema
Rio Brilhante
Rio Ivaí
Rio Ipiranga
Rio Ipuã
Rio Ipuã Grande
Rio Ipuã Pequeno
Rio Ipuã Mirim
Rio Ipuã Mirim Grande
Rio Ipuã Mirim Pequeno
Rio Ipuã Mirim Mirim
Rio Ipuã Mirim Mirim Grande
Rio Ipuã Mirim Mirim Pequeno
Rio Ipuã Mirim Mirim Mirim
Rio Ipuã Mirim Mirim Mirim Grande
Rio Ipuã Mirim Mirim Mirim Pequeno
Rio Ipuã Mirim Mirim Mirim Mirim
Rio Ipuã Mirim Mirim Mirim Mirim Grande
Rio Ipuã Mirim Mirim Mirim Mirim Pequeno
Rio Ipuã Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim
Rio Ipuã Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Grande
Rio Ipuã Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Pequeno
Rio Ipuã Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim
Rio Ipuã Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Grande
Rio Ipuã Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Pequeno
Rio Ipuã Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim
Rio Ipuã Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Grande
Rio Ipuã Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Pequeno
Rio Ipuã Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim
Rio Ipuã Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Grande
Rio Ipuã Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Pequeno
Rio Ipuã Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim
Rio Ipuã Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Grande
Rio Ipuã Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Pequeno
Rio Ipuã Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim
Rio Ipuã Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Grande
Rio Ipuã Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Pequeno
Rio Ipuã Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim
Rio Ipuã Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Grande
Rio Ipuã Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Pequeno
Rio Ipuã Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim
Rio Ipuã Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Grande
Rio Ipuã Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Pequeno
Rio Ipuã Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim
Rio Ipuã Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Grande
Rio Ipuã Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Pequeno
Rio Ipuã Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim
Rio Ipuã Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Grande
Rio Ipuã Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Pequeno
Rio Ipuã Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim
Rio Ipuã Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Grande
Rio Ipuã Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Pequeno
Rio Ipuã Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim
Rio Ipuã Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Grande
Rio Ipuã Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Pequeno
Rio Ipuã Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim
Rio Ipuã Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Grande
Rio Ipuã Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Pequeno
Rio Ipuã Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim
Rio Ipuã Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Grande
Rio Ipuã Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Pequeno
Rio Ipuã Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim
Rio Ipuã Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Grande
Rio Ipuã Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Mirim Pequeno
Rio Ipuã Mirim
Rio Ipuã Mirim Grande
Rio Ipuã Mirim Pequeno
Rio Ipuã Mirim
Rio Ipuã Mirim Grande
Rio Ipuã Mirim Pequeno
Rio Ipuã Mirim
Rio Ipuã Mirim Grande
Rio Ipuã Mirim Pequeno
Rio Ipuã Mirim
Rio Ipuã Mirim Grande
Rio Ipuã Mirim

PRH PARAGUAI

Estudos de Avaliação dos Efeitos da Implantação de Empreendimentos Hidrelétricos da Região Hidrográfica do Paraguai

RESUMO EXECUTIVO
ANEXO 8

Relação de participantes do projeto

Brasília (DF), 2020

ANEXO 8 - Relação de participantes do projeto

Os **Estudos de Avaliação dos Efeitos da Implantação de Empreendimentos Hidrelétricos da Região Hidrográfica do Paraguai** pela diversidade de temas e extensão geográfica, contaram com equipes multidisciplinares e multi-institucionais situadas em Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Pará, Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo e Distrito Federal. Ao todo foram 83 pesquisadores, 33 estudantes de pós-graduação, 42 estudantes de graduação e 95 técnicos (apoio administrativo e logístico).

Para acompanhar o desenvolvimento do projeto em seus diversos temas, foi instituído por meio da Portaria ANA 365/2017 um grupo de acompanhamento temático, constituído por servidores da ANA com experiência nos temas dos estudos (hidrologia, qualidade da água, ictiofauna e estatística pesqueira, socioeconomia e energia, e sistema de suporte à decisão), e um grupo de acompanhamento institucional, com representantes dos órgãos gestores estaduais do Mato Grosso (Secretaria de Estado de Meio Ambiente – SEMA/MT) e do Mato Grosso do Sul (Instituto de Meio Ambiente do Mato Grosso do Sul – IMASUL/MS), além da ANA.

Fundação Eliseu Alves

Diretoria
José Manuel Cabral de Sousa Dias, Diretor-Presidente
Fernando Antonio Araujo Campos, Diretor Técnico (acumulando Diretoria Administrativa-financeira)
Elísio Contini – ex-Diretor Presidente
Alexandre Barcellos - ex-Diretor Presidente

Coordenação Executiva
Cláudio Amâncio, Assessor Executivo
Suelma Cardoso – Gerente de Projetos
Clébia Oliveira Sobrinho – Gerente Administrativa-Financeira

Consultor (geógrafo)
Tainá Labrea Ferreira, Pesquisador

Apoio Administrativo
Amanda Batista
Danielly Batista
Jackeline Campos
Elizabeth Saraiva

Conselho Consultivo
Angelo Antonio Agostinho
Elimar Pinheiro do Nascimento
Emiko Kawakami de Resende
Miguel Petrere Junior
Rodrigo Flecha Ferreira Alves
Walter Collischonn

Estudos Hidrológicos

Coordenação Temática
Carlos Padovani, Embrapa Pantanal
Walter Collischonn, Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – IPH/UFRGSH

Regime Hidrológico

Coordenação
Walter Collischonn

Equipe
Adriano Rolim da Paz
Maria Marcella Medeiros Melo
Pedro Frediani Jardim

Conectividade

Coordenação
Walter Collischonn

Equipe
Pedro Frediani Jardim

Padrões espaço-temporais das inundações do Pantanal

Coordenação
Carlos Roberto Padovani, Embrapa Pantanal, MS

Equipe técnica
Alex Fernando de Araújo, Pesquisador, Instituto Federal de Educação (IFMS), Três Lagoas - MS
Júlio Cézar Mora Esquerdo, Pesquisador, Embrapa Informática Agropecuária, Campinas - SP
Renato Porfirio Ishii, Pesquisador, Faculdade de Computação, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS), Campo Grande - MS

Alunos e estagiários
Guilherme Carvalho, graduando em Sistemas de Informação, Faculdade de Computação, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS), Campo Grande - MS
Hernanes de Oliveira Almeida, Tecnólogo em Redes de Computadores, Faculdade de Computação, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS), Campo Grande - MS

Diego Bulhões Moraes, graduando em Sistemas de Informação, Faculdade de Computação, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS), Campo Grande - MS

Conexão lateral rio-planície no Pantanal

Coordenação
Carlos Roberto Padovani, Embrapa Pantanal, MS

Equipe técnica
Andressa Padovani Gil, Mestranda em Geografia, Universidade Estadual de Mato Grosso, Cáceres - MT
Daniel Andrade Maciel, Doutorando em Sensoriamento Remoto do Instituto Nacional de Pesquisas Especiais – INPE, São José dos Campos – SP

Apoio administrativo e logístico
Fundação Eliseu Alves (FEA) e Embrapa

Qualidade da Água e Hidrossedimentologia

Coordenação Temática
Marcia Divina de Oliveira, Embrapa Pantanal

Coordenação
Marcia Divina de Oliveira, Embrapa Pantanal (qualidade de água)
Ibraim Fantin da Cruz, Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT (hidrossedimentologia)

Equipe Técnica
Peter Zeilhofer, Geógrafo, Qualidade de Água, PPGGeo e PPGRH, UFMT
Rafael Mingoti, Embrapa Instrumentação Agropecuária
Rubia Fantin da Cruz, Bióloga, qualidade de água, UFMT
Stephen K. Hamilton, Biólogo, Biogeoquímica, Michigan State University, USA
Daniela Maimoni de Figueiredo, Bióloga, Qualidade de água, PPGRH-UFMT
Eliana Freire Gaspar de Carvalho Dores, Química, Qualidade da Água, PPGRH-UFMT
Olavo Pedrollo, Engenheiro Civil, Modelagem Qualidade de Água, IPH/UFRGS.
Juliana Andrade Campos, Doutoranda em Recursos Hídricos, PPGRHSA-IPH.
Marcel Medinas de Campos, Mestrando em Recursos Hídricos, UFMT
Wilkinson Lopez Lázaro, Biólogo, Qualidade de água, UNEMAT
Vander Kaufman, Hidrólogo, Hidrossedimentologia, NaturWelt Serviços Ambientais
Pierre Girard, Geólogo, Hidrossedimentologia, PPGRH-UFMT
Cristóvão Scapulatempo, Engenheiro Civil, Modelagem da qualidade da água, UFPR
Carlos Roberto Padovani, Biólogo, sensoriamento remoto, Embrapa Pantanal
Eduardo Morgan Uliana, Engenheiro Ambiental, Hidrologia, PPGRH-UFMT
Valdeci Antônio de Oliveira, Hidrossedimetologia, Mega Consultoria Ambiental.
Lucas Olegário Bueno, Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMT
Patricia D'Angol, Engenheira Ambiental, Hidrossedimentologia, Mestranda Engenharia Ambiental, UFSC.
Dempsey Thrweyce Alves de Arruda e Silva, Mestrando em Recursos Hídricos, UFMT

Juliane Stella Martins Costa de Figueiredo, Mestranda em Recursos Hídricos, UFMT
Jaqueline Kaiser, Engenheira Sanitarista e Ambiental, Mestranda em Recursos Hídricos, UFMT
Tainá Labrea, Geógrafo, UnB
Lumena de Lima Jaques, Graduanda em Engenharia Química, UnB
Isabelly Cristina Araújo, Engenheira Ambiental, bolsista AT-CNPQ.
Josias de Campos Oliveira, Biólogo, Embrapa Pantanal
Hernandes Monteiro, Embrapa Pantanal
Antônio Arantes, Biólogo, Embrapa Pantanal
Caroline Alvez Dávalos dos Santos, Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMT
Edmar Marques Santos, Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMT
Nilmara Reis Sales de Oliveira, Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMT
Letícia de Souza Ribeiro, Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMT
Geovanna Mikaelle Santos Silva, Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMT
Jéssica Nicolau Vieira, Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMT
Rafael Luis Menezes Tomborelli, Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMT
Danielly Gomes dos Santos Sobrinho, Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMT
Larissa da Silva Mattos, Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMT
Adriano Dias Amaro, Graduando em Ciências Biológicas, UFMT

Estatística Pesqueira, Ictiofauna e Ictioplâncton

Coordenação Temática
Agostinho Catella, Embrapa Pantanal
Andréa Bialetzki, UEM/Nupélia

Estatística Pesqueira

Coordenação Temática
Agostinho Catella, Embrapa Pantanal

Equipe Executora
Agostinho Catella, Pesquisador, Embrapa Pantanal
Neusa Arenhart, Analista de Meio Ambiente, SEMA-MT

Consultores de estatística pesqueira
Aristides Lima Green, Analista IBGE aposentado
Guilherme Guimarães Moreira, Analista IBGE

Assistente de Coordenação
Isadora Rodriguez Sambrana, Fundação Eliseu Alves
Milena M. Monaco Moreira, Fundação Eliseu Alves
Nathalia Rossetto, Fundação Eliseu Alves
Luana Gabriele A. Braun, Fundação Eliseu Alves

Analista de Sistema
Claudio Pereira Flores, Embrapa Pantanal

Digitadora
Amanda Pereira Gusmão, Fundação Eliseu Alves

Coletores de dados de pesca
Mato Grosso do Sul
Ademilson Vieira, Colônia de Pescadores Z18 – Anastácio
Caroline Andrade Decknis, Colônia de Pescadores Z18 – Anastácio
Claudison Junior Gomes Mendes, Colônia de Pescadores Z01 – Corumbá
Elivelton Corrêa de Oliveira, Colônia de Pescadores Z06 – Porto Murtinho
Gabriel Santos Louveira, Colônia de Pescadores Z18 – Anastácio
Geisiane Aparecida de Santos, Colônia de Pescadores Z11 – Bonito
João Paulo Alvarenga de Amorim, Colônia de Pescadores Z18 – Anastácio
Josiane dos Santos, Colônia de Pescadores Z05 - Miranda, APAIM
Larissa Cabreira Correa, Colônia de Pescadores Z07 – Aquidauana e Z18 – Anastácio
Lorran Lucas Silva de Oliveira, Colônia de Pescadores Z14 – Ladário
Nayra Helena de L. Pereira Esquer, Colônia de Pescadores Z01 – Corumbá
Rodrigo Everton da Silva, Colônia de Pescadores Z02 – Coxim
Wendy Judy Padilla Castro, Colônia de Pescadores Z01 – Corumbá

Mato Grosso
Ana Cláudia Viana, Colônia de Pescadores Z10 – Barra do Bugres
Carolina F. C. P. Pereira Barros, Colônia de Pescadores Z02 – Cáceres, APEC
Edeneide Gomes S. Carvalho, Colônia de Pescadores Z11 – Poconé
Evandro Carvalho de Siqueira, Colônia de Pescadores Z14 – Várzea Grande
Herikee Anthony Vargas, Colônia de Pescadores Z02 – Cáceres, APEC
Hudson J. L. Teodoro da Silva, Colônia de Pescadores Z03 – Rondonópolis
Josimar Jackson de Miranda, Colônia de Pescadores Z14 – Várzea Grande
Kleiton Roberto de Souza, Colônia de Pescadores Z08 – S. Antonio do Leverger
Layne Maria Pires da Silva, Colônia de Pescadores Z13 – Rosário Oeste
Luiz Paulo Reis de A. Oliveira, Colônia de Pescadores Z01 – Cuiabá
Maiara Moraes Lucas, Colônia de Pescadores Z04 – Nobres
Nilo Leal Sander, Colônia de Pescadores Z02 – Cáceres, APEC
Pâmela Batista da Silva, Colônia de Pescadores Z05 – Barão de Melgaço
Renata Aparecida S. Oliveira, Colônia de Pescadores Z05 – Barão de Melgaço
Sandra Maria de O. Ferreira, Colônia de Pescadores Z01 – Cuiabá

Ictiofauna e ictioplâncton

Coordenação Temática

Andréa Bialetzki, Bióloga do Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura da Universidade Estadual de Maringá – Nupélia/UEM

Equipe Executora

Alexandre Cunha Ribeiro, Pesquisador, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT)
Carla Simone Pavanelli, Pesquisadora, Bióloga do Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura da Universidade Estadual de Maringá - Nupélia/UEM
Elaine Antoniassi Luiz Kashiwaqui, Pesquisadora, Docente da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS
Fernando Rogério de Carvalho, Pesquisador, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS
Jerry Magno F. Penha, Pesquisador, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT
Karina Keyla Tondato, Pesquisadora, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS
Lúcia A. de Fátima Mateus, Pesquisadora, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT
Wladimir Marques Domingues, Pesquisador, Biólogo do Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura da Universidade Estadual de Maringá - UEM/Nupélia
Yzel Rondon Súarez, Pesquisador, Docente da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS

Equipes colaboradoras

Universidade Estadual de Maringá UEM/Nupélia

Pesquisadores

Andréa Bialetzki, coordenadora
Carla Simone Pavanelli
Claudemir Martins Soares
Cláudio Henrique Zawadzki
Diego Alves Correa
Edson Kiyoshi Okada
Eliana Maria Galdioli
Gabriel de Carvalho Deprá
Harumi Irene Suzuki
Jislaine Cristina da Silva
João Dirço Latini
Lilian Paula Vasconcelos
Luiz Carlos Gomes
Renata Ota
Rosemara Fugi
Samuel Veríssimo
Weferson Júnio da Graça
Wladimir Marques Domingues

Consultor

Angelo Antonio Agostinho

Apoio em Campo e Laboratório
Alfredo Soares da Silva
Carlos Eduardo Vargas Grou
Celso Pereira dos Santos
Emanuele Stopa Santos
Erica Ikedo
Francisco Alves Teixeira
Giovana Rodrigues Alves
Ivani Lopes Alencar
José Ricardo Gonçalves
Juliana Serrano Dias Polli
Márcia Sayuri Iquematsu
Marli Cristina Campos
Regina Cíntia C. Machado Velho
Rosimeire Ribeiro Antonio
Sebastião Rodrigues
Valdecir Rodolfo Casaré
Valdenir Ferreira de Souza
Valdir Aparecido Capatti
Valmir Alves Teixeira

Apoio Administrativo
Maria Cecília Olher
Marlyze Correa Tenório
Norton Luiz Milagres

Alunos de graduação e pós-graduação
Augusto Frota, Doutorando – PPG em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais/UEM
Bárbara Angélio Quirino, Doutoranda – PPG em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais/UEM
Conrado Quinteiro Neto, Graduando – Ciências Biológicas/UEM
Danilo Nunes Nicola, Doutorando – PPG em Biologia Comparada/UEM
Isadora Cristina Bianchi Costa, Graduanda - Ciências Biológicas/UEM
João Vitor Fonseca da Silva, Doutorando – PPG em Biologia Comparada/UEM
Lorena Rufato Rizo, Graduanda – Ciências Biológicas/UEM
Luiz Guilherme Thiago Ferreira, Graduando – Ciências Biológicas/UEM
Maria Julia Mileo Ganassin, Doutoranda – PPG em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais/UEM
Matheus Baumgartner, Doutorando – PPG em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais/UEM
Matheus Zirondi Roloff, Graduando – Ciências Biológicas/Unicesumar
Merieli de Melo da Silva, Mestranda – PPG em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais/UEM
Rafael Rogério Rosa, Doutorando – PPG em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais/UEM

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS/Dourados e Mundo Novo
Pesquisadores
Yzel Rondon Súarez, coordenador

Alessandra Ribeiro de Moraes
Elaine Antoniassi Luiz Kashiwaqui
Sidnei Eduardo Lima Júnior

Apoio em Campo e Laboratório
Alcione Refatti
Deisiane Maciel Neiva
Dhonatan O. Santos
Lucilene Finoto Viana
Luis Cesar Lavarda
Vitor Alves da Silva

Alunos de graduação e pós-graduação
Adriana Fernandes Riveros, Graduanda - Ciências Biológicas/UEMS
Adriana Maria Espinóza Fernando, Mestranda - PPG em Ecologia e Conservação/UFMS
Andréa Gonzales Dantas Carvalho, Graduanda - Ciências Biológicas/UEMS
Bianca de Oliveira Souza, Graduanda - Ciências Biológicas/UEMS
Djalma Pereira Moraes, Doutorando - PPG em Recursos Naturais/UEMS
Fabiane Silva Ferreira, Doutoranda - PPG em Recursos Naturais/UEMS
Isabelle de Almeida Monaco, Doutoranda - PPG em Recursos Naturais/UEMS
Julio Cesar Jut Solórsano, Doutorando - PPG em Recursos Naturais/UEMS
Ladislao Wychoski Benfatti, Mestrando - PPG em Recursos pesqueiros e Engenharia de Pesca/Unioeste
Maiane Jardim Pereira, Doutoranda - PPG em Recursos Naturais/UEMS
Marcelo Vieira da Silva, Mestrando - PPG em Recursos Naturais/UEMS
Marcos Massuo Kashiwaqui, Doutorando - PPG em Agronomia/Unioeste
Patrícia Luna Rondon, Doutoranda - PPG em Ecologia e Conservação/UFMS

Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT/Cuiabá
Pesquisadores
Alexandre Cunha Ribeiro
Daniela Ferreira
Hugmar Pains da Silva
Jerry Magno F. Penha
Katiane Mara Ferreira
Lúcia A. de Fátima Mateus

Apoio em Campo e Laboratório
Enésio Francisco Leôncio
Jacira Amaral Alves
Luiz Carlos de Sá Neves
Renata Souza
Rosa Maria Rodrigues da Costa

Alunos de graduação e pós-graduação
Amanda Cristina Monteiro Viana
Brayan A. Rosa Massaroli, Mestrando - PPG em Ecologia e Conservação da Biodiversidade/UFMT
Bruna Gabriel, Graduanda - Ciências Biológicas/UFMT

Camila Lermen Specht, Graduanda - Ciências Biológicas/UFMT
Ediele Mayara do Vale Bastos, Graduanda - Ciências Biológicas/UFMT
Evelyn Barzotto da Silva, Doutoranda - PPG em Ecologia e Conservação da Biodiversidade/UFMT
Geórgia Liz da Silva F. M. Sant'ana, Graduanda - Ciências Biológicas/UFMT
Gisele da Silva F. Braga, Doutoranda - PPG em Ecologia e Conservação da Biodiversidade/UFMT
Ítalo Silva Duarte, Graduando - Ciências Biológicas/UFMT
Iussa L. S. Bacani de la Cruz, Graduando - Medicina Veterinária/UFMT
Jhenny Morales, Doutoranda - PPG em Ecologia e Conservação da Biodiversidade/UFMT
Keithiely Nonato Pereira, Graduanda - Ciências Biológicas/UFMT
Luiz Felipe M. N. Silva, Graduando - Ciências Biológicas/UFMT
Nathália Victória S. da Silva, Graduanda - Ciências Biológicas/UFMT
Pábila Stephanie de S. Arruda, Doutoranda - PPG em Ecologia e Conservação da Biodiversidade/UFMT
Péricles de Figueiredo Pinho, Graduando - Ciências Biológicas/UFMT
Tatiane Pires de Sousa, Doutoranda - PPG em Ecologia e Conservação da Biodiversidade/UFMT
Thayana Iasmin da Silva Campos, Graduanda - Ciências Biológicas/UFMT
Vinícius Barbosa Correa, Graduando - Ciências Biológicas/UFMT

Motoristas
Luiz Carlos de Sá Neves
Enésio Francisco Leôncio

Pescadores
Sr. André, Tangará da Serra
Sr. Valdeci, Barra do Bugres
Sr. José Pirata, Cáceres
Sr. Pedro, Cáceres/Jauru
Sr. Benedito, Santo Antônio
Sr. Leandro, Cabaçal I

Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT/Rondonópolis
Pesquisadores
Karina Keyla Tondato
Simoni Maria Loverde Oliveira

Apoio em Campo e Laboratório
Clevison Neris Santana.
Fernanda dos Passos Dias
Lucineia Batista Cardoso
Silvania Pereira da Silva
Valdeci Antônio de Oliveira

Alunos de graduação e pós-graduação
Alecsandra Pazza Martarello, Graduanda - Ciências Biológicas/UFMT
Alessandra Carniato Peil, Graduanda - Ciências Biológicas/UFMT
Josemar Joaquim Veloso, Graduando - Ciências Biológicas/UFMT
Mônica Ehrhardt, Graduanda - Ciências Biológicas/UFMT

Shayana de Souza Oliveira, Graduanda - Ciências Biológicas/UFMT
Vinícius Terra Nascimento de Oliveira, Graduando - Ciências Biológicas/UFMT

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS
Pesquisadores
Fernando Rogério de Carvalho
Karina Keyla Tondato
Laura Modesti Donin
Luiz Fernando Caserta Tencatt

Universidade Federal do Pará -UFPA
Consultor
Miguel Petrere Júnior

Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS / Instituto de Pesquisas Hidráulicas – IPH
Pesquisadores
Pedro Frediani Jardim
Walter Collischonn

Socioeconomia e Energia

Coordenação
Maurício Amazonas – CDUS/UnB

Energia
João Nildo Souza Vianna
Gabriel Leuzinger
Mauricio Amazonas
Zenaide Rodrigues Ferreira
Tainá Labrea Ferreira

Cadeia Produtiva de Pesca

Supervisores
Mauricio Amazonas
Elimar Pinheiro do Nascimento

Coordenadores de campo
Zenaide Rodrigues Ferreira
José Roberto da Silva Lunas
Elizabeth Dalana Pazello
Cesar Yuji Fujihara
Eleusina Rodrigues Sampaio de Souza
Mariana de Oliveira Neves
Nilo Leal Sander
Cristiane Lima Façanha
Joari Costa de Arruda
Djair Sergio de Freitas Junior

Geógrafo
Tainá Labrea

Estatístico
Alan Ricardo da Silva

Assessora especial
Carolina Joana Silva

Entrevistadores
Luiz Guilherme
Aparecida de Fátima
Jefferson Emerick
Loraine Domingos
Emerson Luiz
Ciro Rangel
Johny de Carli Santos
Belisa Martins Mathias Lunas
Ada Cristina Ferreira
Vancleber Divino Silva Alves
Odair Diogo da Silva
Andressa Ketllen dos S. Souza
Luis Filipe Souza
Maria Cristiane Fernandes da Silva Lunas
Arthur Gomes da Silva Monteiro
João dos Santos