

## APÊNDICE 1

### Síntese dos Resultados para a Região do Alto Paraguai (UPGs/MT P1, P2 e P3)

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:

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

#### 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):** 9,4 bilhões de ovos e 6,3 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).

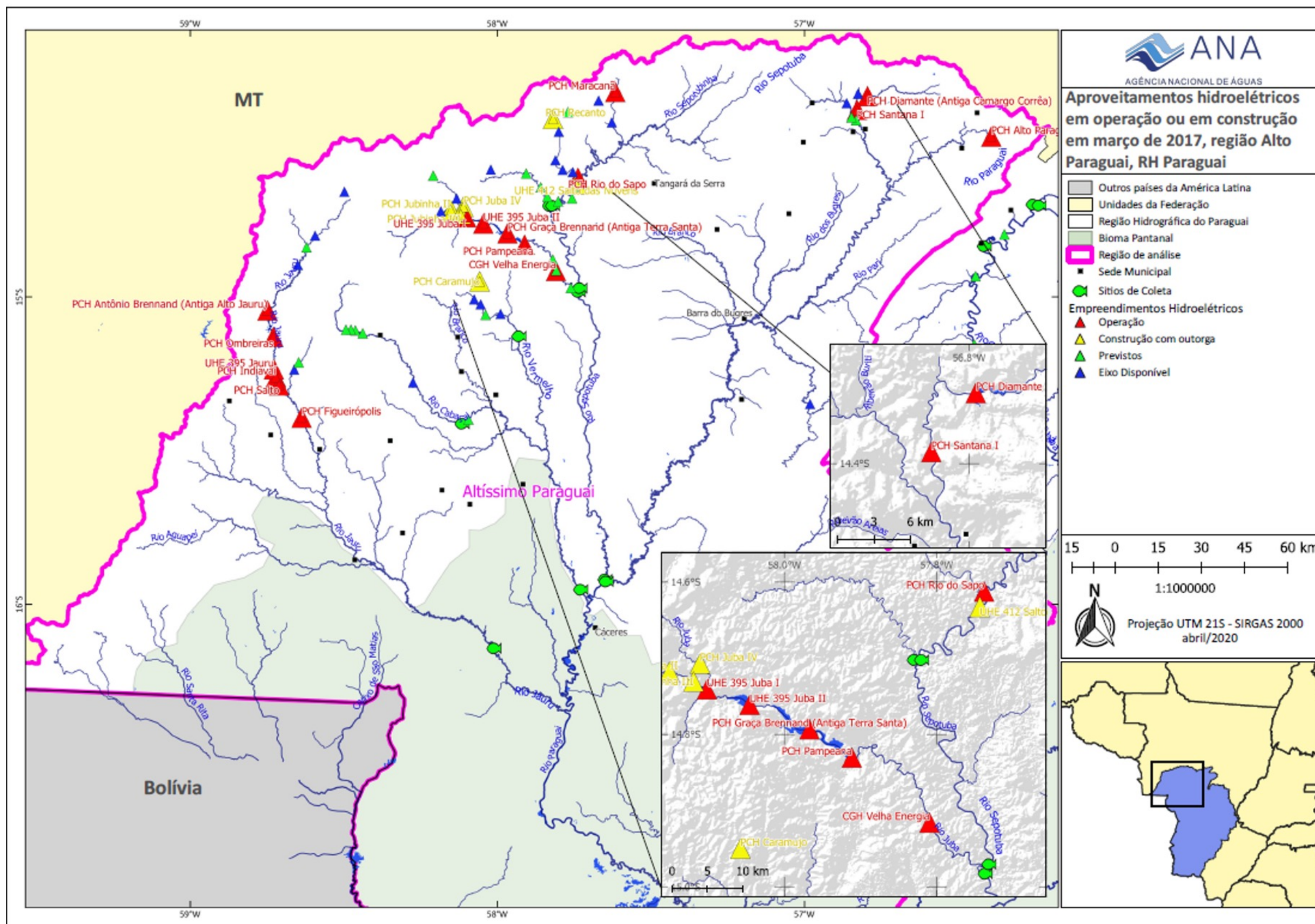


Figura 1 - Localização dos empreendimentos hidrelétricos na região do Alto Paraguai.

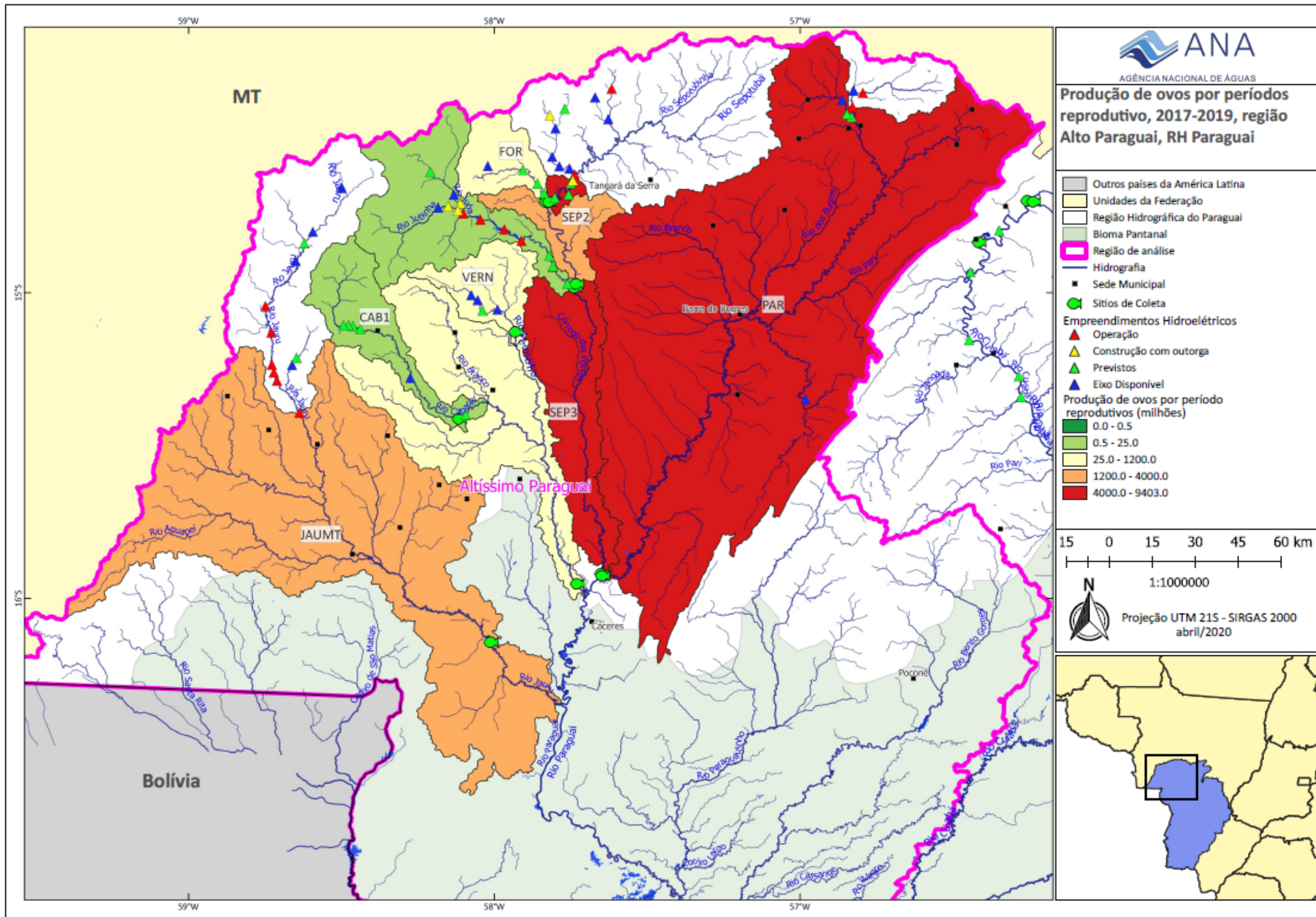


Figura 2 – Produção/Fluxo de ovos por período reprodutivo na região do Alto Paraguai.

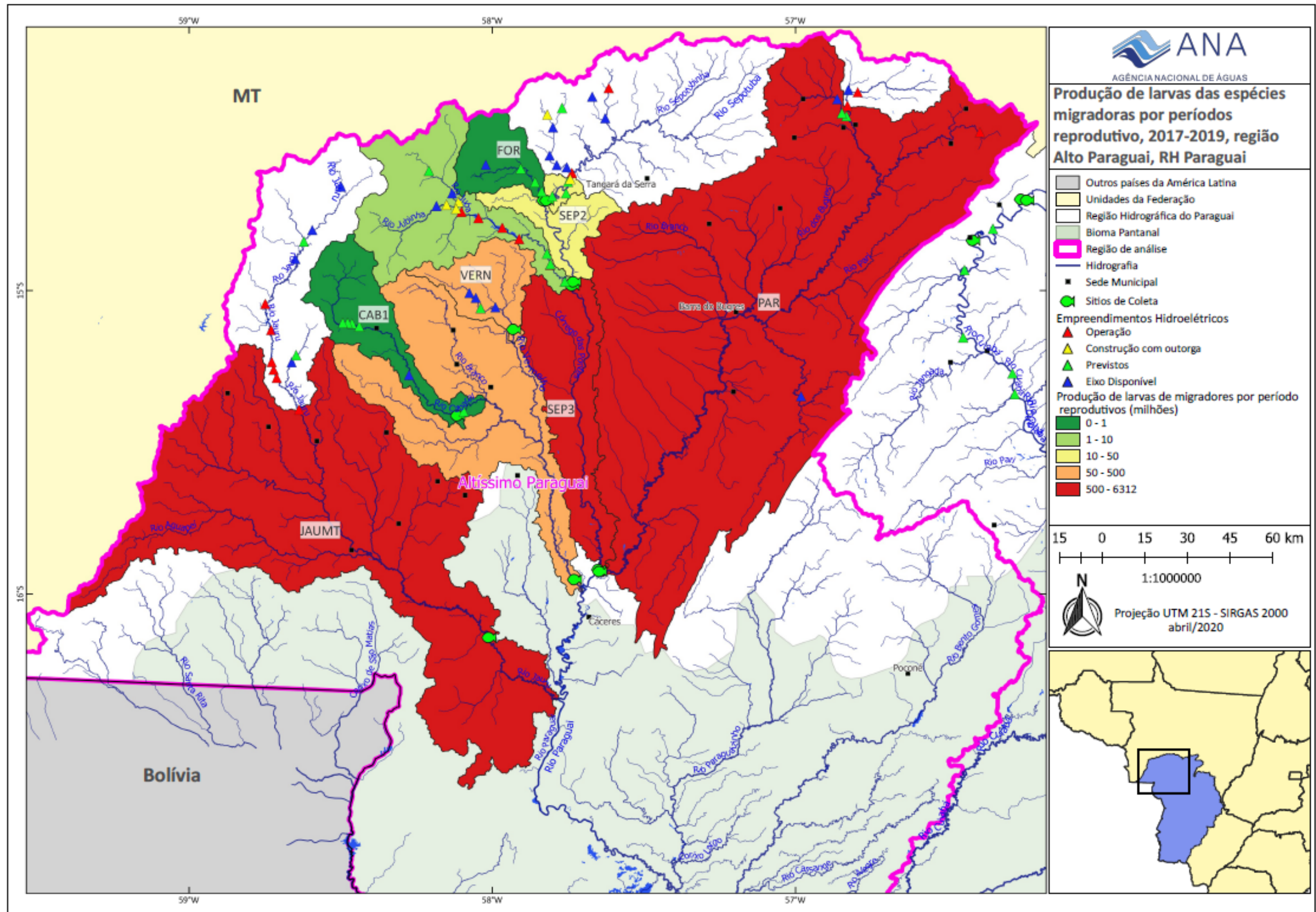


Figura 3 – Fluxo total de larvas das espécies de peixes migradores por período reprodutivo na região do Alto Paraguai.

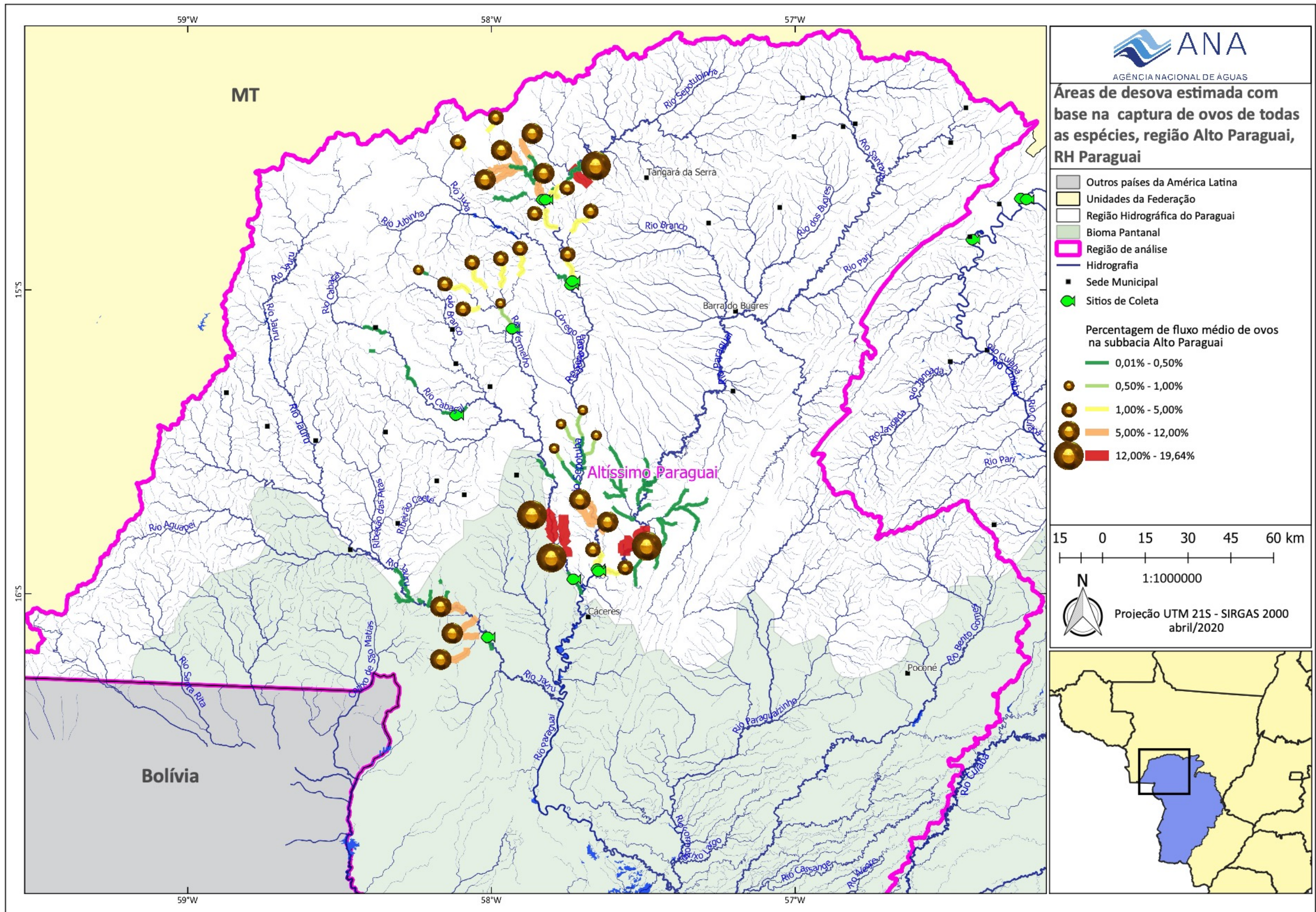


Figura 4- Áreas de desova estimadas com base na captura de ovos de todas as espécies na região do Alto Paraguai.

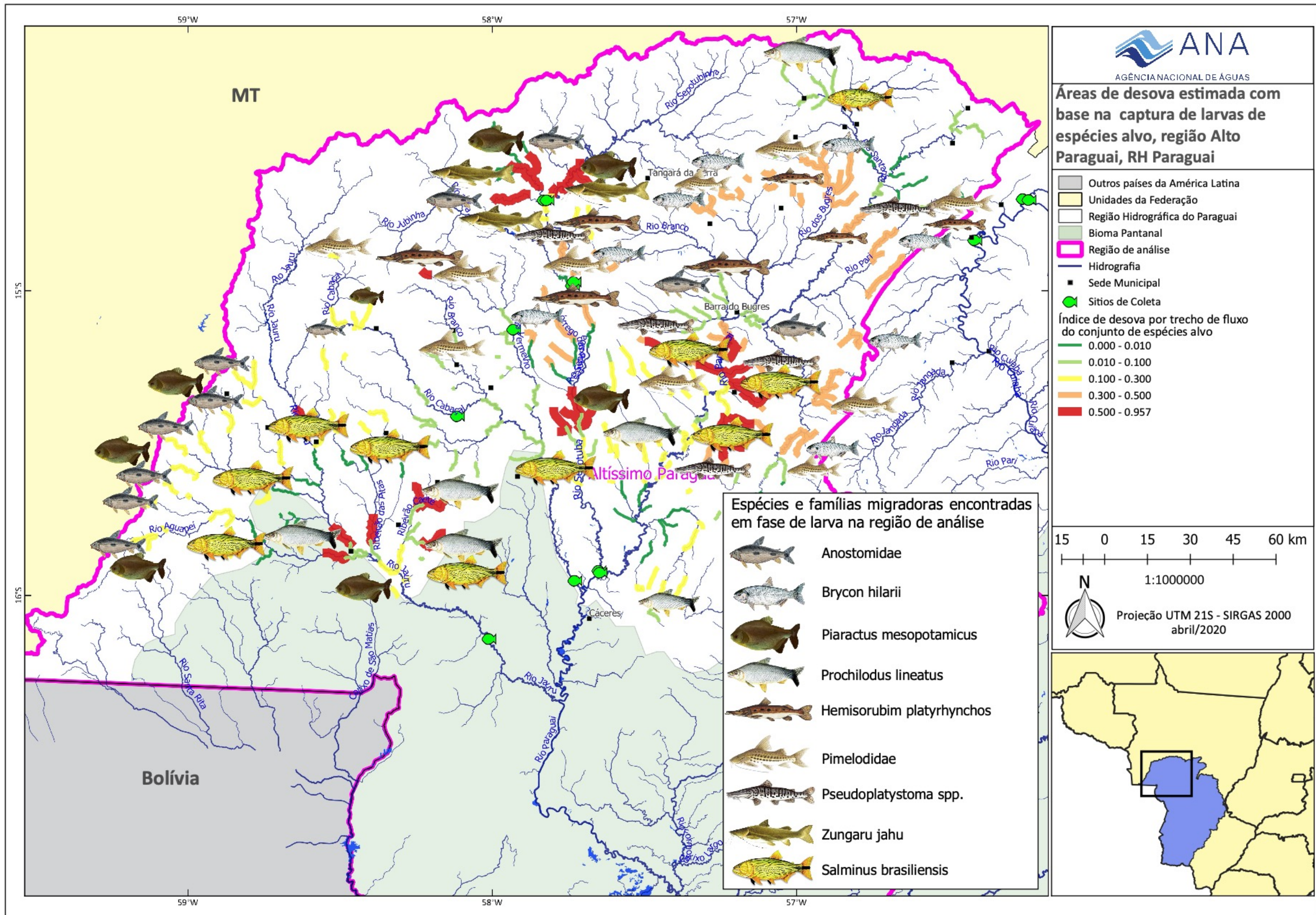


Figura 5 – Áreas de desova estimada com base na captura de larvas de espécies alvo na região do Alto Paraguai.

## **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 8, 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.

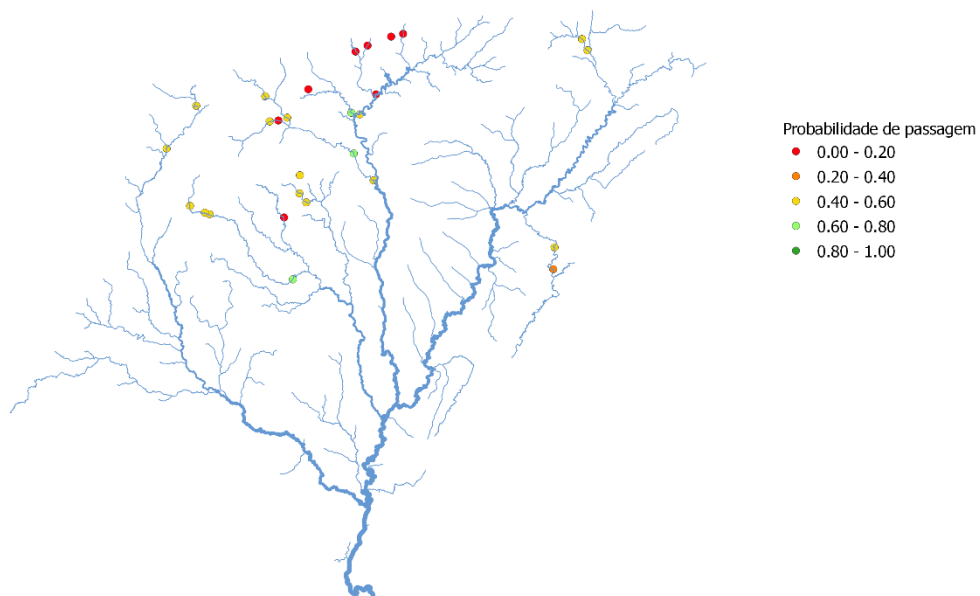


Figura 8- Localização e probabilidade de passagem de obstáculos naturais para migração de peixes na bacia do rio Paraguai a montante de Descalvados.

### **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:

1. Todas as barragens atualmente em operação constituem um único grupo.
2. Barragens localizadas a montante de barragens já existentes, ou de grandes obstáculos naturais, podem ser agrupadas porque o impacto sobre o DCIPD é nulo.
3. 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 .

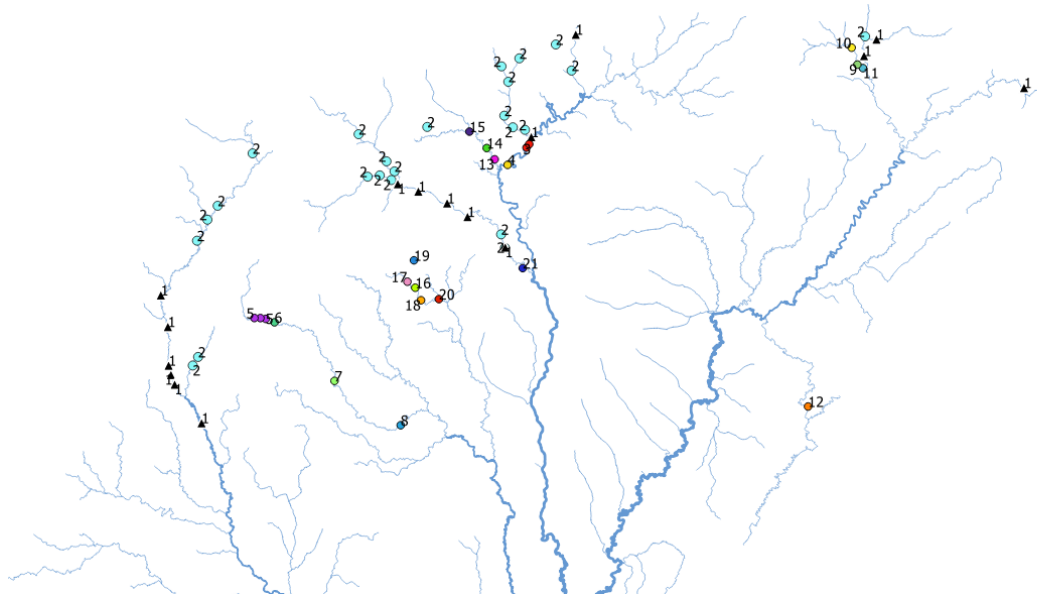


Figura 9- Agrupamento das barragens da bacia do Alto Paraguai em 22 blocos.

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. (Geral)

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.

<b>Local</b>	<b>Fluxo de ovos+larvas (milhões de indivíduos por dia)</b>	<b>Comprimento dos rios (km)</b>	<b>Fluxo (milhões de indivíduos por dia por km)</b>
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

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.

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.

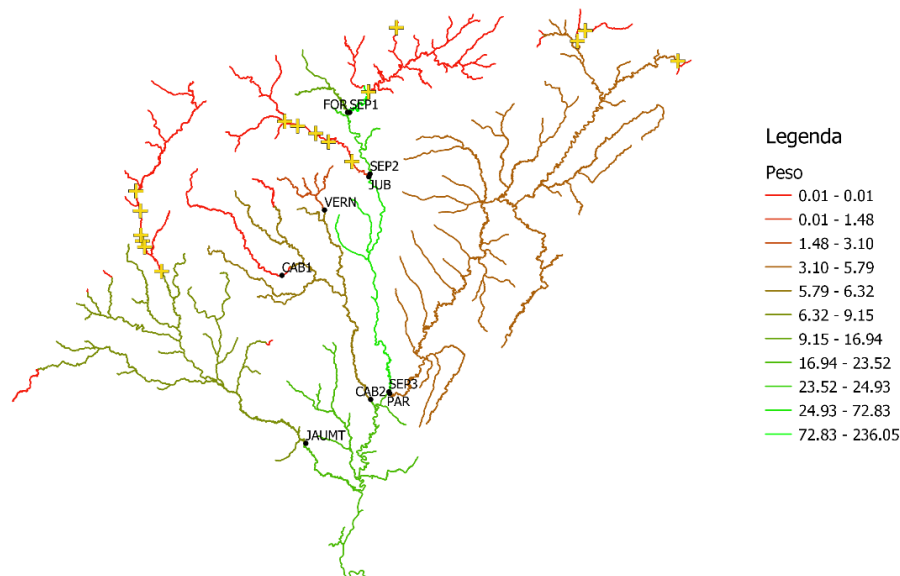


Figura 10- Mapa da rede de drenagem da bacia do rio Paraguai a montante de Descalvados (somente rios com área de drenagem superior a 100 km<sup>2</sup>) com cores indicando o peso para o cálculo do DCIPD (Índice de Conectividade Dendrítico Ponderado para peixes Diádromos) cruzes simbolizando os locais 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.

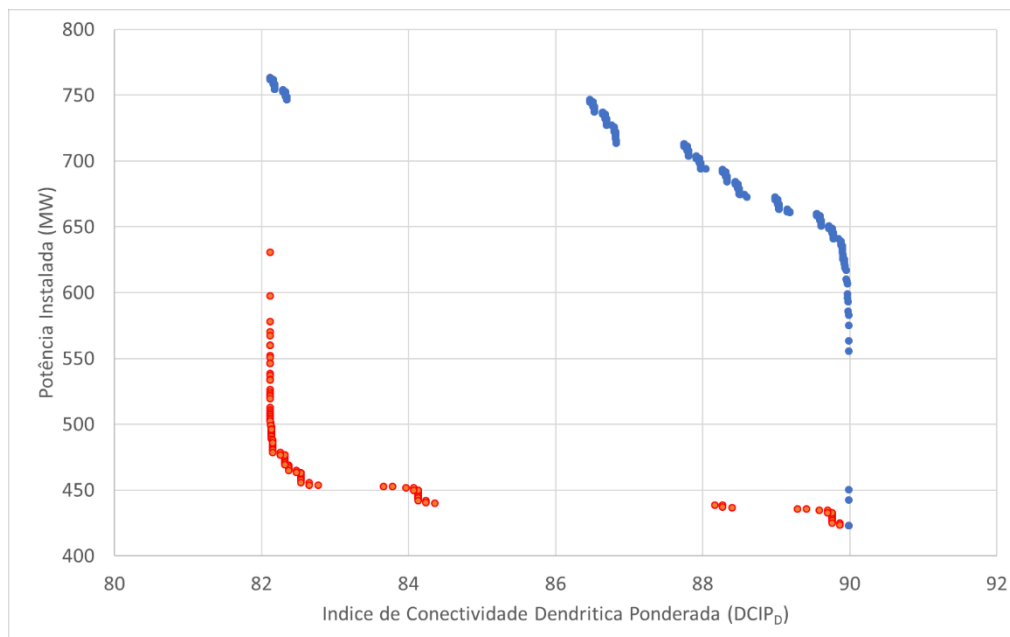


Figura 11- Resultados da linha de Pareto superior (pontos azuis) e da linha de Pareto inferior (pontos vermelhos) da análise de mais de 1 milhão de cenários de construção de barragens na bacia do rio Paraguai até Descalvados.

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 DCI<sub>p</sub> 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.

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 DCI<sub>PD</sub> de 89.99% para 87.75%.

No cenário E a potência instalada chegaria a 746.58 MW e o DCI<sub>PD</sub> 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.

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 <sub>D</sub> (%)	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	-21,71	-21,71	-48,69	-48,38
Redução na produção de Larvas migradores (% região)			-0,85	-15,18	-15,18	-15,28	-14,46
Redução na produção de ovos totais + larvas migradoras (% região)			-0,52	-19,9	-19,9	-40,0	-39,6

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.

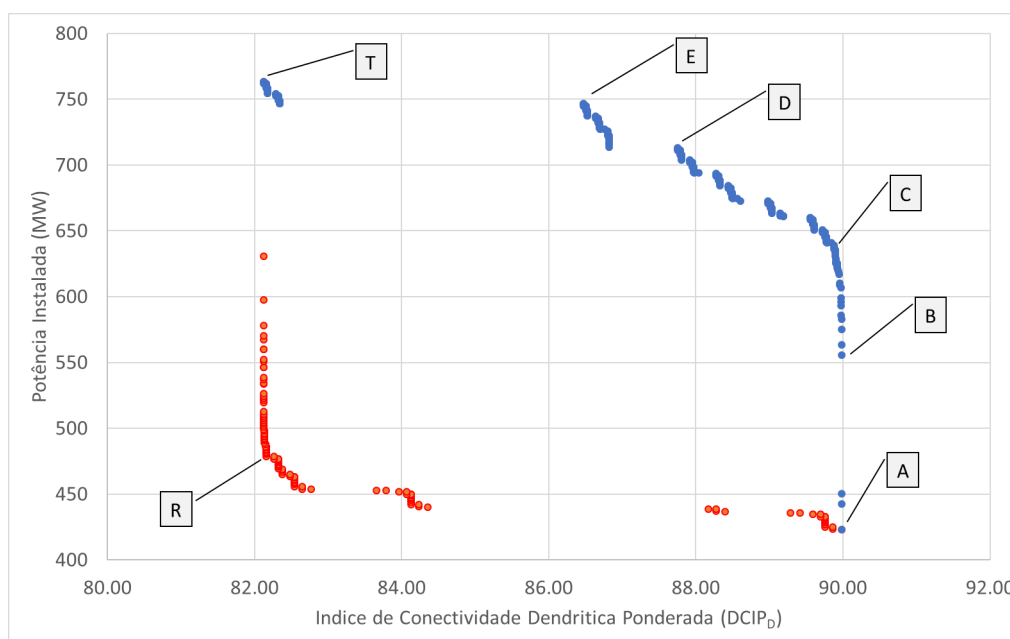


Figura 12- Resultados da linha de Pareto superior (pontos azuis) e da linha de Pareto inferior (pontos vermelhos) da análise de mais de 1 milhão de cenários de construção de barragens na bacia do rio Paraguai até Descalvados, com a indicação do cenário atual

(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 21,71% na produção de ovos totais e 15,18% 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