

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE BIOCÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOLOGIA**

**MODELO PROBABILÍSTICO DE DISTRIBUIÇÃO DE PEIXES MIGRADORES
NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JACUÍ (RS)**

Autora

Bióloga Thais Paz Alves

Orientador

Dr. Nelson Ferreira Fontoura

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Porto Alegre – RS – Brasil

2008

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	iii
AGRADECIMENTOS	iv
RESUMO.....	v
ABSTRACT	vi
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Espécies de peixes migradores do sistema hidrográfico Patos	4
1.2. Aspectos da biologia reprodutiva dos peixes migradores da bacia do rio Jacuí	5
1.2.1. <i>Prochilodus lineatus</i> (Valenciennes, 1836)	5
1.2.2. <i>Leporinus obtusidens</i> (Valenciennes, 1836)	6
1.2.3. <i>Salminus brasiliensis</i> (Cuvier, 1816)	6
1.2.4. <i>Pimelodus maculatus</i> Lacepède, 1803.....	7
2. MATERIAL E MÉTODOS	7
2.1. Descrição da área de estudo	7
2.1.1. Rio Jacuí	7
2.1.2. Rios Pardo e Pardinho	8
2.1.3. Rios Vacacaí e Vacacaí-Mirim	9
2.1.4. Rio Taquarí-Antas	9
2.1.5. Rio dos Sinos	10
2.1.6. Rio Caí	10
2.2. Programa de amostragem	11
2.2.1. Inventariamento de informações disponíveis	11
2.2.2. Amostragem de campo	11
2.2.3. Análise de dados.....	16
2.2.4. Validação dos dados	17
3. RESULTADOS	20
4. DISCUSSÃO	34
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

DEDICATÓRIA

À minha avó Maria Ritter Paz
(*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

A Deus.

Aos meus pais José Luiz e Maria Cristina, e ao meu irmão André.

Ao meu avô materno Péricles e à minha avó paterna Maria Luiza.

Ao meu orientador professor Dr. Nelson Fontoura.

Ao Laboratório de Tratamento de Imagens e Geoprocessamento, em especial ao professor responsável Dr. Régis Lahm, ao professor Msc. Donarte dos Santos e ao antigo laboratorista Roger Lima.

À Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zoologia.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Ao Fundo de Recursos Hídricos (CT-Hidro).

Aos pescadores e moradores entrevistados.

Aos pesquisadores Luiz Roberto Malabarba (MCT-PUCRS), Zilda Margarete (MCT-PUCRS) e Marco Azevedo (FZB/RS).

À Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM).

Às minhas amigas e colegas de laboratório Andréa Gama, Camilla Marques e Maria Lúcia (Malú).

Aos alunos de biologia da PUCRS Rafael Moura e Ivonilda Machado.

À amiga da Secretaria do Programa de Pós-Graduação Maria Luiza Moreira.

À amiga e colega Sue Nakashima.

Aos meus amigos Raul Menegotto e Marcelo Halmel.

Ao meu médico Dr. Ricardo Townsend.

A todos aqueles que me auxiliaram, direta ou indiretamente, para que eu completasse mais esta etapa da minha vida.

“Se estava com medo? Mais que a espuma das ondas, estava branco, completamente branco de medo. Mas, ao me encontrar afinal só, (...) senti uma súbita calma. Era preciso começar a trabalhar rápido (...), e era exatamente o que eu estava fazendo. Era preciso vencer o medo; e o grande medo, meu maior medo (...), era o medo de nunca partir. Sem dúvida, este foi o maior risco que corri: não partir.” - Amyr Klink.

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi identificar o padrão de distribuição de peixes migradores da bacia hidrográfica do rio Jacuí (Rio Grande do Sul, Brasil), propondo um modelo matemático de distribuição presumida baseado em parâmetros ambientais geomorfológicos. Através de mapas de probabilidade de ocorrência, espera-se contribuir para a tomada de decisões relacionadas ao gerenciamento de bacias hidrográficas. As espécies analisadas foram: *Salminus brasiliensis* (dourado), *Leporinus obtusidens* (piava), *Prochilodus lineatus* (grumatã) e o *Pimelodus maculatus* (pintado). As amostras foram obtidas a partir de entrevistas com pescadores e moradores locais, percorrendo-se a calha principal dos rios Jacuí, Taquarí-Antas, Vacacaí, Vacacaí-Mirim, Pardo, Pardinho, Sinos e Caí. A probabilidade de ocorrência de peixes migradores foi ajustado utilizando-se a rotina LOGIT do software Idrisi Andes: $P = e^{(b_0 + b_1 \cdot \text{altitude} + b_2 \cdot \text{área de bacia})} \cdot (1 + e^{(b_0 + b_1 \cdot \text{altitude} + b_2 \cdot \text{área de bacia})})^{-1}$; onde P é a probabilidade de ocorrência da espécie (0-1) e b_0 , b_1 e b_2 são os parâmetros da equação. O programa de amostragens resultou em 204 entrevistas, sendo 187 consideradas como válidas em 155 pontos diferenciados. *P. maculatus*, presente em 109 pontos (70,32%), foi a espécie que apresentou a distribuição mais ampla; enquanto que *L. obtusidens*, ocorrente em 49 pontos (32,61%), foi a espécie com a distribuição mais restrita. *P. lineatus* e *S. brasiliensis* apresentaram resultados intermediários: 68 (43,87%) e 56 pontos (36,13%), respectivamente. A precisão do modelo, para a presença estimada, ficou entre 82% e 93%. Os parâmetros estimados da equação são descritos a seguir: *S. brasiliensis*: $b_0 = -2,8762 \pm 0,2597$; $b_1 = -1,3028 \pm 0,0332$; $b_2 = 1,1487 \pm 0,0301$; *L. obtusidens*: $b_0 = -0,8364 \pm 0,2213$; $b_1 = -1,5564 \pm 0,0462$; $b_2 = 0,9947 \pm 0,0206$; *P. lineatus*: $b_0 = -0,3176 \pm 0,2731$; $b_1 = -1,3067 \pm 0,0544$; $b_2 = 0,8128 \pm 0,0177$; *P. maculatus*: $b_0 = -0,9487 \pm 0,3688$; $b_1 = -0,8269 \pm 0,0496$; $b_2 = 0,9255 \pm 0,0304$.

ABSTRACT

The aim of the present study was to identify the distribution patterns of migratory fishes in the Jacuí River basin (Rio Grande do Sul, Brazil), proposing a mathematical model of presumed distribution based on geomorphologic environmental data. Through maps of occurrence probability, we hope to contribute to decisions regarding basin environmental management. The analyzed species were: *Salminus brasiliensis* (dourado), *Leporinus obtusidens* (piava), *Prochilodus lineatus* (grumatã) and *Pimelodus maculatus* (pintado). Samples were made through interviews with fishermen and local inhabitants, covering the main channel and tributaries of the rivers Jacuí, Taquarí-Antas, Vacacaí, Vacacaí-Mirim, Pardo, Pardinho, Sinos and Caí. The probability of migratory fishes occurrence were adjusted through the LOGIT routine of the Software Idrisi Andes: $P = e^{(b_0 + b_1 \cdot \text{altitude} + b_2 \cdot \text{basin area})} \cdot (1 + e^{(b_0 + b_1 \cdot \text{altitude} + b_2 \cdot \text{basin area})})^{-1}$, where P is the occurrence probability of the species (0-1) and b_0 , b_1 e b_2 are the equation parameters. The sampling program resulted in 204 interviews, being 187 considered as valid at 155 different sites. *P. maculatus*, present in 109 points (70.3%), was the specie with wider distribution; while *L. obtusidens*, present only in 49 points (32.6%), was the specie with the most restricted distribution. *P. lineatus* and *S. brasiliensis* showed intermediate results: 68 (43.9%) and 56 points (36.1%), respectively. Model accuracy, for estimated presence, ranged from 82% to 93%. Equation parameters were estimated as follow: *S. brasiliensis*: $b_0 = -2,8762 \pm 0.2597$; $b_1 = -1,3028 \pm 0.0332$; $b_2 = 1,1487 \pm 0,0301$; *L. obtusidens*: $b_0 = -0.8364 \pm 0.2213$; $b_1 = -1.5564 \pm 0.0462$; $b_2 = 0,9947 \pm 0,0206$; *P. lineatus*: $b_0 = -0.3176 \pm 0.2731$; $b_1 = -1.3067 \pm 0.0544$; $b_2 = 0,8128 \pm 0,0177$; *P. maculatus*: $b_0 = -0,9487 \pm 0.3688$; $b_1 = -0,8269 \pm 0.0496$; $b_2 = 0,9255 \pm 0,0304$.

1. INTRODUÇÃO

A atual pressão sobre os recursos hídricos resulta do crescimento populacional e econômico, traduzindo-se nas expressivas taxas de urbanização verificadas nos últimos anos. Segundo a Associação Brasileira de Recursos Hídricos, o país deve valorizar as oportunidades de aproveitamento destes recursos para múltiplas finalidades, analisando seus empreendimentos em contextos de desenvolvimento regional integrado e contemplando vários objetivos, principalmente de natureza econômica, social e ambiental (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2002).

Atualmente, 90% da produção elétrica brasileira é gerada por hidroturbinas (PETRERE *et al.*, 2002). O Brasil deve contar com aproximadamente 4.360 barramentos, sem se levar em conta barragens caseiras e/ou não-cadastradas, que gerariam um total significativamente maior (SILVEIRA & CRUZ, 2005). As hidrelétricas vêm interferindo na migração animal, um fenômeno importante em muitos ecossistemas do mundo (HALL, 1972). Mais de 15% da fauna íctica Neotropical é composta de espécies migradoras (CAROLSFELD *et al.*, 2003). Os peixes migradores podem percorrer muitos quilômetros tendo como objetivo a estimulação dos órgãos sexuais e conseqüente desenvolvimento dos gametas. Para tal, a área de bacia necessária para a sobrevivência de muitos desses peixes pode chegar a 40.000 km² (GODOY, 1987).

Em 28 de Dezembro 1927, cerca de dezesseis anos após o surgimento das primeiras questões envolvendo as passagens de peixes em barragens, a Lei nº 2.250 estabeleceu como obrigatória a construção de escadas em barramentos como forma de proteção a ictiofauna (CENTRAIS ELÉTRICAS DO SUL DO BRASIL S/A, 1985).

As passagens de peixes foram os primeiros esforços para minimizar os impactos das barragens, seguidas da regulação da pesca e estocagem (GOMES *et al.*, 2004). Entre 1911 e 1985, muitas escadas de peixes foram construídas no país (BERTOLETTI, 1987). Porém, muitas barragens são desprovidas de estações de piscicultura ou caminhos para os peixes, e aquelas que os têm, na maioria das vezes são ineficientes (BERTOLETTI, 1985).

A construção de escadas de peixes em barragens brasileiras foi historicamente motivada pelo sucesso dessas facilidades no movimento de salmonídeos no hemisfério norte. Contudo, diferenças básicas entre o ciclo de vida desses peixes e os migradores neotropicais não foram consideradas (AGOSTINHO *et al.*, 2004). O insucesso das escadas pode estar relacionado, por exemplo, à sua elevada seletividade e ao movimento populacional essencialmente unidirecional. Na bacia do

Paraná, por exemplo, algumas escadas permitem que os peixes entrem em um reservatório, onde não existem locais adequados para a reprodução ou áreas de crescimento, enquanto que os mesmos poderiam ser capazes de reproduzir em tributários abaixo da barragem (AGOSTINHO *et al.*, 2002). Desta maneira, ao invés de contribuir para a manutenção das populações locais, algumas escadas de peixes estão contribuindo para a extinção de espécies migradoras (AGOSTINHO *et al.*, 2005). De maneira geral, a construção de escadas de peixes no Brasil não considera as características técnicas relacionadas aos barramentos e à natureza da ictiofauna, aumentando o risco de falhas (AGOSTINHO *et al.*, 2002). Além disso, após a construção de tais estruturas, não são conduzidas avaliações adequadas (GOMES *et al.*, 2004).

No Brasil, o agravante é que a maior parte das usinas hidrelétricas é localizada em região de planalto ou de planície, onde a barragem freqüentemente é uma obra de grande envergadura (KELMA *et al.*, 2002), gerando menor variação sazonal de vazão à jusante (ANDRADE & BRAGA, 2005), o que afeta aspectos da biologia dos peixes como alimentação, deslocamento, crescimento e reprodução, através da perda do padrão de fluxo sazonal (LOWE-McCONNELL, 1999).

Parte do problema reside no fato de que a flutuação de vazão em condições naturais raramente coincide com a flutuação necessária para o uso de água, especialmente para a produção de energia elétrica (KELMA *et al.*, 2002). Além das construções hidrelétricas, a regularização da vazão também é alterada pela implantação de rede hidroviária. Na região sul, a rede fluvial conta, entre outros, com o rio Jacuí e seu principal afluente, o Taquarí. Nestes dois rios existem atualmente quatro barragens eclusadas (BRIGHETTI & SANTOS, 2002).

A sucessão de barramentos e a regularização do fluxo de água vêm prejudicando o desenvolvimento de muitas espécies de peixes, pois com sua grande variedade de estratégias e táticas de ciclo de vida, os teleósteos se adaptaram a ambientes nos quais tanto as condições bióticas, quanto as abióticas, variam sazonalmente. Por este fato, a maioria das espécies mostra uma periodicidade em seu processo reprodutivo, complementando sua maturação gonadal apenas em condições ambientais adequadas ao desenvolvimento da prole (VAZZOLER, 1996).

Em ambientes temperados, muitas espécies mostram padrões similares de comportamento, incluindo o deslocamento. A desova sazonal geralmente ocorre em áreas posicionadas acima das de alimentação. A corrente predominante carrega os ovos e as larvas para áreas onde se desenvolverão. Nestes locais, os jovens se alimentarão e crescerão até serem grandes o bastante para se unirem ao estoque

adulto. É a característica cíclica desses eventos que assegura a manutenção das populações de peixes, especialmente as migradoras (PITCHER & HART, 1982).

De maneira geral, as alterações antropogênicas dos sistemas límnicos não são os únicos fatores influenciando o padrão de distribuição longitudinal da ictiofauna. Seguindo o percurso de um rio, das cabeceiras até as áreas baixas, existem inúmeras alterações naturais no tipo de hábitat. O resultado normalmente observado é que a riqueza de espécies aumenta na direção da foz (REYES-GAVILÁN *et al.*, 1996). Nas áreas de altitudes mais altas, tanto as condições físicas como químicas são mais estressantes, e um menor número de espécies apresenta adaptações para sobreviver em tais condições (MATTHEWS & STYRON, 1981). Na década de 80, VANNOTE *et al.* (1980) elaboraram conceitos para o entendimento da ecologia dos rios, conceitualizando os sistemas fluviais como uma série continuamente integrada de gradientes físicos e ajustes bióticos associados. De acordo com o conceito europeu de “biozonação”, os rios temperados ainda podem ser divididos em quatro trechos (superior, médio-superior, médio-inferior e inferior), cada um caracterizado pela ocorrência de uma espécie indicadora (PETRY & SCHULZ, 2006).

Sem dúvidas, o limite de distribuição das espécies é influenciado por inúmeros fatores que se combinam ou interagem para produzir os padrões encontrados na natureza (HALL *et al.*, 1992). A altitude, por exemplo, parece se refletir amplamente nas condições hidrodinâmicas e morfológicas de um rio. Aliada a fatores como condutividade, pH, temperatura, declividade e velocidade de corrente, a altitude é capaz de produzir um gradiente ambiental que exerce grande influencia sobre a riqueza de espécies em cada região (POUILLY *et al.*, 2006). SÚAREZ & PETRERE (2007), por exemplo, indicaram esta variável como a mais importante no padrão de distribuição de peixes na bacia do rio Iguatemi.

Muitos ecólogos, há tempos, estão preocupados em entender a distribuição dos vertebrados ao longo de gradientes altitudinais, onde fatores abióticos e a composição de espécies rapidamente se modificam em pequenas distâncias (BROWN & BOWERS, 1984). De maneira geral, com o aumento da altitude, diminuem-se as oportunidades para a vida. Porém, existem diferenças cruciais em cada local, resultantes da combinação entre o gradiente altitudinal e as peculiaridades regionais – que também devem ser levadas em consideração (KÖRNER, 2007).

Além da elevação do terreno, o volume de água drenado para um determinado ponto também parece exercer grande influência no padrão de distribuição íctica. Estudos em rios tropicais indicam que a riqueza das espécies está positivamente relacionada a diversas características, dentre elas o volume de água (GARUTTI,

1988). Quando a altitude diminui, há um aumento na área de superfície e na profundidade do rio (SCHLOSSER, 1987). Assim, o volume de água e a área de sobrevivência aumentam, permitindo o estabelecimento de peixes maiores (VÁZQUEZ *et al.*, 1979).

Obviamente outros condicionantes são conhecidos por influenciar o padrão de distribuição das espécies. Contudo, em uma escala regional, o uso de fatores simples e de fácil acesso através de Sistemas de Informação Geográfica (Modelo Numérico do Terreno), como altitude e área da bacia, parece ser suficiente para auxiliar no entendimento destes padrões ao longo dos rios (MATTHEWS *et al.*, 1992; POUILLY *et al.*, 2006).

O presente estudo objetiva identificar o padrão histórico de distribuição longitudinal de peixes migradores de longa distância na bacia hidrográfica do rio Jacuí, a qual dispõe de uma produção hidrelétrica já instalada de 1.428,674 MW, e um potencial ainda não instalado de 271,004 MW, sem se levar em conta os empreendimentos ainda em projeto básico ou estudo. Além de gerar um modelo probabilístico de distribuição, objetiva-se propor um conjunto de mapas de distribuição presumida para cada uma das espécies de peixes migradores de longa distância.

Este conhecimento da distribuição longitudinal de peixes migradores é de importância fundamental para subsidiar decisões durante o licenciamento ambiental de novos empreendimentos hidroelétricos. Por outro lado, a análise cruzada dos padrões de distribuição longitudinal de peixes migradores com aspectos geomorfológicos das sub-bacias avaliadas, permitirá o desenvolvimento do zoneamento ambiental para toda uma bacia hidrográfica, identificando-se o potencial de ocorrência de peixes migradores mesmo em segmentos de rios com amostragem deficiente.

1.1. Espécies de peixes migradores do sistema hidrográfico Patos

MALABARBA (1989) apresenta uma lista de espécies de peixes de água doce do sistema da Laguna dos Patos, o qual inclui a bacia do rio Jacuí.

Em 1999, AGOSTINHO & JÚLIO revisaram a biologia reprodutiva de peixes do Rio Iguaçu, bacia do Rio Paraná (PR). Dentre as espécies comuns às bacias Jacuí e Paraná, são consideradas como não migrantes, segundo estes autores, as espécies listadas a seguir: *Hoplias malabaricus* (Bloch,1794), traíra; *Astyanax bimaculatus* (Linnaeus,1758), lambari; *Astyanax eigenmanniorum* (Cope,1894), lambari; *Astyanax fasciatus* (Cuvier,1819), lambari; *Astyanax scabripinnis* (Jenyns,1842), lambari; *Pimelodus maculatus* Lacépede,1803, pintado; *Hypostomus commersoni*

Valenciennes, 1836, cascudo-preto; *Gymnotus carapo* Linnaeus, 1758, tuvira; e *Geophagus brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1824), cará ou acará.

As espécies comuns aos dois sistemas e com biologia reprodutiva envolvendo grandes migrações, segundo AGOSTINHO & JÚLIO (*op. cit.*), são as seguintes: *Salminus brasiliensis* (Cuvier, 1816) – aqui considerado como sinônimo sênior de *Salminus maxillosus* (Valenciennes, 1847), dourado; e *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836), grumatã.

Além das espécies citadas como migratórias de longa distância por AGOSTINHO & JÚLIO (1999), VAZZOLER *et al.* (1997) já apontavam como migratórias no sistema Paraná as seguintes espécies comuns ao sistema Patos: *Leporinus obtusidens* (Valenciennes, 1836), piava; e *Pimelodus maculatus* Lacépède, 1803, pintado.

Observa-se, entretanto, que a caracterização do Pintado como espécie migratória é ainda contraditória. BRAUN (2005) sugere que, apesar da não existência de rios de grande porte que deságüem na Lagoa dos Gateados, a espécie parece se reproduzir em pequenos canais que drenam para a mesma. Esta informação é reforçada pela presença da espécie na Lagoa dos Barros, lagoa isolada situada no litoral norte do Rio Grande do Sul, que apresenta poucos canais de várzea e riachos de primeira ordem. Assim, a incerteza da caracterização da espécie como migrante obrigatória, conforme descrito na literatura, sugere uma baixa necessidade de fluxo livre para o evento de reprodução. Entretanto, considerando a importância da espécie para a pesca artesanal, o Pintado será incluído dentre as espécies migradoras obrigatórias da bacia Jacuí.

1.2. Aspectos da biologia reprodutiva dos peixes migradores da bacia do rio Jacuí

1.2.1. *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836)

O grumatã ou curimbatá, nome popular para *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836), é uma espécie de destaque dentro do gênero por seu grande potencial pesqueiro (ALMEIDA *et al.*, 1993), além de estar presente em praticamente todos os rios do Rio Grande do Sul (BERTOLETTI, 1985).

O curimbatá se reproduz, geralmente, apenas uma vez por ano, durante a primavera e o verão (GODOY, 1975b; BERTOLETTI, 1985). Após esse período, os peixes retornam para se estabelecerem em planícies de inundação (GODOY, 1975b).

Um aspecto merece destaque para a reprodução desta espécie. Observações mostram que estes animais podem realizar duas migrações ascendentes antes de atingirem o extremo limite à montante. Tal fato é comprovado pela continuidade da ascensão, mesmo com órgãos sexuais em processo de regressão, sugerindo a necessidade de alguma regulação de ordem metabólica (GODOY, 1975b).

Importantes informações de curimatás transplantados no Rio Paraná, relatam que um exemplar venceu um obstáculo de 18 metros de desnível do Salto de Urubupungá, uma corredeira, e diversos rios, sendo recapturado após 265 dias, percorrendo um total de 400 km de correnteza fluvial (GODOY, 1975b). Contudo, A construção de barreiras em sua rota migratória de longa distância parece estar afetando seu ciclo de vida. Na região do Rio Grande, por exemplo, abaixo da barragem de Volta Grande, não foram encontrados indivíduos de *Prochilodus lineatus* com gônadas esgotadas, geralmente capturados entre novembro e março pelos pescadores (ANDRADE & BRAGA, 2005).

1.2.2. *Leporinus obtusidens* (Valenciennes, 1836)

Leporinus obtusidens (Valenciennes, 1836), conhecido popularmente por piava, também envolve grandes migrações em seu ciclo de vida, preferindo ambientes profundos e correntosos (BERTOLETTI, 1985).

Dados sobre a reprodução da piava mostram que em agosto a espécie ainda se encontra em inatividade gonadal. Os valores de IGS se elevam, então, no início de setembro, com a metade dos indivíduos começando o processo de maturação. De meados de setembro a outubro, aumenta o número de exemplares com maturação avançada ou total. A partir do final de outubro a janeiro, todos os indivíduos estão com gônadas maduras. Observações microscópicas indicam que esse processo de maturação é assincrônico, com dominância de ovócitos maduros entre outros com distintos graus de desenvolvimento. Entre janeiro e fevereiro, período de cheia, já podem ser capturadas larvas da espécie, demonstrando que o processo de reprodução chegou ao fim (OLDANI *et al.*, 1992).

1.2.3. *Salminus brasiliensis* (Cuvier, 1816)

Salminus brasiliensis (Cuvier, 1816), conhecido como dourado, é tradicionalmente distinguido por sua ampla capacidade migratória (GODOY, 1975a). Os dourados fazem migrações reprodutivas em geral uma vez por ano, a partir de fins

de agosto, podendo ascender 127 km. Se reproduzem no trecho alto entre dezembro e janeiro – época de cheias e altas temperaturas. Após a desova, na migração trófica, descem os rios até a foz (GODOY, 1975a).

O Livro Vermelho da Fauna Ameaçada de Extinção no Rio Grande do Sul cita o dourado como uma espécie Vulnerável, sendo a sua principal ameaça a construção de barragens (REIS *et al.*, 2003).

1.2.4. *Pimelodus maculatus* Lacepède, 1803

Pimelodus maculatus Lacepède, 1803 é um peixe de importância comercial e ampla distribuição geográfica, compreendendo diversas bacias brasileiras.

A reprodução do mandi ou pintado, como é conhecido vulgarmente, é observada entre os meses de outubro e fevereiro (DEI TOS *et al.*, 2002; SATO *et al.*, 1999), apresentando maiores valores para o Índice de Atividade Reprodutiva nos meses de novembro a janeiro (DEI TOS *et al.*, 2002). Em áreas de jusante da bacia Jacuí (Itapuã), o pico máximo de abundância é observado em abril, em consequência do alto número de exemplares pequenos (LUCENA *et al.*, 1994), indicando um período pós-reprodutivo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Descrição da área de estudo

O Estado do Rio Grande do Sul é drenado por densa malha hidrográfica. Os rios, em sua maioria de planalto com grande quantidade de corredeiras e quedas d'água, encontram-se em um clima úmido, possuindo elevado potencial energético, em grande parte já utilizado (JUSTUS, 1990). A bacia Jacuí é formada pelas áreas de drenagem do Vacacaí, Vacacaí-Mirim, Pardo, Taquarí-Antas e o próprio Jacuí, além de outros mananciais, podendo ser considerada uma das bacias hidrográficas mais importantes do Estado do Rio Grande do Sul (<http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/jacui.asp>). Foram escolhidos para o estudo os principais afluentes do rio Jacuí, além dos rios Sinos e Caí, que desembocam diretamente no delta do Jacuí.

2.1.1. Rio Jacuí

A bacia do rio Jacuí apresenta uma área de drenagem de 71.600 km² (<http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/jacui.asp>), contribuindo com 85% das águas formadoras do Lago Guaíba (<http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/guaiba.asp>). Um total de 65 municípios do Estado do Rio Grande do Sul é banhado pela bacia do Jacuí: trinta e seis pelo Alto Jacuí, na região do Planalto Médio e vinte e nove pelo Baixo Jacuí, nas regiões de Depressão Central e Encosta Inferior do Nordeste (<http://www.mma.gov.br/port/srh/sistema/riosesta/riosul/jacui.html>).

Existem atualmente dez instalações hidrelétricas em operação no rio Jacuí, dentre elas quatro Usinas Hidrelétricas (UHE's) – Jacuí, Passo Real (<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/ResumoEstadual/GeracaoTipoFase.asp?tipo=1&fase=3&UF=RS:RIO%20GRANDE%20DO%20SUL>), Itaúba e Dona Francisca (ANEEL, informação não publicada), e seis Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH's) – Colorado, Ernestina, Capigui, Pinheirinho, Ivaí e Cotovelo Jacuí (ANEEL, informação não publicada; <http://www.cndpch.com.br/zpublisher/materias/Usinas.asp?id=51>), com aproveitamento energético total de 976,9 MW. Além dos empreendimentos em operação, existem duas PCH's em outorga: Eng. Henrique Kotzian (13 MW) e Eng. Ernesto Dreyer (18 MW) (<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/ResumoEstadual/GeracaoTipoFase.asp?tipo=5&fase=1&UF=RS:RIO%20GRANDE%20DO%20SUL>; <http://www.cndpch.com.br/zpublisher/materias/Usinas.asp?id=51>), e uma em estudo – PCH Morrinhos (http://www.eletobras.com.br/EM_Atuacao_SIPOT/sipot.asp; BENETTI & TUCCI, 2001).

O rio Jacuí é navegável da foz até Cachoeira do Sul, trecho onde se localizam três barragens eclusadas: Fandango, Dom Marco e Amarópolis (<http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/jacui.asp>; BRIGHETTI & SANTOS, 2002). É considerado o principal trecho de pesca comercial de águas interiores do Rio Grande do Sul (<http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/jacui.asp>). No verão ocorrem problemas de navegação e abastecimento, resultantes dos trechos com vazão regulada pelas turbinas (www.coralx.ufsm.br/ifcrs/hidrografia.htm).

2.1.2. Rios Pardo e Pardinho

A área de drenagem da sub-bacia hidrográfica do Rio Pardo é de 3.749,3 km², com extensão de 115 km (<http://www.comitepardo.com.br/index.html>) nas regiões de Depressão Central e Planalto Médio (www.coralx.ufsm.br/ifcrs/hidrografia.htm). Abrange um total de 13 municípios do Estado (<http://www.comitepardo.com.br/index.html>). Entre os principais cursos d'água dessa bacia está o Rio Pardinho

(<http://www.planopardo.com.br/content/localizacao.htm>), onde se localiza o único empreendimento da região, uma barragem de captação de água para consumo doméstico (Corsan).

2.1.3. Rios Vacacaí e Vacacaí-Mirim

A sub-bacia dos rios Vacacaí e Vacacaí-Mirim ocupa uma área de 10.872,81 km² nas regiões fisiográficas da Depressão Central e da Campanha (www.coralx.ufsm.br/ifcrs/hidrografia.htm). Os dois rios são independentes e tributários do rio Jacuí, banhando um total de 15 municípios do Rio Grande do Sul (www.sema.rs.gov.br/sema/html/rhcbvacai.htm). Essa sub-bacia não é contribuinte para a produção energética do Estado.

2.1.4. Rio Taquarí-Antas

O Rio das Antas nasce no Planalto, a mais de 1.200 m de altitude, passando a chamar-se Taquarí na confluência com o Rio Turvo (<http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/guaiba.asp>). A sub-bacia do Taquarí-Antas abrange uma superfície de 26.277,09 km², localizando-se nas regiões de Planalto Médio, Campos de Cima da Serra, Encostas Superior e Inferior do Nordeste (www.coralx.ufsm.br/ifcrs/hidrografia.htm).

No Rio das Antas existem atualmente dez empreendimentos hidrelétricos em operação (duas UHE's e oito PCH's) que totalizam 302,624 MW: UHE Monte Claro e a UHE Castro Alves (ANEEL, informação não publicada); PCH Salto Forqueta, PCH Passo do Meio, (<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/ResumoEstadual/GeracaoTipoFase.asp?tipo=5&fase=3&UF=RS:RIO%20GRANDE%20DO%20SUL>); <http://www.cndpch.com.br/zpublisher/materias/Usinas.asp?id=51>), PCH Fão, PCH Guaporé, PCH Saltinho (ANEEL, informação não publicada), PCH da Ilha, PCH Jararaca (<http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/boletim168.htm>) e a PCH Pezzi (<http://www.aneel.gov/cedoc/ares2003617.pdf>). Uma UHE (14 de Julho) e três PCH's (Linha Emília, Cotiporã e Caçador) estão em construção (<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/ResumoEstadual/GeracaoTipoFase.asp?tipo=5&fase=2&UF=RS:RIO%20GRANDE%20DO%20SUL>). Além destas, doze PCH's estão em processo de outorga: Quebrada Funda, Palanquinho, Criúva, Boa Fé, Autódromo, São Paulo, Primavera do Rio Turvo, Pulador, Monte Cuco (<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/ResumoEstadual/GeracaoTipoFase.asp?tipo=5&fase=1&UF=RS:RIO%20GRANDE%20DO%20SUL>).

OSUL; <http://www.cndpch.com.br/zpublisher/materias/Usinas.asp?id=74>), Rastro Alto, Rio São Marcos e Dona Maria Piana (ANEEL, informação não publicada). Em estudo ou projeto básico, somam-se vinte e sete empreendimentos (http://www.eletobras.com.br/EM_Atuacao_SIPOT/sipot.asp; BENETTI & TUCCI, 2001).

No Rio Taquari, os transportes aquaviários contam com uma barragem provida de eclusa em Bom Retiro do Sul.

2.1.5. Rio dos Sinos

O Rio dos Sinos nasce na serra de Caará em altitudes superiores a 600 metros e percorre um percurso de 190 quilômetros, desembocando no Delta do Jacuí. A bacia hidrográfica do Rio dos Sinos tem uma área de 3.820 km², e envolve, total ou parcialmente, 32 municípios. Os principais afluentes do Rio dos Sinos são os Rios Rolante e Paranhana, além de diversos arroios (http://pt.wikipedia.org/wiki/Rio_dos_Sinos). No Rio dos Sinos existe uma única PCH (Laranjeiras, 1,35 MW; <http://www.apmpe.com.br/noticiasapmpe/noticia.php?idnoticia=337>).

2.1.6. Rio Caí

A bacia hidrográfica do Rio Caí equivale a 1,79% da área do Estado do Rio Grande do Sul, correspondendo a uma área de aproximadamente 5.027 km². Localiza-se entre a depressão central e o planalto brasileiro. A bacia é composta de 41 municípios, com uma extensão de 285 quilômetros (http://pt.wikipedia.org/wiki/Rio_ca%C3%AD).

No rio Caí, existem uma UHE, Canastra – 44 MW (<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/ResumoEstadual/GeracaoTipoFase.asp?tipo=1&fase=3&UF=RS:RIO%20GRANDE%20DO%20SUL>), e duas PCH's, Passo do Inferno (1,3 MW) (<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/ResumoEstadual/GeracaoTipoFase.asp?tipo=5&fase=3&UF=RS:RIO%20GRANDE%20DO%20SUL>; <http://www.cndpch.com.br/zpublisher/materias/Usinas.asp?id=51>) e Toca (1,1 MW) (ANEEL, informação não publicada). Além destes empreendimentos, existem três barragens (Salto, Blang e Divisa) que conduzem água para as Usinas Hidrelétricas de Bugres e Canastra (<http://www.jornaldegramado.com.br/edicoes/edicoes/210105/geral/geral.htm>), sendo que a última apresenta ainda um barramento próprio.

2.2. Programa de amostragem

2.2.1. Inventariamento de informações disponíveis

Primeiramente, foi efetuado o levantamento das espécies de interesse já catalogadas nas principais coleções ictiológicas brasileiras, incluindo todas as unidades de ensino e pesquisa do Rio Grande do Sul. Foram utilizados dados do Laboratório de Ictiologia da PUCRS, do Departamento de Zoologia da UFRGS, da Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul e da coleção MCP SIBIP/NEODAT III (que abrange dados do Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS, Museu Nacional do Rio de Janeiro e Museu de Zoologia da USP); além de contar com informações da literatura (PETRY & SCHULZ, 2006). As coordenadas geográficas de todos os exemplares encontrados foram processadas no *software* IDRISI Andes, a fim de se visualizar a distribuição conhecida das 4 espécies migratórias na bacia do Jacuí. Este levantamento foi estendido através da análise de Relatórios e Estudos de Impacto Ambiental (EIA-RIMA) já efetuados na região (CIA. ENERGÉTICA DO RIO DAS ANTAS, 2004; COMITÊ EXECUTIVO DE ESTUDOS INTEGRADOS DA BACIA DO GUAÍBA, 1980; ENGEVIX ENGENHARIA S/C & COMPANHIA ESTADUAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 1980; MAGNA ENGENHARIA LTDA & SUPERINTENDÊNCIA DE GERAÇÃO, 1989a, b, 1992; ENGEVIX ENGENHARIA S/C, 1995, 1999a, b, c, 2000; ENGEVIX ENGENHARIA S/C & PLANAMÉRICA, 1999).

2.2.2. Amostragem de campo

Tipicamente, estudos de populações de peixes têm sido feitos em escalas espaciais pequenas, seguindo um modelo estatístico lógico que permite ao pesquisador extrapolar as inferências feitas na sua amostra para populações maiores (FAUSCH *et al.*, 2002). Entretanto, para grandes escalas espaciais, os dados necessários para modelos empíricos não estão disponíveis ou o esforço de campo é demasiado. Então, como um substituto para estes modelos, as informações de *experts* podem ser usadas para desenvolver um modelo simples e preditivo em um curto espaço de tempo (GILES, 1998). Tais informações podem consistir no conhecimento de estudiosos ou no melhor dado disponível na literatura (SINGLETON & LEHMKUHL, 1999). Deve-se, também, levar em conta o conhecimento adquirido pela vivência de moradores locais.

Apesar de os conhecimentos das comunidades ribeirinhas sobre aspectos ecológicos serem frequentemente negligenciados (DIEGUES, 2000), conhecimentos tradicionais vêm assegurando um acesso rápido a informações elementares para pesquisas científicas. Esta é certamente uma das vantagens deste tipo de metodologia, que não implica em esforço de captura - muitas vezes ineficaz e incapaz de assegurar a inexistência dos animais na região pelo fato de não terem sido amostrados. Embora a integração da comunidade no processo de conservação ser muitas vezes desafiadora, Diegues (1983) afirma que através da pesca, os pescadores adquirem um extenso conhecimento sobre o meio ambiente, além do comportamento e classificação dos peixes.

A coleta de dados por meio de entrevistas foi a principal fonte das informações contidas nesta dissertação. Visto que o objetivo do trabalho focou-se na distribuição histórica dos animais, a melhor fonte de informação foi sem dúvida aquela obtida com moradores e pescadores antigos de cada região – os quais possuem um extenso conhecimento sobre os tipos de ambientes onde cada espécie de peixe vive e as épocas do ano em que são mais capturados.

O programa de amostragens em campo visou complementar as lacunas de conhecimento, principalmente para as áreas de montante das distribuições já registradas. Para tal, foram efetuadas oito expedições a campo percorrendo a calha principal dos rios Jacuí (Baixo e Alto), Taquarí-Antas, Vacacaí, Vacacaí-Mirim, Pardo, Pardinho, Sinos e Caí, bem como seus principais afluentes. As amostragens foram feitas entre os meses de fevereiro e julho de 2007.

As expedições foram efetuadas aproveitando-se a malha rodoviária e seus pontos de cruzamento com os rios em análise, tendo em vista as prioridades estabelecidas com base nos dados pré-existentes. Ao todo, foram visitados 155 pontos (Figura 1).

Cada local foi fotografado e georreferenciado através do aparelho GPS Garmin 76 CSX, composto por 12 canais. Nestes pontos foram identificados pescadores locais e moradores antigos para a realização de entrevistas semi-estruturadas com relação à ocorrência das espécies de interesse. Com o auxílio de uma prancha contendo uma foto de cada espécie (Figura 2), cada entrevistado foi indagado sobre o conhecimento dos peixes e, então, sua presença ou ausência naquele segmento de rio. Nos casos em que ocorreram mais de uma entrevista no mesmo ponto, foram abertas novas planilhas, mas apenas um ponto foi registrado, buscando-se uma informação de consenso entre as diferentes entrevistas. O projeto na bacia do Jacuí totalizou 204 entrevistas, sendo 187 válidas, nos 155 pontos. As entrevistas excluídas da análise

compreenderam aquelas que apresentaram alguma informação duvidosa ou foram realizadas apenas para a confirmação de dados em um mesmo ponto.

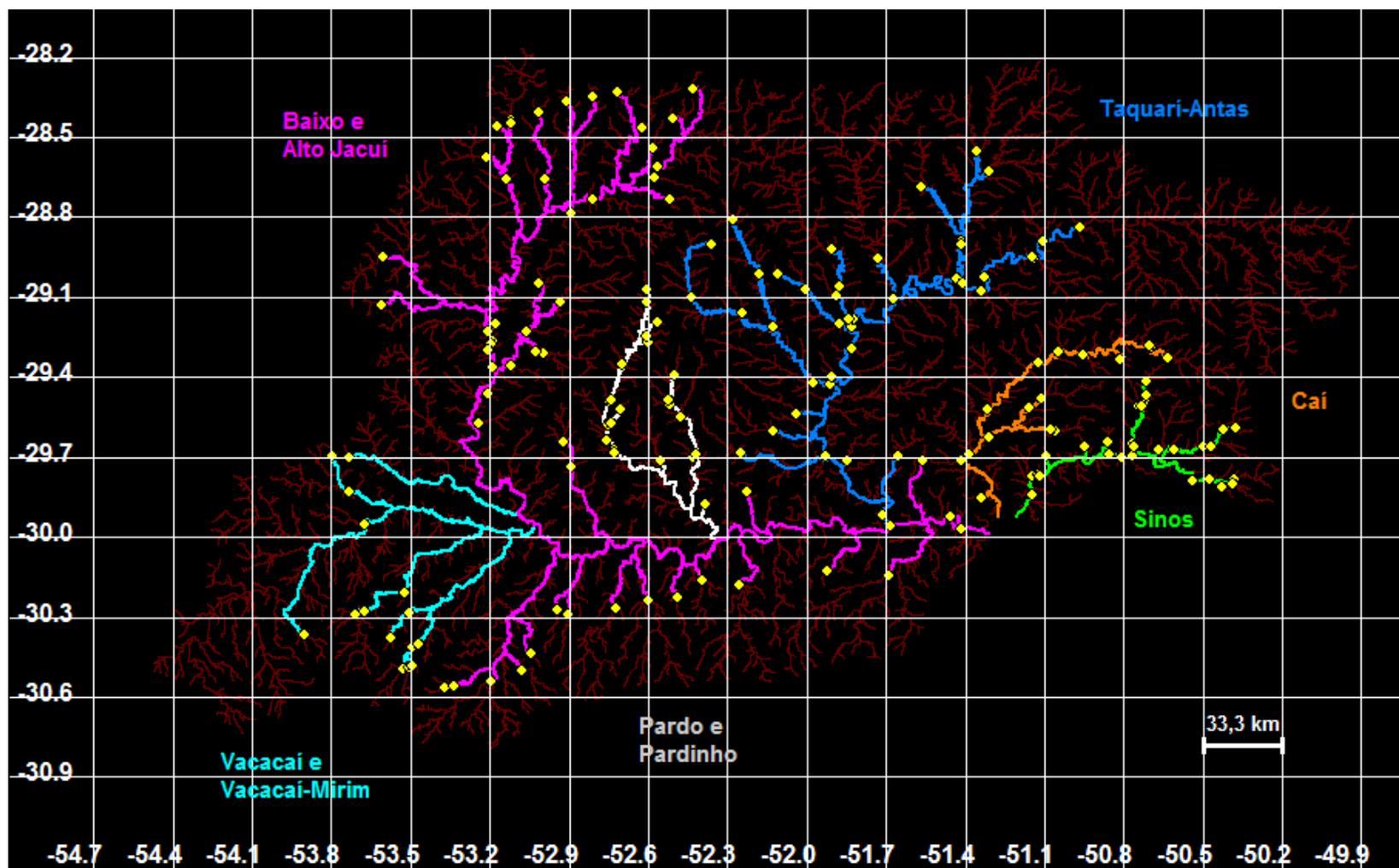


Figura 1. Hidrografia amostrada sobreposta à hidrografia total da bacia do Jacuí (em vermelho). Os 155 pontos em amarelo representam os locais de amostragem (mapa gerado a partir de modelo numérico de elevação em *pixel* de 92 por 92 m, segundo WEBER *et al.*, 2004).



Figura 2. Prancha utilizada para a identificação dos peixes pelos entrevistados. Da esquerda para direita, na parte superior: *Pimelodus maculatus* (pintado) e *Prochilodus lineatus* (grumatã); na parte inferior: *Leporinus obtusidens* (piava) e *Salminus brasiliensis* (dourado).

2.2.3. Análise de dados

Todos os produtos cartográficos utilizados no presente trabalho foram elaborados através do software IDRISI Andes (Clark Labs, 2006), com base em uma adaptação de um modelo numérico do terreno (MNT, altitude radar em *pixel* de 92 por 92 m) para o sistema de referência oficial brasileiro (SAD69) e recorte por unidade de federação (WEBER *et al.*, 2004).

A hidrografia total amostrada (Figura 1), que serviu como máscara para todo o processo de análise, foi obtida através de quatro passos básicos: (1) primeiramente, foi realizada a homogeneização da imagem do MNT com a aplicação do *Filter Min 3x3*; (2) criaram-se, então, caminhos com elevações monotonicamente decrescentes através da opção *Pit Removal*; (3) a seguir, aplicou-se a função *Runoff* para estimativa da área de bacia de montante para cada *pixel*, corrigindo-se o número de *pixels* para área real; (4) por fim, aplicou-se a rotina *Pathway* de caminhos múltiplos a partir de todas as coordenadas dos pontos amostrais, utilizando-se como matriz de custo o inverso da matriz *Runoff*, resultando em imagem binarizada (1-0) descritiva do curso natural da hidrografia.

A probabilidade de ocorrência de cada espécie de peixe migrador ao longo da bacia do rio Jacuí foi estimada através de regressão logística multivariada (Logit) através do software IDRISI Andes. As variáveis mensuradas, assim como a escala de medida e a origem dos dados, apresentam-se na Tabela 1.

Tabela 1. Variáveis mensuradas (presença da espécie, altitude e área da sub-bacia de montante), escala de medida e origem dos dados utilizados para os ajustes independentes da regressão logística realizados pelo software Idrisi Andes para cada uma das quatro espécies de peixes (*Salminus brasiliensis* – dourado; *Prochilodus lineatus* – grumatã; *Leporinus obtusidens* – piava; e *Pimelodus maculatus* – pintado).

Variável	Escala de Medida	Origem do Dado
Presença (por espécie)	Binária: presente (1); ausente (0)	Presença em coleção; Registro na Literatura; Entrevista
Altitude	Métrica (logaritmo natural da altitude em metros)	Modelo numérico do terreno (Figura 3)
Área da sub-bacia de montante	Métrica (logaritmo natural da área de bacia em km ²)	Modelo numérico do terreno (modelado a partir da matriz de altitude utilizando-se as funções <i>Filter Min 3x3</i> , <i>Pit-Removal</i> e <i>Runoff</i>) (Figura 4)

Cada variável foi convertida em imagem georreferenciada em formato raster sendo o modelo logístico de probabilidade de ocorrência ajustado utilizando-se a rotina LOGIT de operação estatística de imagens (ajuste por máxima verossimilhança através do algoritmo de Newton-Raephson):

$$P = e^{(b_0 + b_1 \cdot \text{altitude} + b_2 \cdot \text{área de bacia})} \cdot (1 + e^{(b_0 + b_1 \cdot \text{altitude} + b_2 \cdot \text{área de bacia})})^{-1}$$

Onde:

P é a probabilidade de ocorrência da espécie (0-1);

b_0 , b_1 e b_2 são os parâmetros da equação.

Considerando que a função LOGIT do software IDRISI Andes não efetua a estimativa do erro padrão dos parâmetros ajustados, efetuaram-se dez ajustes independentes para cada espécie através do sorteio aleatório de 10% dos *pixels* da matriz amostral. O erro padrão foi calculado como o desvio padrão das diferentes estimativas de cada parâmetro, sendo a significância obtida através da estatística Wald (razão entre o parâmetro estimado e seu respectivo desvio padrão, estimando-se P através da distribuição de probabilidades t; TABACHNICK & FIDELL, 1996).

2.2.4. Validação dos dados

Considerando a possibilidade de falhas de informação nas entrevistas realizadas, efetuou-se um ajuste preliminar do modelo probabilístico de ocorrência para cada espécie, gerando-se um mapa de distribuição presumida e um mapa de resíduos, com valores discrepantes entre a distribuição informada e a prevista pelo modelo. Em fevereiro de 2008 efetuou-se uma nova expedição a campo, retornando-se aos pontos em que, para cada espécie, o resíduo positivo (presença informada mas não prevista) ou negativo (presença prevista mas não informada) foi superior a 0,5, excetuados os pontos onde considerou-se a informação original de extrema confiabilidade. Nesta fase foram realizadas mais 29 entrevistas (5 destas em locais não amostrados anteriormente), sendo o modelo probabilístico de presença/ausência reajustado conforme a metodologia já descrita.

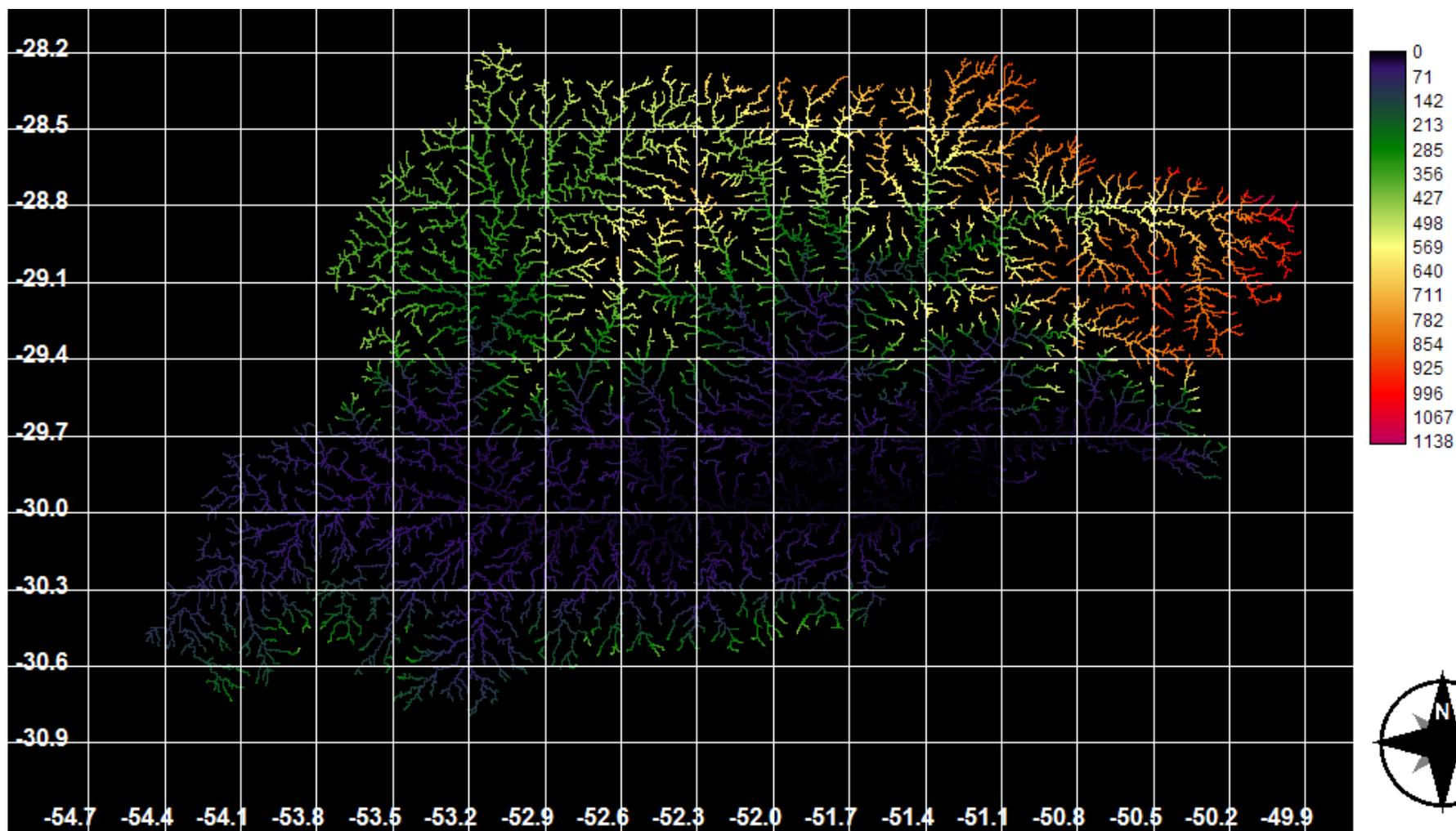


Figura 3. Imagem georreferenciada da variável altitude na bacia hidrográfica do rio Jacuí, obtida a partir do Modelo Numérico do Terreno. A escala apresenta a altitude em metros (mapa gerado a partir de modelo numérico de elevação em *pixel* de 92 por 92 m, segundo WEBER *et al.*, 2004).

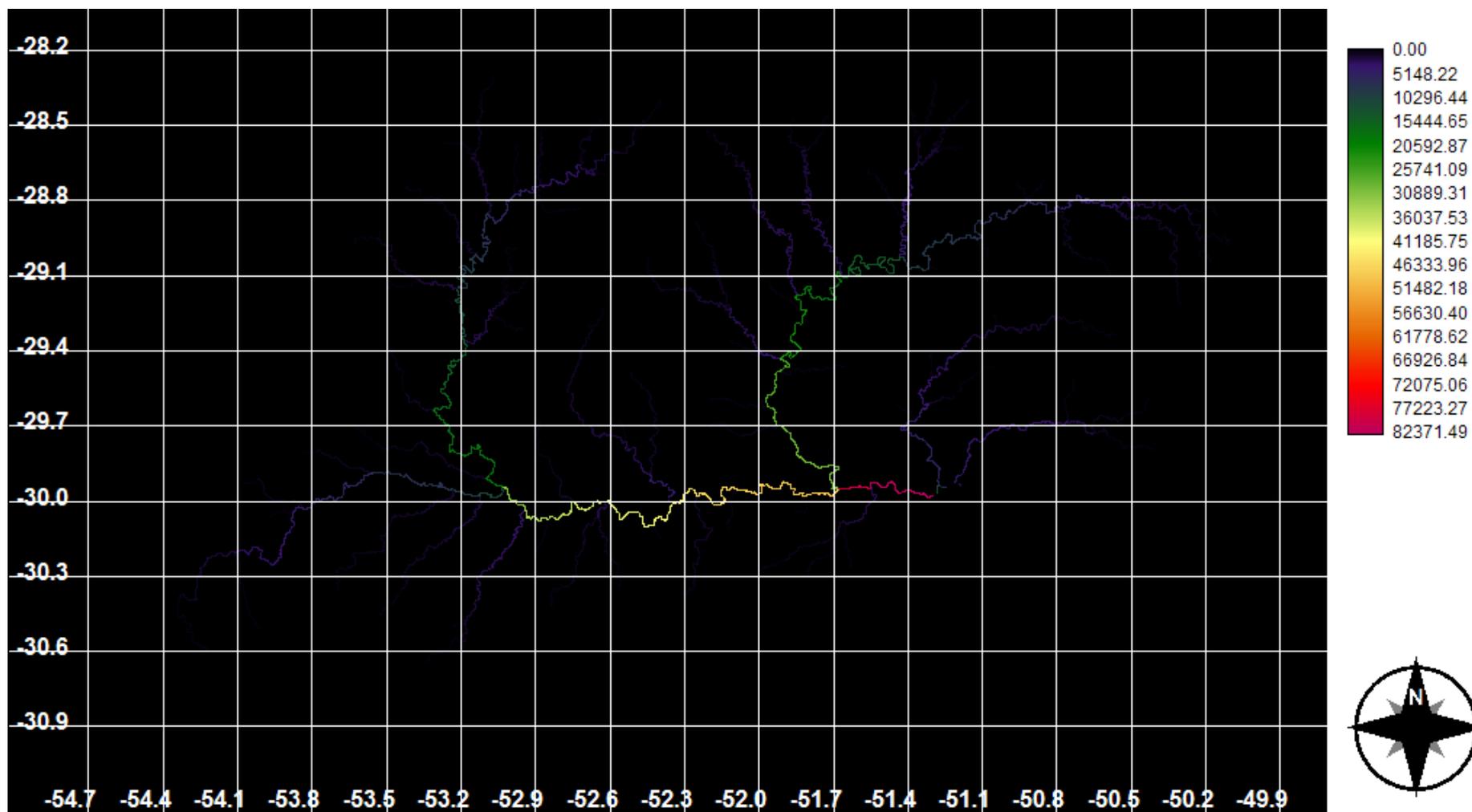


Figura 4. Imagem georreferenciada da variável área de bacia de montante na bacia hidrográfica do rio Jacuí, obtida a partir da modelagem da matriz de altitude utilizando-se as funções *Filter Min 3x3*, *Pit-Removal* e *Runoff*. A escala apresenta a área de bacia em km² (mapa gerado a partir de modelo numérico de elevação em *pixel* de 92 por 92 m, segundo WEBER *et al.*, 2004).

3. RESULTADOS

As pesquisas nos registros de museus e na literatura resultaram em 5 pontos de ocorrência para o dourado, 13 para o grumatã, 16 para a piava e 26 para o pintado.

O pintado esteve presente em 109 pontos dentre os 155 amostrados (70,32%), o grumatã em 68 (43,87%), o dourado em 56 (36,13%), e a piava em 49 (32,61%).

O ajuste do modelo probabilístico de ocorrência compreendeu dez ajustes independentes para cada uma das quatro espécies, a partir de valores de altitude e área de bacia logaritimizados. Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 2:

Tabela 2. Média, Desvio Padrão, Coeficiente Wald e significância dos coeficientes (*Intercept*, b_0 ; altitude, b_1 ; e área da bacia, b_2) estimados a partir dos dez ajustes independentes da regressão logística realizados pelo software Idrisi Andes para cada uma das quatro espécies de peixes (*Salminus brasiliensis* – dourado; *Prochilodus lineatus* – grumatã; *Leporinus obtusidens* – piava; e *Pimelodus maculatus* – pintado).

Espécie		Coeficientes de Regressão		
		Intercept	Altitude (m)	Área Bacia (km ²)
Dourado	Média	-2,8762	-1,3028	1,1487
	Desvio Padrão	0,2597	0,0332	0,0301
	Wald	11,0735	39,2022	38,1045
	P	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Grumatã	Média	-0,3176	-1,3067	0,8128
	Desvio Padrão	0,2731	0,0544	0,0177
	Wald	1,1628	23,9999	45,9075
	P	0,2719	<0,0001	<0,0001
Piava	Média	-0,8364	-1,5564	0,9947
	Desvio Padrão	0,2213	0,0462	0,0206
	Wald	3,7789	33,6909	48,1894
	P	0,0036	<0,0001	<0,0001
Pintado	Média	-0,9487	-0,8269	0,9255
	Desvio Padrão	0,3688	0,0496	0,0304
	Wald	2,5722	16,6855	30,4644
	P	0,0278	<0,0001	<0,0001

A Tabela 3 apresenta a aderência entre os dados de distribuição informada e de distribuição prevista, ou seja, que percentagem de segmentos de rio com presença/ausência informada está correta de acordo com o modelo de ocorrência presumida, (considera-se como presença presumida probabilidades superiores a 0,5; e como ausência presumida, probabilidades inferiores a esta).

Tabela 3. Percentagem média de acerto (aderência) do modelo de ocorrência presumida para cada uma das quatro espécies (*Salminus brasiliensis* – dourado; *Prochilodus lineatus* – grumatã; *Leporinus obtusidens* – piava; e *Pimelodus maculatus* – pintado).

	Espécies			
	Dourado	Grumatã	Piava	Pintado
Aderência de Presença (%)	83,1582	82,0145	82,8619	93,2924
Aderência de Ausência (%)	84,2103	81,3416	84,9809	48,8859

Os resultados da regressão logística foram aplicados à totalidade da rede hidrológica com área de bacia superior a 10 km², calculando a probabilidade de ocorrência para as quatro espécies. Isso permitiu a estimativa da probabilidade de ocorrência de cada espécie para a totalidade da bacia Jacuí, em escala de zero (zero % de probabilidade de ocorrência) a um (probabilidade de ocorrência de 100%).

As figuras de 5 a 16 apresentam, para cada uma das espécies analisadas, (a) o mapa da hidrografia de ocorrência informada através das entrevistas assim como os pontos de ocorrência registrada na literatura e museus; (b) mapa da probabilidade de ocorrência estimada através do modelo logístico ajustado; e (c) mapa da distribuição de resíduos, com destaque para os pontos em que a diferença entre a ocorrência informada e a probabilidade estimada ultrapassou 33%.

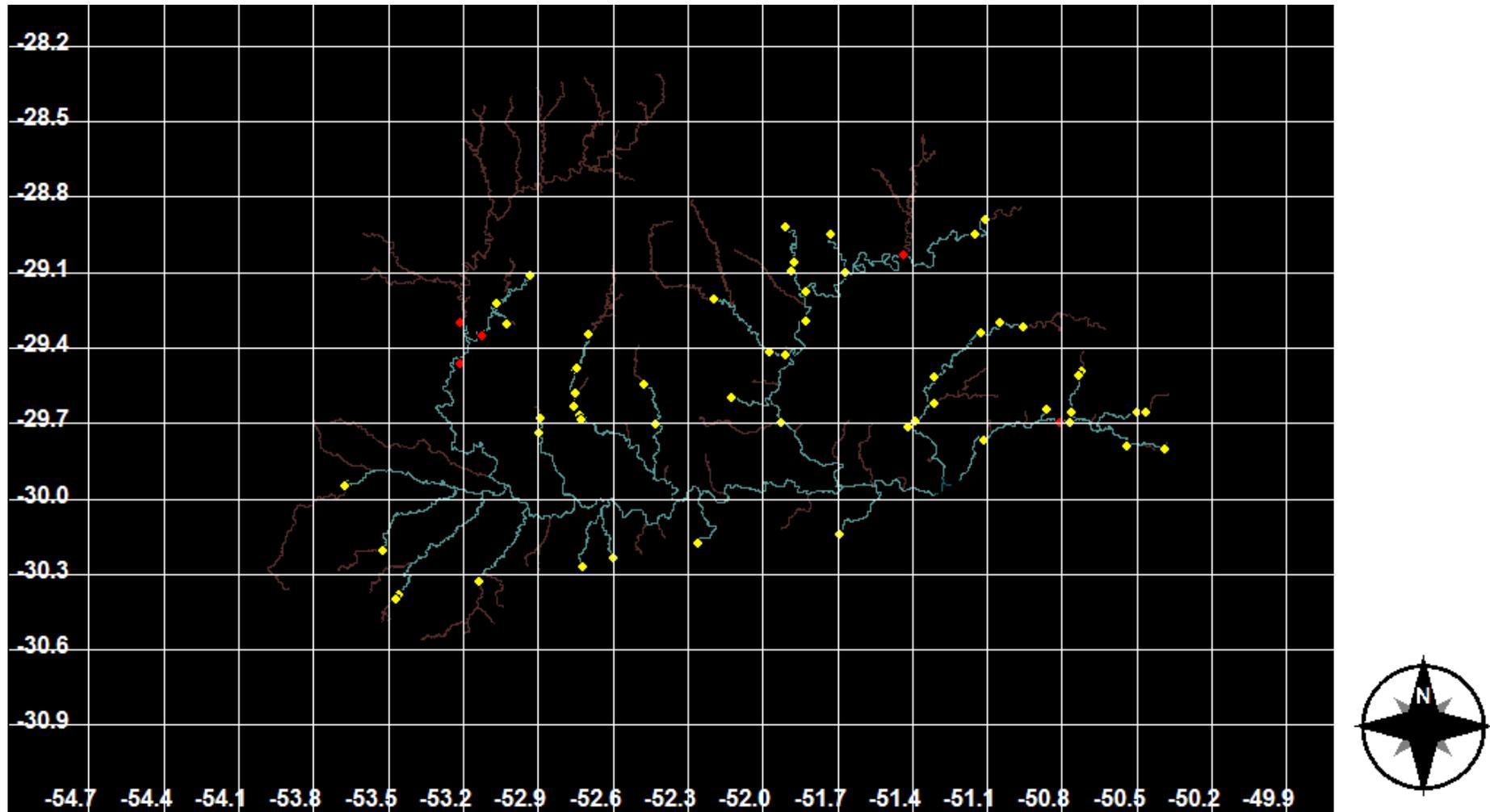


Figura 5. Hidrografia informada (em verde) do dourado, *Salminus brasiliensis*, sobreposta à hidrografia amostrada (em vermelho escuro). Os pontos em vermelho correspondem à plotagem dos registros em museus e na literatura; em amarelo, presença informada na região amostrada (mapa gerado a partir de modelo numérico de elevação em *pixel* de 92 por 92 m, segundo WEBER *et al.*, 2004).

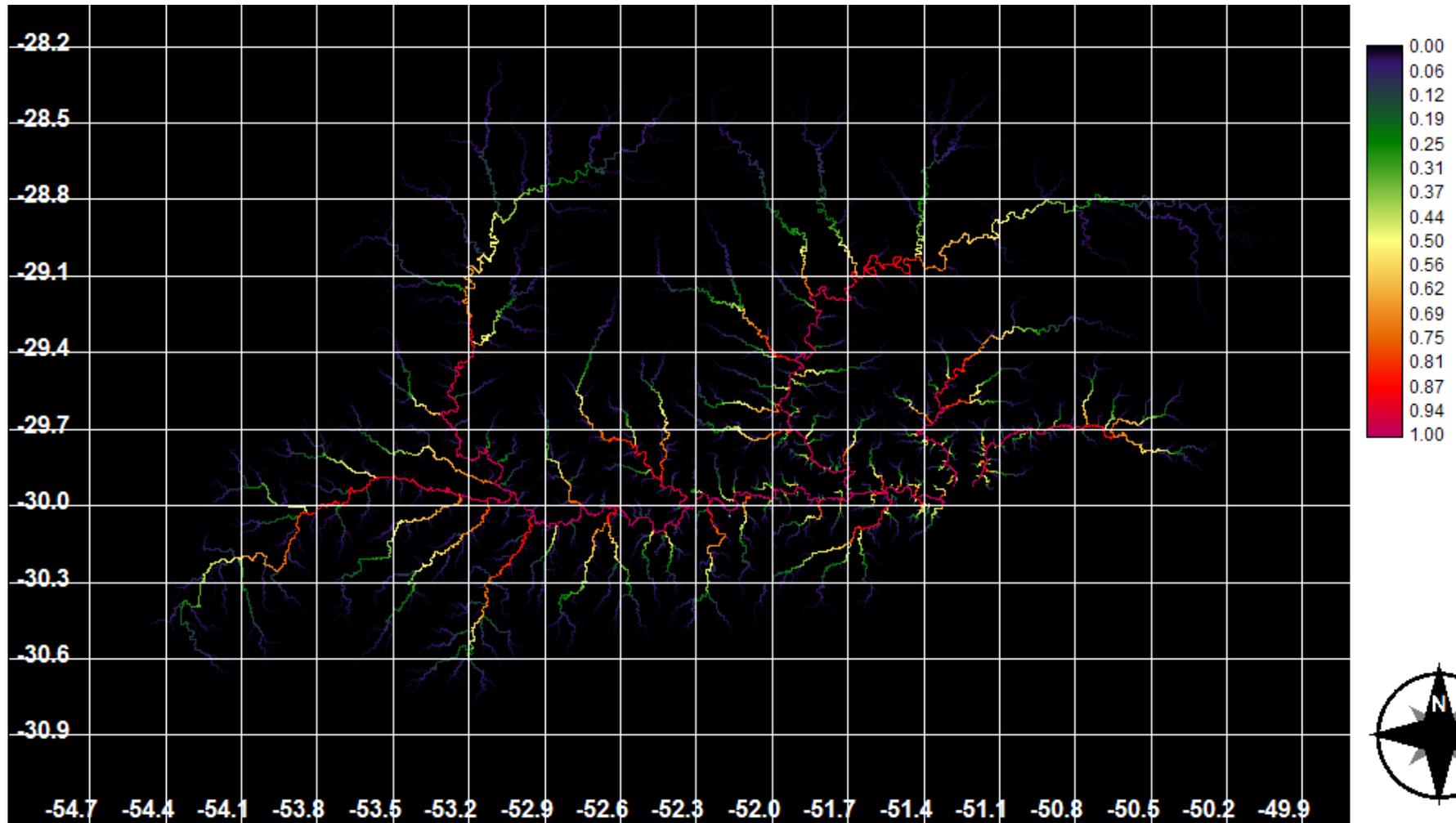


Figura 6. Distribuição presumida do dourado, *Salminus brasiliensis*, em toda a bacia do Jacuí. A escala de probabilidade de ocorrência vai de zero (0% de probabilidade) a um (100% de probabilidade) (mapa gerado a partir de modelo numérico de elevação em *pixel* de 92 por 92 m, segundo WEBER *et al.*, 2004).

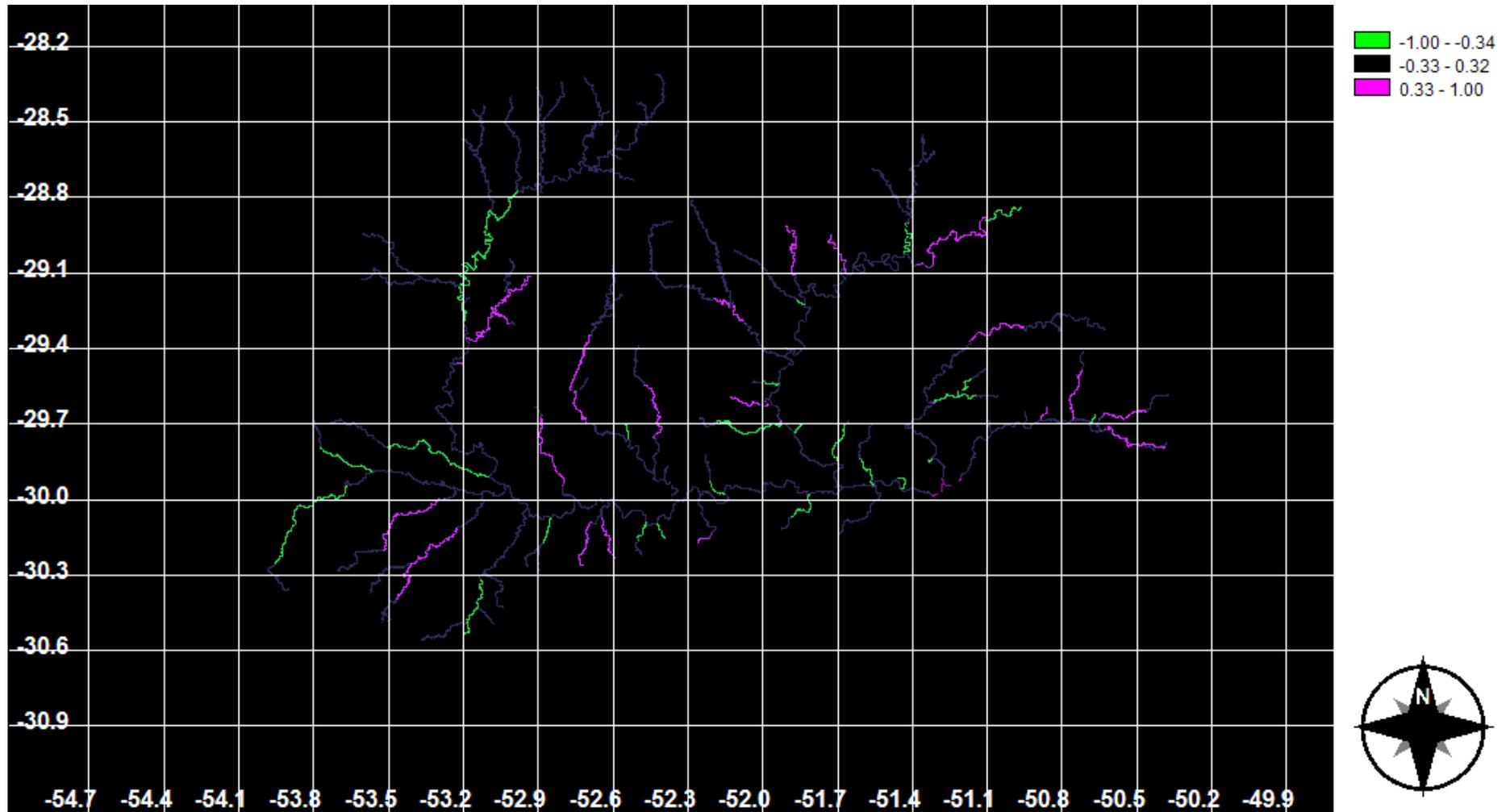


Figura 7. Resíduos da análise do dourado, *Salminus brasiliensis*. Em verde, podemos observar os resíduos negativos inferiores à -0,34. Neste caso, nenhum indivíduo foi registrado na região, mas o modelo previu – falso negativo. Em roxo, os resíduos positivos superiores à 0,33. Ao contrário do caso anterior, algum indivíduo foi registrado, mas o modelo não previu a ocorrência – falso positivo. Ao fundo, em azul escuro, para melhor localização dos resíduos, encontra-se a hidrografia amostrada (mapa gerado a partir de modelo numérico de elevação em *pixel* de 92 por 92 m, segundo WEBER *et al.*, 2004).

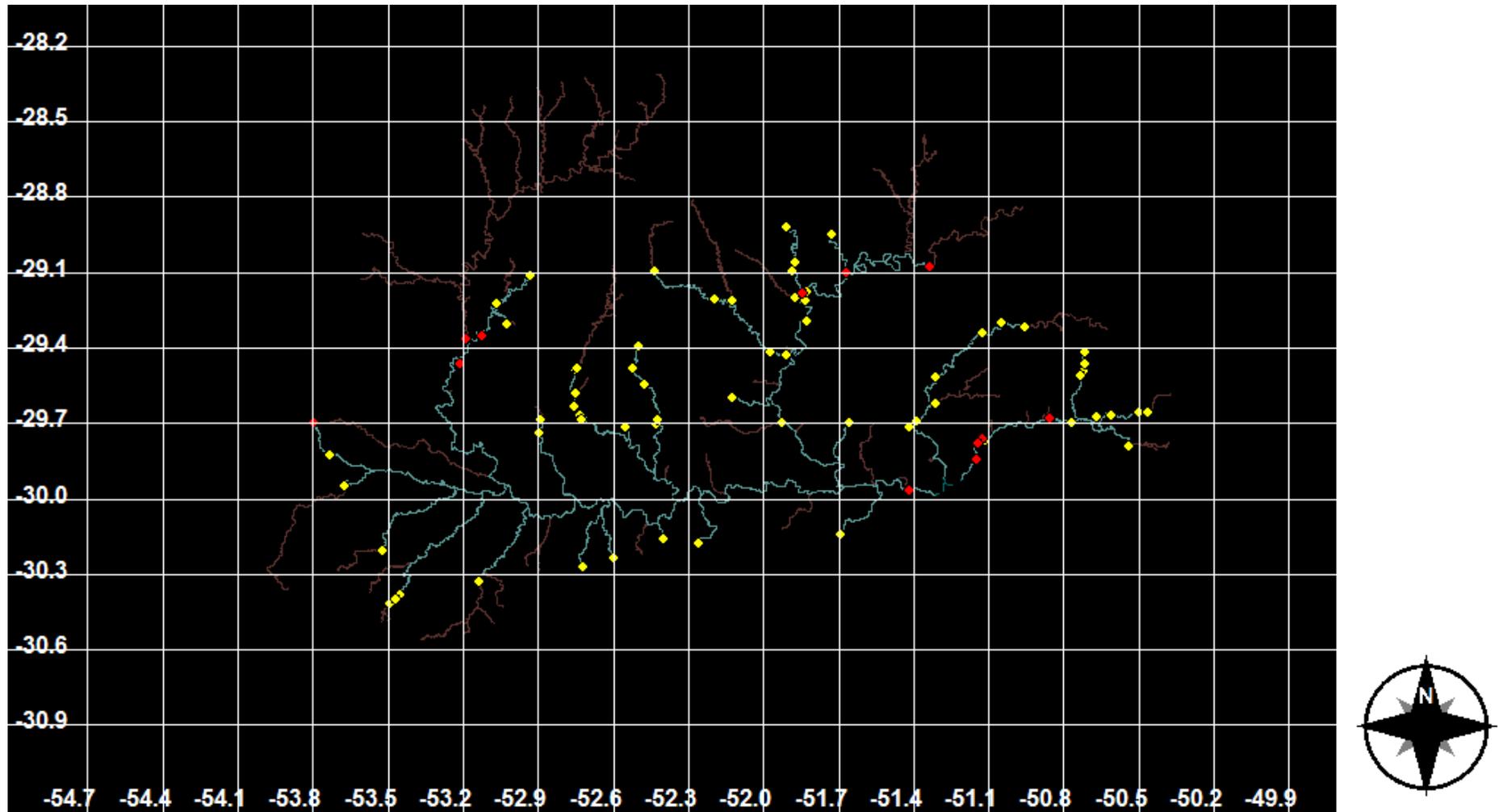


Figura 8. Hidrografia informada (em verde) do grumatã, *Prochilodus lineatus*, sobreposta à hidrografia amostrada (em vermelho escuro). Os pontos em vermelho correspondem à plotagem dos registros em museus e na literatura; em amarelo, presença informada na região amostrada (mapa gerado a partir de modelo numérico de elevação em *pixel* de 92 por 92 m, segundo WEBER *et al.*, 2004).

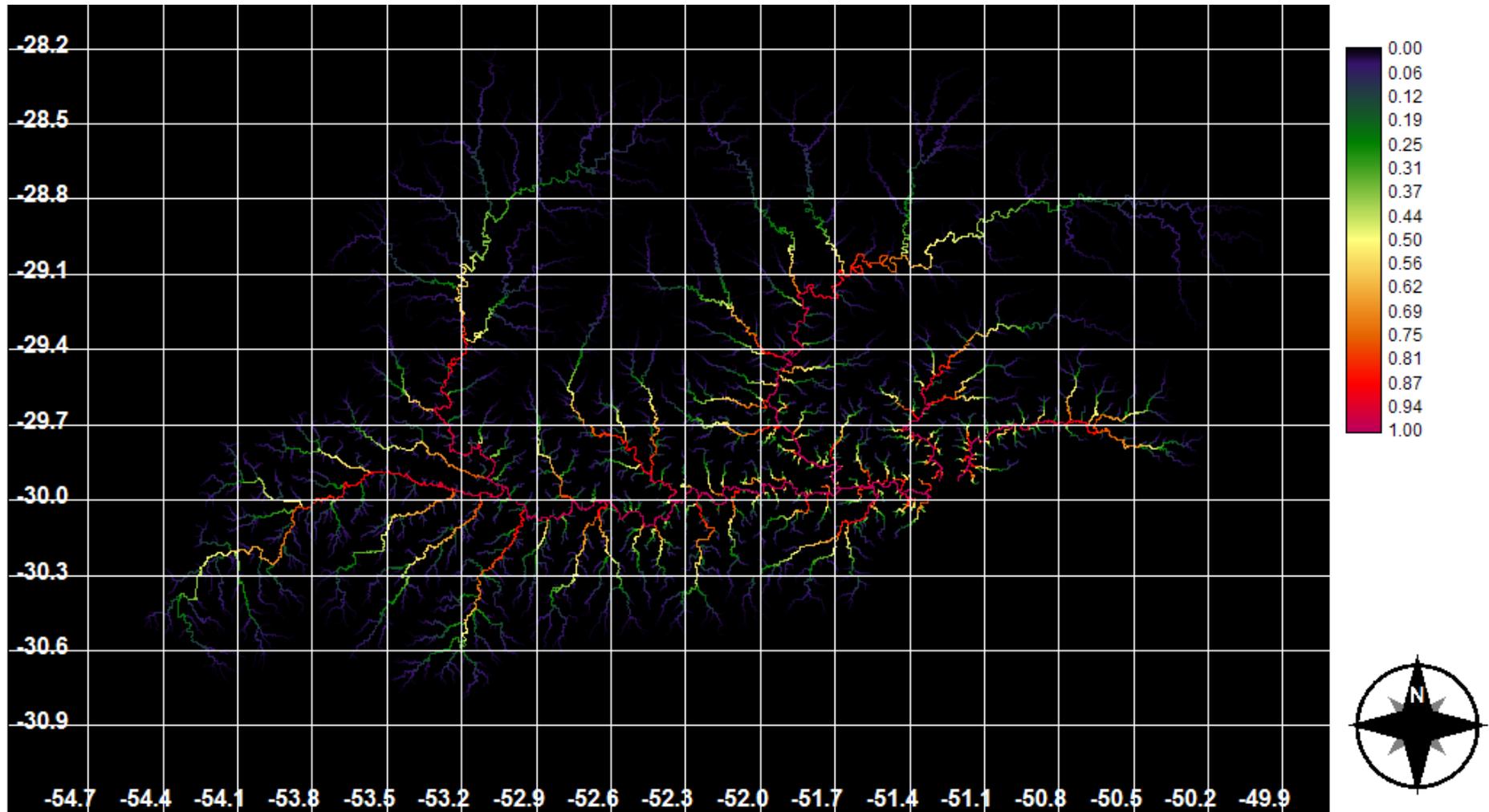


Figura 9. Distribuição presumida do grumatã, *Prochilodus lineatus*, em toda a bacia do Jacuí. A escala de probabilidade de ocorrência vai de zero (0% de probabilidade) a um (100% de probabilidade (mapa gerado a partir de modelo numérico de elevação em *pixel* de 92 por 92 m, segundo WEBER *et al.*, 2004).

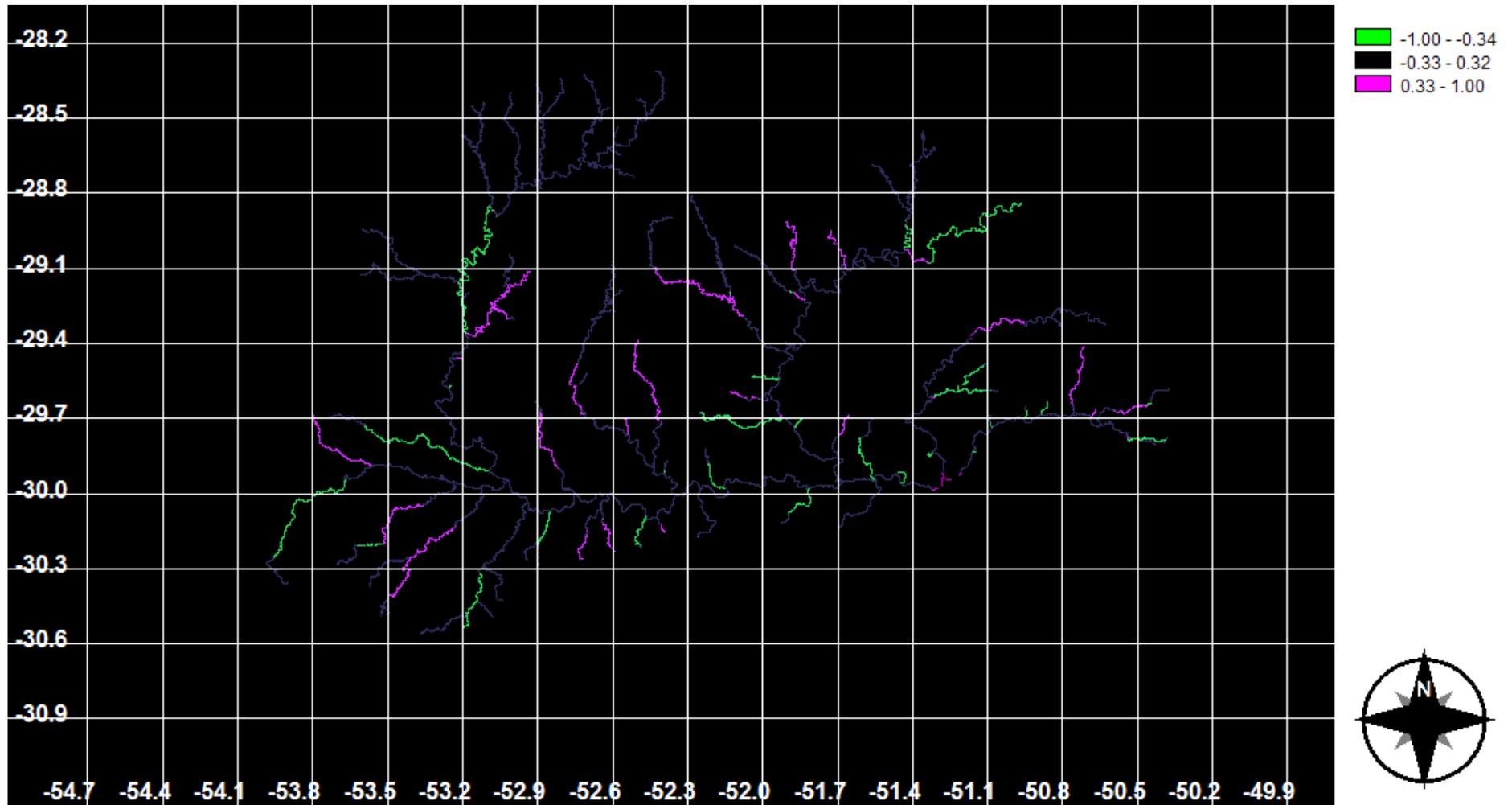


Figura 10. Resíduos da análise do grumetã, *Prochilodus lineatus*. Em verde, podemos observar os resíduos negativos inferiores à -0,34. Neste caso, nenhum indivíduo foi registrado na região, mas o modelo previu – falso negativo. Em roxo, os resíduos positivos superiores à 0,33. Ao contrário do caso anterior, algum indivíduo foi registrado, mas o modelo não previu a ocorrência – falso positivo. Ao fundo, em azul escuro, para melhor localização dos resíduos, encontra-se a hidrografia amostrada (mapa gerado a partir de modelo numérico de elevação em *pixel* de 92 por 92 m, segundo WEBER *et al.*, 2004).

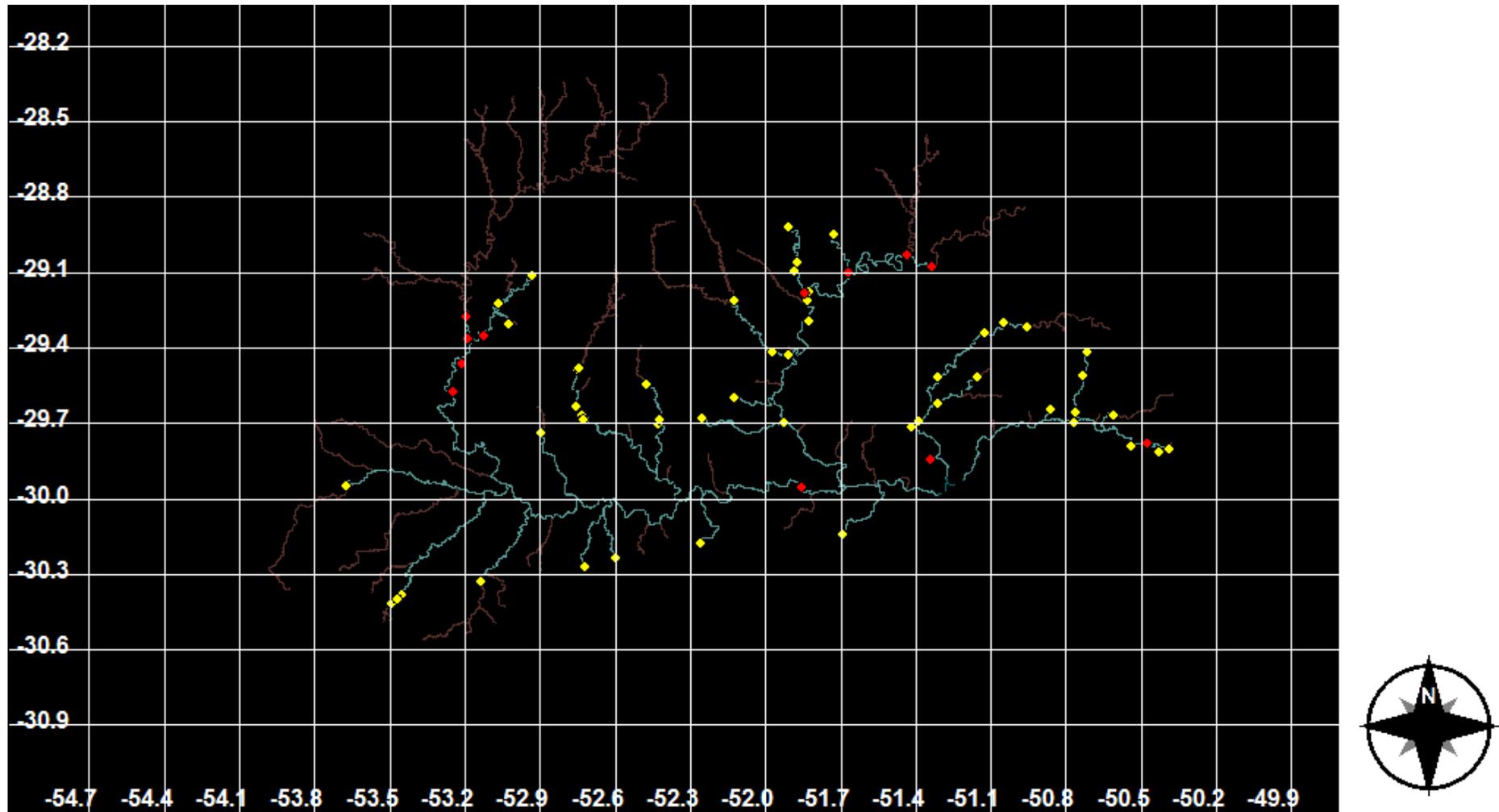


Figura 11. Hidrografia informada (em verde) da piava, *Leporinus obtusidens*, sobreposta à hidrografia amostrada (em vermelho escuro). Os pontos em vermelho correspondem à plotagem dos registros em museus e na literatura; em amarelo, presença informada na região amostrada (mapa gerado a partir de modelo numérico de elevação em *pixel* de 92 por 92 m, segundo WEBER *et al.*, 2004).

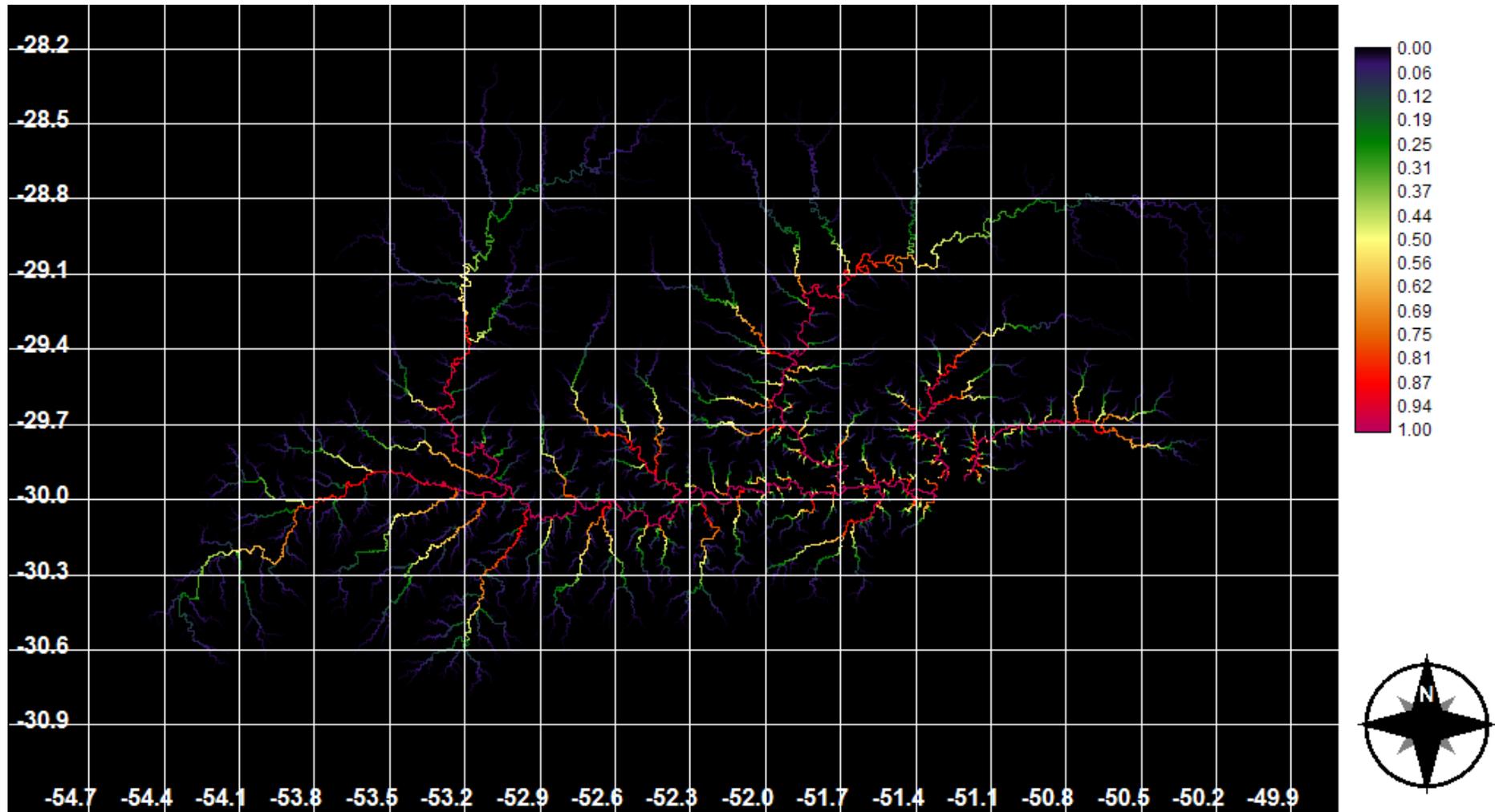


Figura 12. Distribuição presumida da piava, *Leporinus obtusidens*, em toda a bacia do Jacuí. A escala de probabilidade de ocorrência vai de zero (0% de probabilidade) a um (100% de probabilidade) (mapa gerado a partir de modelo numérico de elevação em *pixel* de 92 por 92 m, segundo WEBER *et al.*, 2004).

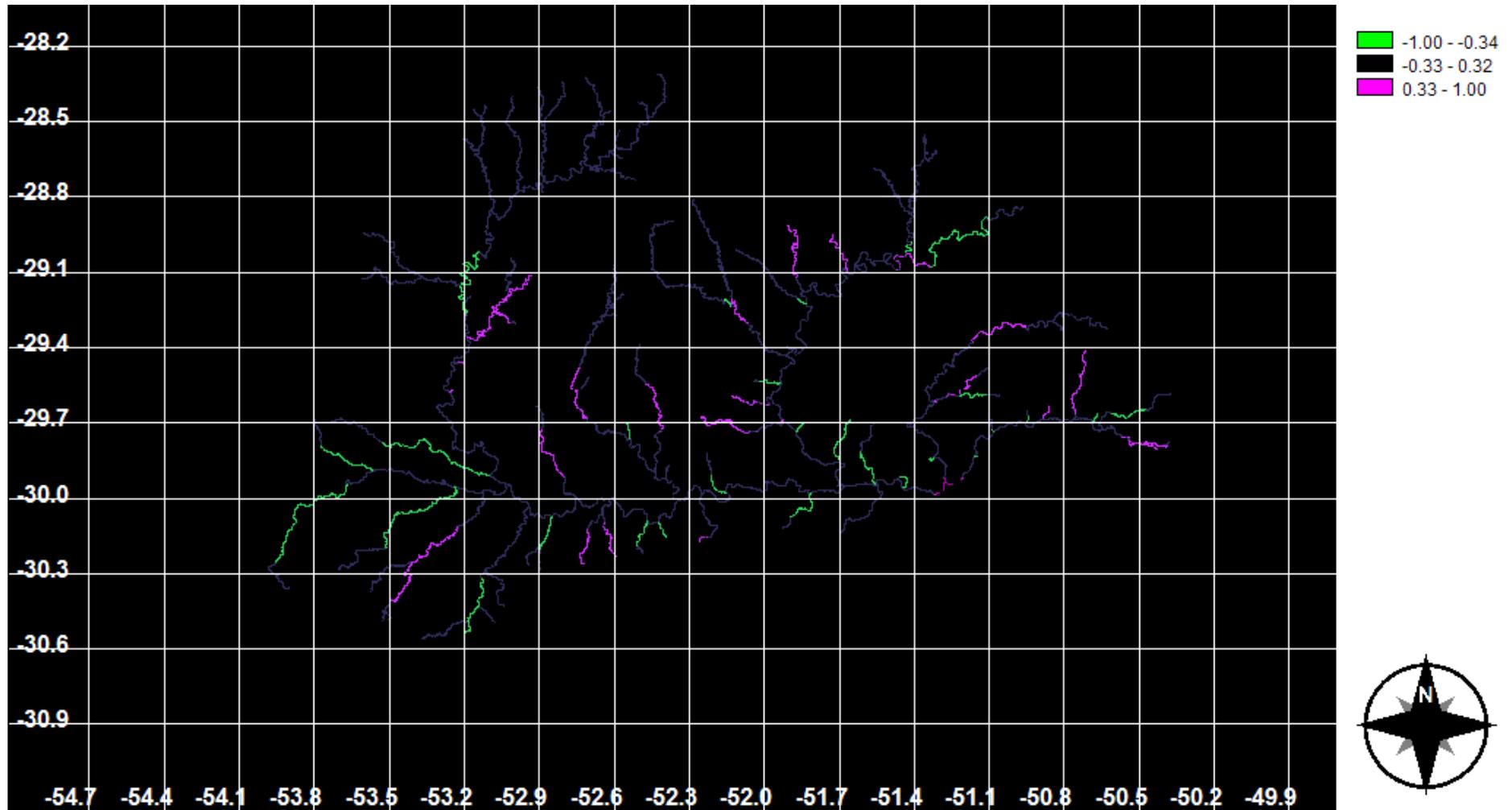


Figura 13. Resíduos da análise da piava, *Leporinus obtusidens*. Em verde, podemos observar os resíduos negativos inferiores à -0,34. Neste caso, nenhum indivíduo foi registrado na região, mas o modelo previu – falso negativo. Em roxo, os resíduos positivos superiores à 0,33. Ao contrário do caso anterior, algum indivíduo foi registrado, mas o modelo não previu a ocorrência – falso positivo. Ao fundo, em azul escuro, para melhor localização dos resíduos, encontra-se a hidrografia amostrada (mapa gerado a partir de modelo numérico de elevação em *pixel* de 92 por 92 m, segundo WEBER *et al.*, 2004).

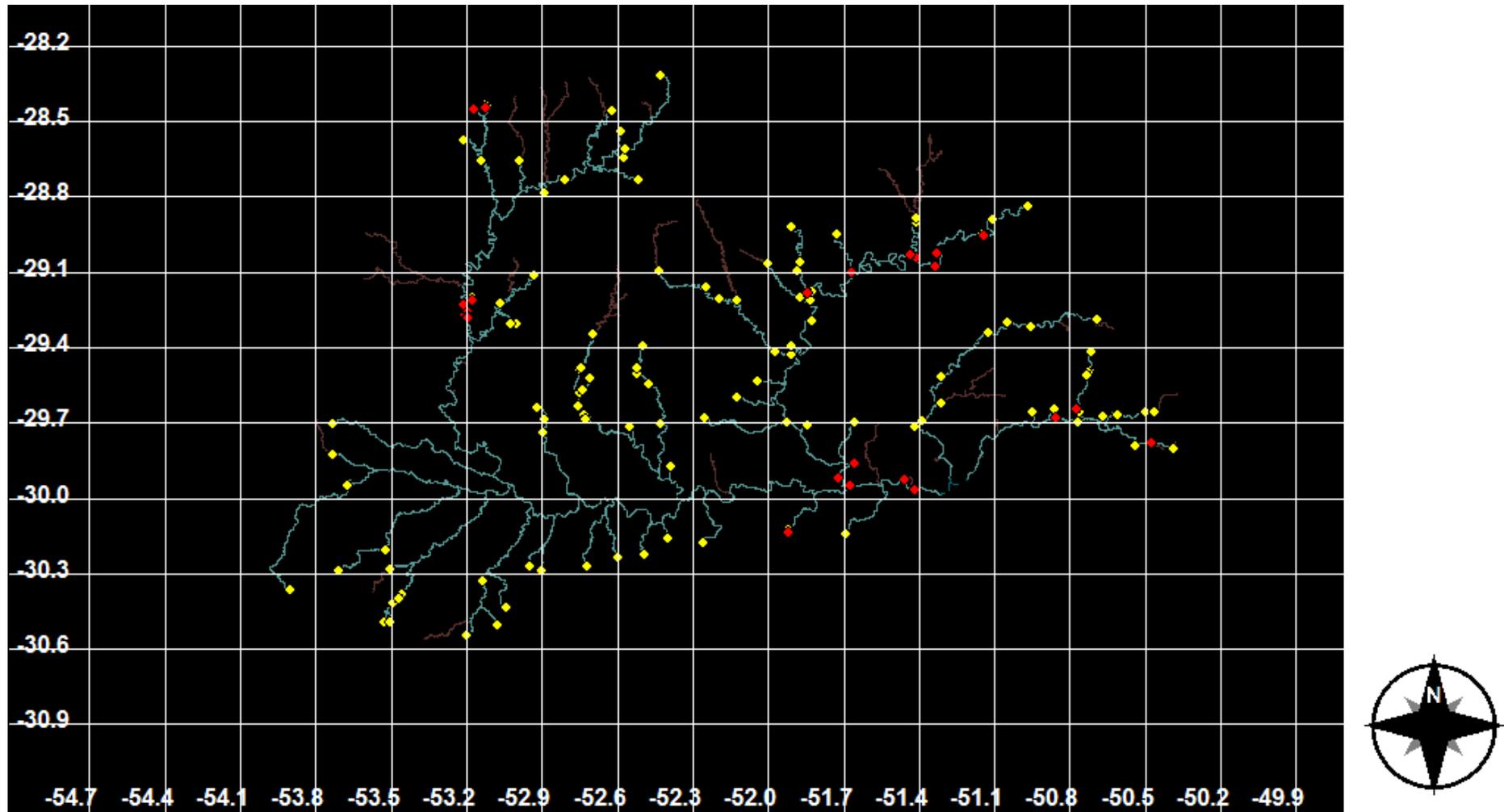


Figura 14. Hidrografia informada (em verde) do pintado, *Pimelodus maculatus*, sobreposta à hidrografia amostrada (em vermelho escuro). Os pontos em vermelho correspondem à plotagem dos registros em museus e na literatura; em amarelo, presença informada na região amostrada (mapa gerado a partir de modelo numérico de elevação em *pixel* de 92 por 92 m, segundo WEBER *et al.*, 2004).

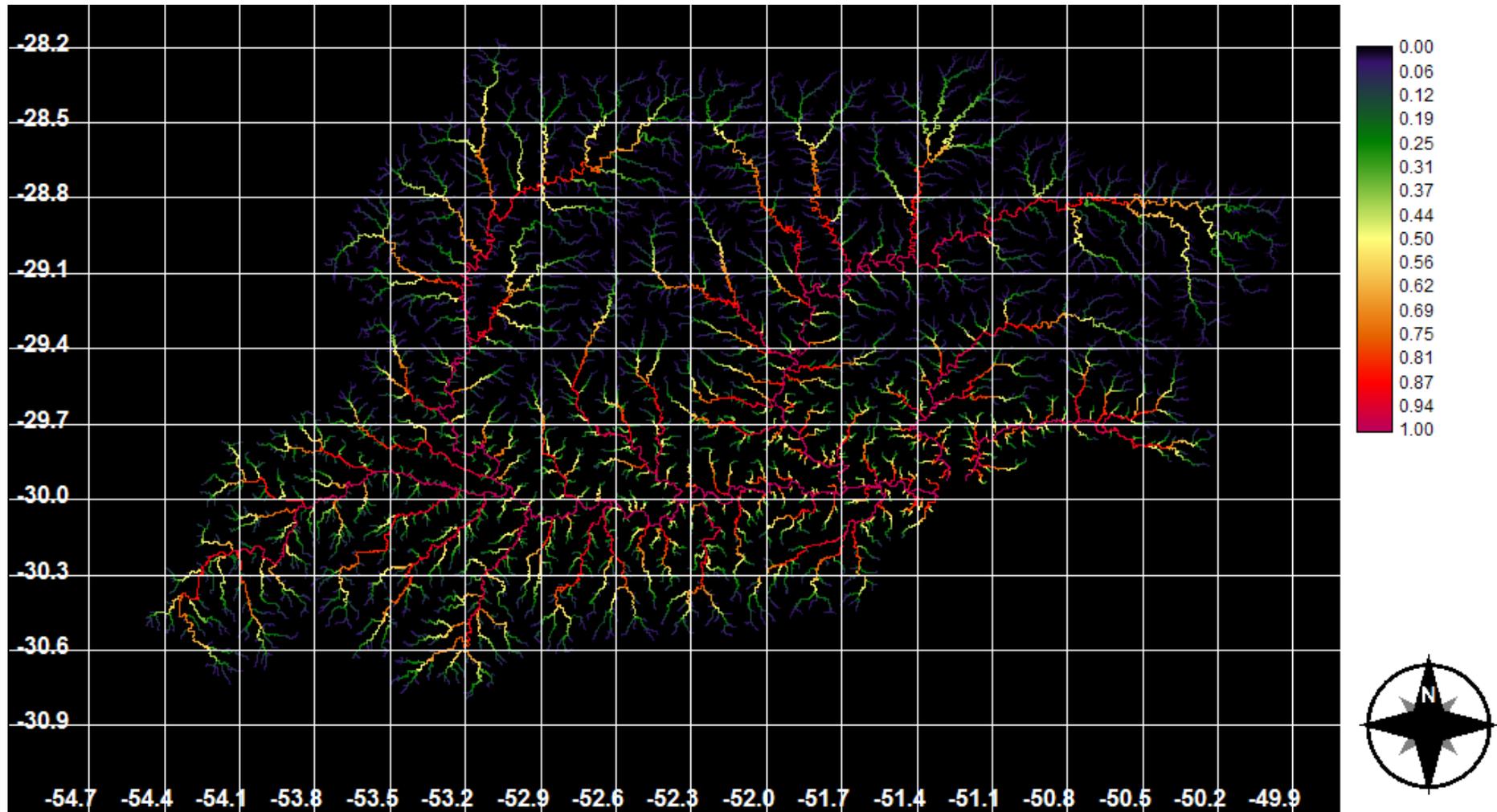


Figura 15. Distribuição presumida do pintado, *Pimelodus maculatus*, em toda a bacia do Jacuí. A escala de probabilidade de ocorrência vai de zero (0% de probabilidade) a um (100% de probabilidade) (mapa gerado a partir de modelo numérico de elevação em *pixel* de 92 por 92 m, segundo WEBER *et al.*, 2004).

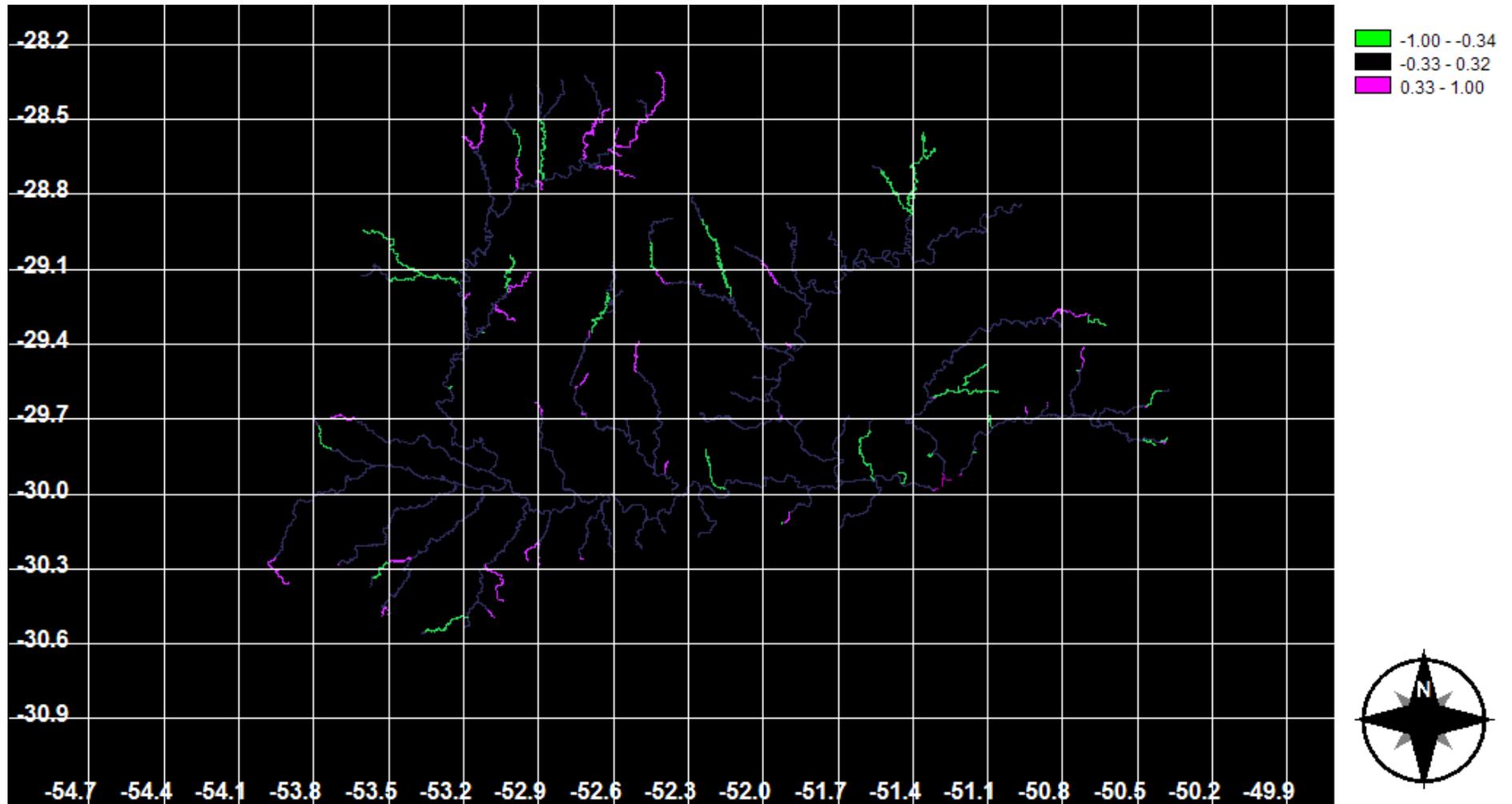


Figura 16. Resíduos da análise do pintado, *Pimelodus maculatus*. Em verde, podemos observar os resíduos negativos inferiores à -0,34. Neste caso, nenhum indivíduo foi registrado na região, mas o modelo previu – falso negativo. Em roxo, os resíduos positivos superiores à 0,33. Ao contrário do caso anterior, algum indivíduo foi registrado, mas o modelo não previu a ocorrência – falso positivo. Ao fundo, em azul escuro, para melhor localização dos resíduos, encontra-se a hidrografia amostrada (mapa gerado a partir de modelo numérico de elevação em *pixel* de 92 por 92 m, segundo WEBER *et al.*, 2004).

4. DISCUSSÃO

Sabe-se que a natureza é muito complexa e heterogênea para ser precisamente prevista em tempo e espaço através de um único modelo (GUISAN & ZIMMERMANN, 2000). Contudo, existe uma necessidade urgente de se conhecer a distribuição das espécies e os fatores responsáveis pela regulação da sua ocorrência em diferentes ambientes, de forma a tornar possível a tomada de decisões para a conservação das comunidades (FILIPPE *et al.*, 2002).

Nas últimas duas décadas, o interesse nos modelos de distribuição de espécies tem crescido marcadamente. De modo geral, a abordagem utilizada para prever a distribuição de plantas e animais tem suas raízes na quantificação das relações existentes entre espécies e ambiente (GUISAN & THUILLER, 2005).

Guisan & Thuiller (2005) apresentam um histórico das estratégias de modelagem realizadas desde as décadas de 20 e 30, quando pesquisadores como Johnson e Hittinka buscavam analisar a distribuição de espécies australianas e européias, respectivamente. Em 1970, tiveram início as primeiras predições realizadas com auxílio de computadores. Porém, apenas na década de 80 tais estudos obtiveram o êxito almejado, resultando em diversos modelos de distribuição propostos na literatura. Certamente esse avanço esteve ligado ao desenvolvimento paralelo da computação e ciências estatísticas. Como resultado destes esforços, desde os anos 90 o número de publicações na área vem crescendo rapidamente.

Nos últimos 20 anos, o uso da estatística multivariada na modelagem da distribuição de espécies tem aumentado consideravelmente através da aplicação de uma grande variedade de técnicas. Em particular, os modelos de regressão têm sido utilizados amplamente para prever a distribuição, abundância e preferência de habitat de algumas espécies (BRITO *et al.*, 1999). Entretanto, quando se unem estas informações com recursos do Sistema de Informação Geográfica (SIG), torna-se possível a incorporação de fatores ecológicos obtidos diretamente de imagens remotas aos modelos de predição.

Além disso, o uso de gradientes indiretos, constituídos por variáveis que não apresentam ação fisiológica direta sobre os animais, tais como elevação, declividade e posição topográfica, são mais facilmente obtidos do que parâmetros ambientais de gradiente direto, como temperatura ou pH, que frequentemente introduzem incertezas espaciais nos modelos por carência de dados e erros de interpolação (GUISAN *et al.*, 1999).

Embora no presente trabalho se tenha optado por modelar a distribuição das espécies de interesse com base em apenas dois parâmetros de gradiente indireto, altitude e área de bacia, observa-se que a estimativa de presença, quando confrontada com a distribuição informada, apresentou aderência sempre superior a 80%, chegando a 93% para o pintado. Este resultado sugere que mesmo um conjunto relativamente pequeno de variáveis geomorfológicas é capaz de apresentar um caráter preditivo importante, talvez em função do elevado conjunto de parâmetros diretos colineares, como temperatura da água, vazão, velocidade de corrente ou turbidez.

Entretanto, mesmo considerando-se como satisfatória uma aderência superior a 80%, uma margem de erro de até 20% não pode ser negligenciada. Dentre os fatores contribuintes para os resíduos observados destacam-se: (1) imprecisão de informação; (2) deficiências na determinação do ponto exato de mudança de estado presente/ausente em função da densidade de pontos amostrais; (3) não incorporação de outros fatores ambientais, como a presença de barreiras a jusante; e (4) a variabilidade intrínseca a qualquer fenômeno natural.

Embora se tenha procurado minimizar a probabilidade de informações equivocadas, através de um processo de reamostragem de entrevistas discrepantes (validação), limitou-se este processo aos segmentos de rio em que os resíduos (tanto positivos quanto negativos) eram superiores a 0,5 para um mínimo duas espécies, em função da grande extensão geográfica da área de análise.

Por outro lado, a abordagem metodológica empregada no presente trabalho, utilização de operação estatística de imagens ao invés de dados numéricos diretos, apresenta vantagens e desvantagens. A principal vantagem consiste na multiplicação de dados analisáveis. Ao aplicar-se um software estatístico convencional, cada ponto amostral é uma réplica independente, com todos os atributos mensurados. No presente trabalho, teríamos 155 diferentes pontos distribuídos na bacia Jacuí. Entretanto, ao usarem-se sistemas de informação geográfica (SIG) e operação estatística de imagens através do software Idrisi Andes, ganhou-se muita informação adicional. Quando se registra a ocorrência de uma espécie entre dois pontos de um rio, é razoável imaginar-se que a espécie também ocorra em todo o segmento entre os dois pontos, salvo trechos com características fisionômicas particulares. Por meio de operações com imagens, estas informações podem ser recuperadas, multiplicando o esforço amostral. Através do processo empregado, gerou-se uma matriz de cerca de 40 mil pontos de informação (*pixels*), com dados de presença/ausência de cada uma das espécies, assim como com informações de altitude e área de bacia. Tal processo

permitiu com que se fizessem dez ajustes independentes para cada espécie, utilizando-se em cada um deles apenas 10% dos pontos amostrados (aproximadamente 4 mil pontos) – *bootstrap* para estimativa de intervalos de confiança para os coeficientes ajustados. O processo, entretanto, incorpora falhas de maneira inversamente proporcional à densidade da matriz amostral. Quando uma espécie desaparece entre dois pontos amostrais, o modelo de análise passa a considerá-la como ausente a montante do último ponto de presença informada. Se os pontos estão distantes entre si, um trecho considerável de presença provável será computado como de ausência, inserindo um viés de distribuição para altitudes menores a áreas de bacia maiores. Quanto maior a densidade de pontos amostrados nos limites de distribuição, menor o erro decorrente deste processo de análise, razão pela qual priorizamos a amostragem nos trechos de montante dos rios ao invés das áreas de planícies.

A margem de erro ainda pode ter sofrido influência de outros fatores não contemplados no modelo, como, por exemplo, a presença de barreiras a jusante. A justificativa para a não inclusão de barramentos artificiais como variável independente no modelo probabilístico deve-se ao objetivo inicial de identificar-se a distribuição histórica das espécies na área de estudo, com o propósito de subsidiarem-se programas de re-introdução. Por outro lado os barramentos podem apresentar efeitos muito distintos sobre as populações naturais, dependendo do número de barramentos de jusante, do tempo de operação dos mesmos e da existência de mecanismos de transposição de peixes. Ainda, barramentos artificiais podem desencadear efeitos antagônicos. Ao mesmo tempo em que uma barragem sem mecanismo de transposição pode suprimir a presença de uma espécie em área de montante, o lago formado pode permitir a transposição de uma barreira natural, vindo a favorecer o aumento de distribuição de uma espécie que não exija grandes extensões para completar seu ciclo reprodutivo.

A introdução do pintado foi relatada por diversos moradores das proximidades do Sistema Salto durante a realização das entrevistas. Segundo estes, indivíduos de *P. maculatus* foram introduzidos na área de alagamento da Barragem Divisa (rio Caí). Por outro lado, moradores do alto Jacuí relataram o aparecimento do pintado após a construção dos barramentos de Maia Filho e Passo Real, podendo ter ocorrido a transposição da espécie pelo alagamento de saltos naturais, redundando na baixa acurácia do valor de ausência de *P. maculatus* (48% - presença informada, mas não prevista).

Assim, o modelo proposto caracterizou-se como de presença presumida em função de parâmetros geomorfológicos extraídos diretamente do modelo numérico

disponível, abstraindo-se a interferência posterior dos barramentos construídos na bacia Jacuí. Além disso, a incorporação de barreiras naturais mostrou-se inviável no presente modelo. Embora várias barreiras tenham sido identificadas *in loco*, a precisão do modelo numérico do terreno disponível, em *pixel* de 92 por 92 metros e informação de altitude por sensor radar, mostrou-se inadequada para a identificação de acidentes potencialmente significativos. Na matriz de análise, a altitude de cada pixel representa um valor de média ponderada de altitude em uma área de quase um hectare. Qualquer desnível do terreno, mesmo que significativo para efeito de barreira natural, fica completamente obscurecido em face da falta de precisão da matriz de análise. Assim, embora a presença de barreiras naturais ou mesmo declividades extremas de jusante sejam variáveis explicativas importantes na distribuição de peixes migradores, estas só poderão ser incorporadas se disponibilizados modelos numéricos de terreno com maior precisão espacial (*pixel* de menor dimensão).

Observando-se os mapas de distribuição presumida das espécies, verifica-se que ocorreu uma sobreposição considerável. Mas de uma maneira geral, as espécies responderam diferentemente às variáveis ambientais, resultando em distintos alcances de montante.

Os coeficientes de altitude obtidos para as quatro espécies evidenciaram a influência negativa desse parâmetro sobre a distribuição das espécies analisadas. No caso das áreas altas, a menor heterogeneidade de habitats e a maior instabilidade dinâmica determinam condições as quais poucas espécies estão adaptadas para tolerar (BISTONI & HUED, 2002).

Em rios da região central da Argentina, observou-se também uma distribuição de espécies de acordo com o gradiente de altitude: *Pimelodus albicans* atinge altitudes entre 600 e 799 m; *Prochilodus platensis*, entre 400 e 599 m; e *Salminus maxillosus*, entre 399 e 200 m (BISTONI & HUED, 2002). No presente estudo observou-se que *Pimelodus maculatus* (539 m) e *Prochilodus lineatus* (297 m) ocorreram em altitudes inferiores às espécies co-genéricas da Argentina, embora *Salminus brasiliensis* tenha se distribuído na mesma faixa de altitude máxima (292 m) que *Salminus maxillosus*. De qualquer forma, as diferentes espécies de mesmo gênero mantiveram a mesma seqüência altitudinal de distribuição, sugerindo a existência de componente filogenético no padrão de ocupação de habitat.

De maneira geral, o comportamento das espécies em relação à altitude demonstra que os peixes mais afetados são justamente os maiores, usualmente de hábito migratório. De acordo com a tática reprodutiva, os migradores de longas distâncias somam 18% do total da fauna Neotropical. Espécies com esta estratégia,

como o dourado e o grumatã, necessitam de no mínimo 100 km de curso migratório, e dependem diretamente desta migração para completarem o desenvolvimento de suas gônadas e o processo de desova (AGOSTINHO *et al.*, 2004). O pintado, por outro lado, necessita de segmentos mais curtos de fluxo livre para desovar (GODOY, 1967), sendo aparentemente a espécie menos influenciada pela presença de barramentos à jusante.

A área de bacia de montante também mostrou-se extremamente significativa para explicar o padrão de distribuição das quatro espécies, gerando coeficientes positivos, o que demonstra a preferências das espécies por segmentos de jusante. Entretanto, comparações diretas entre as probabilidades de ocorrência das espécies não devem ser realizadas levando-se em conta cada coeficiente independentemente. A natureza dos modelos de regressão múltipla, em função da multicolinearidade de variáveis (situação onde duas ou mais variáveis individuais são intercorrelacionadas), pode resultar em dificuldade na identificação correta dos efeitos individuais de cada coeficiente (HISE *et al.*, 1983). Porém, o dourado e o grumatã, que apresentaram coeficientes de altitude quase idênticos, podem ser diretamente comparados quanto aos coeficientes de área de bacia. Apesar de sofrerem influencia semelhante da altitude sobre suas distribuições, o dourado parece ser mais restritivo em relação à área de bacia, exigindo rios com maior porte para fixar ocorrência.

Por fim, o Sistema de Informação Geográfica (SIG) caracteriza-se como uma ferramenta cada vez mais utilizada nos processos de planificação econômica, territorial e, sobretudo, para a gestão ambiental. Assim, o conjunto de produtos do presente trabalho teve por finalidade contribuir para o processo de gestão ambiental integrada da bacia hidrográfica do rio Jacuí. Os modelos apresentados não visam substituir a verificação *in loco* da ocorrência e distribuição de peixes migradores na bacia, sobretudo em processos de licenciamento de novos barramentos. Pretendeu-se, acima de tudo, fornecer ao órgão licenciador uma ferramenta independente para avaliar os EIA-RIMA apresentados em processos de licenciamento. Além disso, um modelo de distribuição presumida pode também ser de grande utilidade no planejamento ambiental da bacia como um todo, de forma a subsidiar a tomada de decisão com relação à preservação de tributários e segmentos em projetos de gestão integrada de bacia.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agência Nacional das Águas (2002). *A Evolução da Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil*. TODA desenho e Arte LTDA.
- Agostinho, A. A. & Julio, H.F. (1999). Peixes da bacia do alto rio Paraná. In *Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais* (Lowe-McConnell, ed.), pp. 374-400. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo.
- Agostinho, A. A., Thomaz, S. M. & Gomes, L. C. (2005). Conservação da biodiversidade em águas continentais do Brasil. *Megadiversidade* **1**, 70-78.
- Agostinho, A. A., Gomes, L. C., Fernandes, D. R. & Suzuki, H. I. (2002). Efficiency of fish ladders for neotropical ichthyofauna. *River Research and Applications* **18**, 299-306.
- Agostinho, A. A., Gomes, L. C., Veríssimo, S. & Okada, E. K. (2004). Flood regime, dam regulation and fish in the upper Paraná River: effects on assemblage attributes, reproduction and recruitment. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* **14**, 11-19.
- Almeida, V. L. L., Resende, E. K., Lima, M. S. & Ferreira, C. J. A. (1993). Dieta e atividade alimentar de *Prochilodus lineatus* (Characiformes, Prochilodontidae) no Pantanal do Miranda-Aquidauana, Mato Grosso do Sul, Brasil. *Unimar* **15** (suppl.), 125-141.
- Andrade, P. M. & Braga, F. M. S. (2005). Reproductive seasonality of fishes from lotic stretch of the Grande River, High Paraná River Basin, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* **65**, 387-394.
- Benetti, A. D. & Tucci, C. E. M. (2001). *Identificação preliminar de áreas críticas de qualidade de água decorrentes da implantação de hidrelétricas na bacia dos rios Taquari-Antas*. FEPAM.
- Bertoletti, J. J. (1985). Aspectos sistemáticos e biológicos da ictiofauna do rio Uruguai. *Veritas* **30**, 93-129.
- Bertoletti, J. J. (1987). Contribuição ao conhecimento de passagens de peixes em barragens no Rio Grande do Sul. *Comunicações do Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS* **42**, 131-138.
- Bistoni, M. A. & Hued, A. C. (2002). Patterns of fish species richness in rivers of the central region of Argentina. *Brazilian Journal of Biology* **62**, 753-764.
- Braun, A. S. (2005). Biologia reprodutiva e identificação do uso de lagoa marginal como sítio de reprodução para espécies dominantes da ictiofauna da Laguna dos Patos, RS. Tese de Doutorado. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil. 145p.
- Brighetti, G. & Santos, S. R. (2002). Navegação. In *Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação* (Rebouças, A.C., Braga, B. & Tundisi, J.G., eds.), pp. 419-450. São Paulo: Escrituras.

- Brito, J. C., Crespo, E. G. & Paulo, O. S. (1999). Modeling wildlife distributions: Logistic Multiple Regression vs. Overlap Analysis. *Ecography* **22**, 251-260.
- Brown, J. H. & Bowers, M. A. (1984). Patterns and processes in three guilds of terrestrial vertebrates. In *Ecological Communities: Conceptual Issues and the Evidence*. (Strong, D. R. & Simberloff, D., eds.), pp. 282-296. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Carolsfeld, J., Harvey, B., Ross, C. & Baer, A. (2003). *Migratory fishes of South America: biology, fisheries and conservation status*. Ottawa: International Development Centre/The World Bank.
- Centrais Elétricas do Sul do Brasil S/A (1985). *Aqüicultura*. Florianópolis: Eletrosul.
- Cia. Energética do Rio das Antas (2004). *Estudo de Impacto Ambiental na Região do Rio das Antas*.
- Clark Labs (2006). *Idrisi Andes, Version 15.0*. Worcester, MA: Clark University.
- Comitê Executivo de Estudos Integrados da Bacia do Guaíba (1980). *Avaliação do projeto Dona Francisca, no rio Jacuí, sob o ponto de vista do uso integrado do recurso hídrico e impacto ambiental*.
- Dei Tos, C., Barbieri, G., Agostinho, A. A., Gomes, L. C. & Suzuki, H. I. (2002). Ecology of *Pimelodus maculatus* (Siluriformes) in the Corumbá Reservoir, Brazil. *Cybiurn* **26**, 275-282.
- Diegues, A. C. (1983). *Pescadores, Camponeses e Trabalhadores do Mar*. São Paulo: Editora Ática.
- Diegues, A. C. (2000). Etnoconservação da natureza: enfoques alternativos. In *Etnoconservação: novos rumos para a proteção da natureza nos trópicos* (Diegues, A. C., ed.), pp. 1-46. São Paulo: Hucitec Ltda.
- Engevix Engenharia S/C (1995). *Usina Hidrelétrica Bom Retiro: estudo de impacto ambiental*.
- Engevix Engenharia S/C (1999a). *Usina Hidrelétrica 14 de Julho: estudo de impacto ambiental*, Vol 1-3.
- Engevix Engenharia S/C (1999b). *Usina Hidrelétrica Castro Alves: estudo de impacto ambiental*, Vol 1-3.
- Engevix Engenharia S/C (1999c). *Usina Hidrelétrica Castro Alves: relatório de impacto ambiental*.
- Engevix Engenharia S/C (2000). *Usina Hidrelétrica Bom Retiro: projeto básico ambiental*.
- Engevix Engenharia S/C & Companhia Estadual de Energia Elétrica (1980). *Aproveitamento Hidrelétrico Dona Francisca: projeto básico*, Vol 1.
- Engevix Engenharia S/C & Planamérica (1999). *Usina Hidrelétrica Monte Claro: estudo de impacto ambiental*, Vol 1-3.

- Fausch, K. D., Torgersen, C. E., Baxter, C. V. & Li, H. W. (2002). Landscapes to riverscapes: bridging the gap between research and conservation of stream fishes. *BioScience* **52**, 483-498.
- Filipe, A. F., Cowx, I. G. & Collares-Pereira, M. J. (2002). Spatial modelling of freshwater fish in semi-arid river systems: a tool for conservation. *River Research and Applications* **18**, 123-136.
- Garutti, V. (1988). Distribuição longitudinal da ictiofauna em um córrego da região noroeste do estado de São Paulo, bacia do rio Paraná. *Revista Brasileira de Biologia* **48**, 747-759.
- Giles-Júnior, R. H. (1998). Natural resource management tomorrow: four currents. *Wildlife Society Bulletin* **26**, 51-55.
- Godoy, M. P. (1967). Dez anos de observações sobre periodicidade migratória de peixes do Rio Mogi Guassú. *Revista Brasileira de Biologia* **27**, 1-12.
- Godoy, M. P. (1975a). *Peixes do Brasil – Subordem CHARACOIDEI – Bacia do Rio Mogi Guassú*, Vol 2-6. São Paulo: Franciscana.
- Godoy, M. P. (1975b). *Peixes do Brasil – Subordem CHARACOIDEI – Bacia do Rio Mogi Guassú*, Vol 4-8. São Paulo: Franciscana.
- Godoy, M. P. (1987). A escada de peixes de Cachoeira de Ema, rio Mogi Guassú, estado de São Paulo, Brasil. *Comunicações do Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS* **43**, 139-151.
- Gomes, L. C., Fernandes, R. & Luiz, E. A. (2004). Development of reservoir fisheries management in Brazil based on imported paradigms. *Maringá* **26**, 309-315.
- Guisan, A. & Thuiller, W. (2005). Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters* **8**, 993-1009.
- Guisan, A. & Zimmermann, N. E. (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* **135**, 147-186.
- Guisan, A., Weiss, S. B. & Weiss, A. D. (1999). GLM versus CCA spatial modeling of plant species distribution. *Plant Ecology* **143**, 107-122.
- Hall, C. A. S. (1972). Migration and Metabolism in temperate stream ecosystem. *Ecology* **53**, 585-604.
- Hall, C. A. S., Stanford, J. A. & Hauer, F. R. (1992). The distribution and abundance of organisms as a consequence of energy balances along multiple environmental gradients. *Oikos* **65**, 377-390.
- Hise, R. T., Gable, M., Kelly, J. P. & McDonald, J. B. (1983). Factors affecting the Performance of Individual Chain Store Units: An Empirical Analysis. *Journal of Retailing* **59**, 22-39.
- Justus, J. O. (1990). Hidrografia. In *Geografia do Brasil: Região Sul* (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, ed.), pp. 190-218. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

- Kelma, J., Pereira, M. V. F., Neto, T. A. A. & Sales, P. R. H. (2002). Hidreletricidade. In *Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação* (Rebouças, A.C., Braga, B. & Tundisi, J.G., eds.), pp. 371-418. São Paulo: Escrituras.
- Körner, C. (2007). The use of 'altitude' in ecological research. *Trends in Ecology and Evolution* **22**, 569-574.
- Lowe-McConnell, R. H. (1999). *Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo.
- Lucena, C. A. S., Jardim, A. S. & Vidal, E. S. (1994). Ocorrência, distribuição e abundância da fauna de peixes da Praia de Itapuã, Viamão, Rio Grande do Sul, Brasil. *Comunicações do Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS* **7**, 3-27.
- Magna Engenharia LTDA & Superintendência de Geração (1989a). *Usina Hidrelétrica Dona Francisca: estudo de impacto ambiental*, Vol 1A-1B.
- Magna Engenharia LTDA & Superintendência de Geração (1989b). *Usina Hidrelétrica Dona Francisca: estudo de impacto ambiental*, Vol 2.
- Magna Engenharia LTDA & Superintendência de Geração (1992). *Usina Hidrelétrica Dona Francisca: projeto básico ambiental*, Vol 1.
- Malabarba, L. R. (1989). Histórico sistemático e lista comentada das espécies de peixes de água doce do sistema da Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil. *Comunicações do Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS* **2**, 107-179.
- Matthews, W. J. & Styron-Júnior, J. T. (1981). Tolerance of headwater vs. Mainstream fishes for abrupt physicochemical changes. *American Midland Naturalist* **105**, 149-158.
- Matthews, W. J., Hough, D. J. & Robison, H. W. (1992). Similarities in fish distribution and water quality patterns in streams of Arkansas: congruence of multivariate analyses. *Copéia* **1992**, 296-305.
- Oldani, N. O., Iwaszkiw, J. M., Padín, O. H. & Otaegui, A. (1992). Fluctuaciones de la abundancia de peces em el Alto Paraná (Corrientes, Argentina). In *Publicaciones de la Comisión Administradora del Rio Uruguay*, pp. 43-55.
- Petrere-Júnior, M., Agostinho, A. A., Okada, E. K. & Julio-Júnior, H. F. (2002). Review of the Fisheries in the Brazilian Portion of the Paraná/Pantanal Basin. In *Management and Ecology of Lake an Reservoir Fisheries* (Cowx, I. G., ed.), pp. 123-143. London: Fishing News Book.
- Petry, A. C. & Schulz, U. H. (2006). Longitudinal changes and indicator species of the fish fauna in the subtropical Sinos River, Brazil. *Journal of Fish Biology* **69**, 272-290.
- Pitcher, T. J. & Hart, P. J. B. (1982). *Fisheries Ecology*. Connecticut: The Avi Publishing Company Inc.
- Pouilly, M., Barrera, S. & Rosales, C. (2006). Changes of taxonomic and trophic structure of fish assemblages along an environmental gradient in the Upper Beni watershed (Bolivia). *Journal of Fish Biology* **68**, 137-156.

- Reis, R. E., Lucena, Z. M. S., Lucena, C. A. S. & Malabarba, L. R. (2003). Peixes. In *Livro vermelho da fauna ameaçada de extinção no Rio Grande do Sul* (Fontana, C.S., Bencke, G.A. & Reis, R.E., eds.), pp. 117-145. Porto Alegre: Editora da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.
- Reyes-Gavilán, F. G., Garrido, R., Nicieza, A. G., Toledo, M. M. & Branã, F. (1996). Fish community variation along physical gradients in short streams of northern Spain and the disruptive effect of dams. *Hydrobiologia* **321**, 155-163.
- Sato, Y., Fenerich-Verani, N., Verani, J. R., Godinho, H. P. & Sampaio, E. V. (1999). Reproductive traits of the yellow-mandi catfish *Pimelodus maculatus* Lacepède (Osteichthyes, Siluriformes) in captive breeding. *Revista Brasileira de Zoologia* **16**, 977-980.
- Schlosser, I. J. (1987). A Conceptual framework for fish communities in small warmwater streams. In *Community and evolutionary ecology of North American stream fishes* (Matthews, W. J & Heins, D. C., eds.), pp. 17-24. University of Oklahoma Press.
- Silveira, G. L. & Cruz, J. C. (2005). *Seleção ambiental de barragens: análise de favorabilidades ambientais em escala de bacia hidrográfica*. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria.
- Singleton, P. H. & Lehmkuhl, J. F. (1999). Assessing wildlife habitat connectivity in the Interstate 90 Snoqualmie Pass corridor, Washington. In *Proceedings of the third international conference on wildlife ecology and transportation* (G. L. Evink, P. Garret, and D. Zeigler, eds.), pp. 75-84. Florida Department of Transportation, Tallahassee.
- Súarez, Y. R. & Petrere-Júnior, M. (2007). Environmental factors predicting fish community structure in two neotropical rivers in Brazil. *Neotropical Ichthyology* **5**, 61-68.
- Tabachnick, B. G. & Fidell, L. S. (1996). *Using Multivariate Statistics*. Northridge, California, USA: Harper Collins College Publishers.
- Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K. W., Sedell, J. R. & Cushing, C. E. (1980). The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **37**, 130-137.
- Vázquez, J. B., Lopez-Robles, A., Sosa, D. F. & Saez, M. P. (1979). Águas. In *Geografía Física de la Provincia de Córdoba. Buenos Aires, Argentina* (Vázquez, J. B., Miatello, R. A. & Roque, M. E., eds.), pp. 139-211
- Vazzoler, A. E. A. M. (1996). *Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática*. São Paulo: Editora da Universidade Estadual de Maringá.
- Vazzoler, A. E. A. M., Suzuki, H. I., Marques, E. & Lizama, M. A. P. (1997). Primeira maturação gonadal, períodos e áreas de reprodução. In *A planície de inundação do alto Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos* (Vazzoler, A. E. A. M., Agostinho, A. A. & Hahn, N. S., eds.), pp. 249-265. Editora da Universidade Estadual de Maringá.

Weber, E., Hasenack, H. & Ferreira, C. J. S. (2004). *Adaptação do modelo digital de elevação do SRTM para o sistema de referência oficial brasileiro e recorte por unidade da federação*. Porto Alegre, RS: Centro de Ecologia da UFRGS.