

Proponente: Jamerson Aguiar Santos

Título do projeto: **Influência do represamento do rio Uatumã pela Usina Hidrelétrica de Balbina na ecologia trófica de peixes predadores na Amazônia brasileira**

Tipo de Bolsa: Doutorado

Instituição: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Programa de Pós-Graduação em Ecologia

Nome do aluno: Jamerson Aguiar Santos, Mestre em Ciências Biológicas

Link do currículo lattes: <http://lattes.cnpq.br/3613693133411264>

Orientador do Projeto: Bruce Rider Forsberg, Doutor em Ecology and Behavioral Biology, Pesquisador Titular III do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia Link do currículo lattes: <http://lattes.cnpq.br/5114963257086753>

## **INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA**

Os predadores desempenham um importante papel na estrutura da comunidade, onde a remoção ou a falta de predadores reduz a diversidade local (PAINÉ, 1966) e causa um efeito cascata nos níveis tróficos inferiores (LIM et al., 2018). Sendo assim, a diversidade de predadores aumenta a produção secundária e diminui a probabilidade de ocorrer cascatas tróficas (O'GORMAN; ENRIGHT; EMMERSON, 2008). Em ambientes tropicais, há evidências que demonstram que os predadores controlam a composição e a abundância das presas, com ênfase no controle por peixes (PETRY et al., 2010).

Em rios de planície de inundação, a flutuação sazonal do nível do rio afeta a disponibilidade de recursos alimentares para os peixes (JUNK; BAYLEY; SPARKS, 1989; SCANFERLA; SÚAREZ, 2016), principalmente para os peixes carnívoros. Durante o período de inundação, a densidade das presas para os peixes carnívoros diminui devido ao aumento da área alagada e de abrigos, mas presas que não estão geralmente disponíveis para os predadores tornam-se disponíveis para o consumo, e, em cheias prolongadas, os peixes piscívoros apresentam dietas mais diversificadas (PEREIRA et al., 2017). Por outro lado, durante o período seco a densidade das presas aumenta devido a retração da área alagada, fornecendo a curto prazo abundância em presas para os peixes predadores (LUZ-AGOSTINHO et al., 2008).

O incremento sazonal na disponibilidade de alimentos favorece o aumento da amplitude do nicho trófico dos peixes em rios de planícies de inundação (POOL et al., 2017). Contudo em rios barrados, a disponibilidade de recursos alimentares diminui ao longo do rio causando diminuição da amplitude do nicho trófico das espécies (WANG et al., 2016), com evidências de redução do nicho trófico em rios amazônicos represados (SÁ-OLIVEIRA; ANGELINI; ISAAC-NAHUM, 2014; SILVA; FERREIRA; DEUS, 2008), modificações nos padrões alimentares dos peixes (NOVAKOWSKI; HAHN; FUGI, 2007), e apenas as espécies dotadas de maior plasticidade alimentar conseguem se adaptar (ABELHA; AGOSTINHO; GOULART, 2001).

Com o represamento dos rios de planícies inundáveis, a alternância das variações cíclicas no nível da água é quebrada e o ambiente aquático é transformado de lótico para lântico, causando modificações no ciclo biogeoquímico, na estrutura e na dinâmica dos habitats aquáticos e ripários devido à alteração do fluxo da água, do sedimento a jusante da barragem e das características físicas e químicas da água (FORSBERG et al., 2017). Além disso, o represamento dos rios influencia a bioenergética e as taxas vitais dos organismos em função da mudança na temperatura da água, e da criação de barreiras que dificultam as trocas bióticas

entre os trechos situados a montante e a jusante provocando profundas modificações nas comunidades biológicas (BENCHIMOL; PERES, 2015; FERREIRA et al., 2013; WINEMILLER et al., 2016). O represamento bloqueia, também, as rotas de migração dos peixes, restringe a interação entre as espécies, extingue e cria novos habitats, modifica a disponibilidade dos recursos alimentares e altera a composição e a abundância das espécies (ZENG et al., 2017). Assim, a nova assembleia de peixes é resultado dessas alterações que removem gradualmente as espécies fluviais pré-existentes (GOMES; MIRANDA, 2001).

A estrutura trófica da comunidade nos reservatórios depende da composição da ictiofauna do rio antes do represamento (MÉRONA; VIGOUROUX; HOREAU, 2003). Nos ambientes represados, espécies dependentes de recursos alóctones são extintas, populações de grandes peixes migradores são reduzidas e espécies oportunistas, sedentárias e com alta plasticidade reprodutiva e alimentar se proliferam (ARAÚJO-LIMA; AGOSTINHO; FABRÉ, 1995; HAHN; FUGI, 2007).

Espécies de peixes carnívoros não migradores, como *Cichla* spp., *Serrasalmus* spp., *Hoplias malabaricus* e *Plagioscion squamosissimus*, geralmente são dominantes em muitos reservatórios brasileiros (ARAÚJO-LIMA; AGOSTINHO; FABRÉ, 1995; SANTOS; OLIVEIRA JR, 1999). Isso porque essas espécies são generalistas e se ajustam facilmente às variações na disponibilidade de alimentos e às modificações nas condições ambientais (AGOSTINHO; GOMES; PELICICE, 2007). Contudo, as estratégias alimentares que essas espécies utilizam para sobreviver nesses ambientes e a forma com que o represamento do rio afeta sua ecologia trófica ainda não estão totalmente elucidadas.

É sabido que o aumento inicial na entrada de material orgânico terrestre, aumenta a disponibilidade de recursos alimentares no reservatório, espécies onívoras, herbívoras e insetívoras encontram abundância em fontes alimentares e aproveitam temporariamente essa nova fonte de alimento (HAHN; FUGI, 2007). Assim, há proliferação dessas espécies e por consequência há um aumento na disponibilidade de alimentos para peixes piscívoros que tem sua abundância incrementada (AGOSTINHO et al., 2016). Por outro lado, no reservatório de Tucuruí, o detrito orgânico da floresta teve um importante papel no aumento da biomassa de peixes predadores (*Cichla* spp.) devido ao suporte das populações de invertebrados detritívoros (*Macrobrachium amazonicum*) que serviram como fontes de energia para os peixes carnívoros (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI; CALIJURI, 1993).

Em Tucuruí, após o fechamento da barragem, os peixes piscívoros formaram o grupo que mais se beneficiou do aumento do recurso alimentar (MÉRONA; SANTOS; ALMEIDA,

2001). No reservatório de Lajeado, rio Tocantins, peixes predadores não migradores (*Cichla piquiti*) encontraram condições adequadas para se alimentar, consumindo uma diversidade de pequenos peixes, principalmente pequenos caracídeos e ciclídeos (MARTO; AKAMA; PELICICE, 2015). A adaptação ao uso dos recursos do represamento favoreceu a colonização e o estabelecimento de populações de *C. piquiti* no reservatório (MARTO; AKAMA; PELICICE, 2015).

No reservatório de Balbina, espécies piscívoras como os tucunarés (*Cichla* spp.) e a piranhas (*Serrasalmus* spp.) estão entre as espécies dominantes (IBAMA, 2018; SILVA, 2006). Estudos sobre alimentação, baseados em análise de conteúdo estomacal, de *S. rhombeus* dentro do reservatório evidenciaram que a espécie consome preferencialmente peixes, embora também consuma insetos e vegetais ao longo do ano (AGUILA PIZARRO, 1998), enquanto *Cichla monoculus* alimenta-se exclusivamente de peixes (Silva, 2006). Há inferências que sugerem que a proliferação dessas espécies no reservatório de Balbina seja devido ao aumento das populações de peixes-presa, como as do gênero *Bryconops*, que são muito abundantes e que servem como fontes de energia (SILVA, 2006). No entanto, somente pela análise de conteúdo estomacal os autores não conseguiram identificar com precisão alguns itens alimentares.

A análise de conteúdo estomacal é uma ferramenta tradicional utilizada em estudos tróficos; mas, para elucidar questões sobre a ecologia trófica de piranhas e de peixes carnívoros esta análise não tem sido adequada devido ao comportamento alimentar deste grupo (AGOSTINHO; HAHN; MARQUES, 2003; PIORSKI et al., 2005). As piranhas se alimentam mordendo partes da presa, a exemplo de nadadeira, escama ou músculo, tornando impossível a identificação das presas no conteúdo estomacal. Além disso, essa análise apenas evidencia o que foi recentemente ingerido pelo consumidor e quando a digestão está muito avançada, abordagens tradicionais não conseguem identificar nenhuma presa. Assim, para complementar o entendimento das relações tróficas de peixes carnívoros análises de DNA Barcode e de isótopos estáveis têm sido empregadas em conjunto com a análise de conteúdo estomacal (AGUIAR-SANTOS et al., 2018; CARREON-MARTINEZ; HEATH, 2010).

As técnicas baseadas na análise de DNA têm sido utilizadas para identificação de itens alimentares em estômagos de peixes carnívoros (CARREON-MARTINEZ et al., 2011; SU et al., 2018). A partir de uma pequena quantidade de tecido é possível extrair sequências de DNA e amplificar o gene mitocondrial citocromo oxidase I (COI) gerando um código de barras (Barcoding) único para cada espécie (HEBERT et al., 2003). Uma das vantagens desta técnica para identificação de espécies é que ampliações bem sucedidas podem ser obtidas em amostras

que estão degradadas, como, por exemplo, itens alimentares do conteúdo estocamal (JO et al., 2014).

O uso de isótopos estáveis é baseado no pressuposto que o consumidor irá refletir isotopicamente sua dieta (FRY, 2006). Os valores isotópicos de carbono  $\delta^{13}\text{C}$  são geralmente usados para identificar fontes de energia devido à baixa taxa de fracionamento ( $\sim 0,5\text{‰}$ - $1\text{‰}$ ) dos isótopos de carbono entre os consumidores e sua dieta, sendo a razão isotópica de  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  estável ao longo da cadeia alimentar (MCCUTCHAN et al., 2003). Os valores isotópicos de nitrogênio  $\delta^{15}\text{N}$  são usados para determinar a posição trófica, devido ao alto nível de fracionamento, a razão isotópica de  $^{15}\text{N}/\delta^{14}\text{N}$  varia de um nível trófico para outro  $\sim 2,5\text{‰}$ - $3,5\text{‰}$  entre um consumidor e sua presa (VANDERKLIFT; PONSARD, 2003). Assim, combinando esses métodos é possível obter uma visão mais ampla das relações tróficas interespecíficas, fluxo de energia e do nicho trófico das espécies.

A fim de avaliar os impactos do represamento do rio Uatumã na ecologia trófica de peixes predadores da Amazônia brasileira, utilizando marcadores moleculares e isotópicos, além da abordagem tradicional de análise de conteúdo estomacal, este estudo buscará responder as seguintes perguntas: Como a dieta dos peixes predadores foi afetada pelo represamento? Quais as fontes de energia que sustentam a cadeia alimentar de peixes predadores? Como o represamento do rio Uatumã afetou o nicho trófico de peixes predadores?

Uma série de projetos para construção de usinas hidrelétricas está previsto para a Amazônia. As represas inundarão aproximadamente 3% da floresta amazônica brasileira, e causará profundas perturbações em todo o ambiente amazônico (FEARNSIDE, 2016). Assim, é importante documentar as alterações que ocorreram sobre os peixes predadores em reservatórios amazônicos. Os resultados obtidos desse projeto poderão nortear planos de mitigação de impactos de projetos hidrelétricos na Amazônia e em outras partes do Brasil, pois serve como referência da influência que o represamento de grandes rios tem sobre as populações de peixes predadores. Outro aspecto chave é com respeito ao fornecimento de informações sobre a ecologia trófica dos peixes predadores, principalmente do gênero *Cichla*, para dar suporte ao manejo e desenvolvimento sustentável da pesca comercial e esportiva realizada na Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Uatumã e no Lago da Usina Hidrelétrica de Balbina ambas localizadas no estado do Amazonas. Por fim, os serviços ambientais que os peixes predadores desempenham tanto para a manutenção da diversidade biológica em ambientes aquáticos como culturais para recreação, turismo e alimentação justificam a

necessidade de entender os impactos que esses peixes podem sofrer em decorrência do represamento dos rios por usinas hidrelétricas.

### **OBJETIVO GERAL**

Investigar os impactos causados pelo represamento do rio Uatumã pela Usina Hidrelétrica de Balbina na ecologia trófica de peixes predadores do gênero *Cichla* e *Serrasalmus* levando em consideração diferenças espaciais e sazonais na Amazônia brasileira.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Relacionar as mudanças na composição da dieta dos peixes predadores com a disponibilidade de presas e mudanças nos parâmetros físicos e químicos da água.
- Comparar o percentual de contribuição relativa das fontes de energia que sustentam as cadeias alimentares dos peixes predadores entre um rio regulado e um rio prístino nos períodos de águas altas e baixas.
- Comparar o nicho trófico dos peixes predadores entre um rio regulado e um rio prístino nos períodos de águas altas e baixas.

### **MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo será realizado no rio Uatumã, afluente de água preta da margem esquerda do rio Amazonas, a cerca de 180 km de Manaus e no trecho inferior do rio Jatapú, principal afluente de água preta da margem esquerda do rio Uatumã, considerado ainda um ambiente prístino. O rio Uatumã em 1987 foi represado pela construção da Usina Hidrelétrica de Balbina (UHE Balbina). O represamento do rio Uatumã inundou 2.360 km<sup>2</sup> de floresta tropical, formou um enorme lago raso de 155 km de comprimento com porções ácidas e anóxicas, devido à decomposição da vegetação inundada, e criou com 3.300 ilhas (FEARNSIDE, 2015).

A implementação da UHE Balbina descaracterizou o padrão monomodal da variação do nível do rio Uatumã à jusante, reduziu o fluxo de água no período de águas altas e aumentou o fluxo de água no período de águas baixas (ASSAHIRA et al., 2017). Em 1990, com o objetivo de preservar a diversidade biológica do rio Uatumã e do rio Jatapú e os ecossistemas lacustres e insulares, formado pelo represamento do rio Uatumã, foi criada a Reserva Biológica do Uatumã, localizada na margem esquerda do reservatório de Balbina (BRASIL, 1990) e em 2004, a jusante da UHE Balbina, foi criada a Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Uatumã (RDS Uatumã) para preservar a natureza e, ao mesmo tempo, assegurar

as condições e os meios necessários para a reprodução, melhoria dos modos e da qualidade de vida e exploração dos recursos naturais das populações tradicionais.

Nesse contexto, comparar um rio regulado e outro prístino é a melhor solução quando não existem dados históricos da região afetada pelo represamento para determinar os impactos causados na ecologia trófica dos peixes predadores. Dessa forma, iremos utilizar como modelo de rio prístino um rio com características físicas e químicas similares ao rio Uatumã, o rio Jatapú.

As coletas serão realizadas no ano de 2019 em três pontos de coleta: um ponto no lago da UHE Balbina, um ponto a jusante da UHE Balbina antes foz do rio Jatapú e outro ponto no rio Jatapú durante as fases do ciclo hidrológico de águas altas (cheia) e água baixas (seca) da região. O projeto foi aprovado pela comissão de ética no uso de animais da Universidade Federal do Amazonas sob o número 023/2019 e possui autorização para atividades com finalidade científica sob o número SISBIO - 65955-1. Os predadores alvo serão as espécies do gênero *Cichla* e do gênero *Serrasalmus*. Serão capturados 30 indivíduos adultos de cada espécie em cada ponto de coleta com vara de pesca e isca artificial, e redes de emalhe. No total serão capturados 90 exemplares do gênero *Cichla* e 90 exemplares do gênero *Serrasalmus* em cada período. Para classificar os peixes capturados em adultos, as gônadas serão avaliadas através da observação visual utilizando escala de maturação gonadal de BROWN-PETERSON et al. (2011) para cada espécie.

Em campo, serão obtidos os seguintes parâmetros limnológicos: oxigênio dissolvido (mg/l), pH, condutividade (s/cm), temperatura de água (°C) através de sonda multi-parâmetro em cada ponto de coleta; profundidade (m) através de uma corda graduada próximo a malhadeira; e transparência (m) com o uso de um disco de Secchi através da observação visual direta.

A biometria de todos indivíduos será realizada com um ictiômetro para medir o comprimento padrão (cm) e com uma balança digital para aferir o peso (g). Uma amostra de aproximadamente 2-5 gramas de músculo será retirada da região anterior abaixo da nadadeira dorsal de cada indivíduo com uso de lâmina de bisturi. As amostras serão armazenadas em frascos de vidros e conservadas em recipiente isotérmico com gelo. Os estômagos de todos os indivíduos serão retirados através de uma incisão na região ventral, e serão numerados, armazenados em sacos plásticos em caixas isotérmicas com gelo. Todas as amostras serão transportadas para o laboratório de Ecologia Pesqueira da Universidade Federal do Amazonas.

Amostras das principais fontes basais de energia serão coletadas: folhas de gramíneas, folhas de árvores/arbustos, perifíton e séston serão coletadas em cada região como fonte de energia autotrófica, no caso de gramíneas e árvore/arbusto serão coletadas amostras de pelo menos 3 espécies. As folhas maduras das gramíneas e as folhas de árvores/arbustos serão coletadas manualmente e armazenadas separadamente em sacos plásticos. Apenas as espécies de plantas vasculares mais abundantes que forem comuns a todas as áreas de estudo serão coletadas. Serão feitas exsicatas, de cada planta que serão retiradas amostras, para identificação no Herbário do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA.

A amostragem das perifíton será realizada com pincéis de cerdas duras, pequenas escovas e lâminas de bisturi, com auxílio de jatos de água destilada sobre placas de Petri, separando in loco os detritos e substratos. Devido à dificuldade de se obter amostras puras de fitoplâncton, amostras de séston (fitoplâncton, detrito orgânico e bactéria) serão coletadas por filtração de água através de uma rede de malha de 53 µm para eliminar o zooplâncton e grandes partículas de detritos, e novamente através de uma rede de malha de 25 µm (OLIVEIRA et al., 2006). Uma parte das algas fitoplanctônicas e perifíticas será armazenada em frascos de 100 ml e fixadas em solução Transeau (BICUDO; MENEZES, 2005) para identificação no Laboratório de Plâncton do INPA e o restante será congelado para análises de isótopos estáveis.

Potenciais fontes de alimentos para os peixes predadores serão coletadas e uma amostra de tecido muscular será retirada como descrito anteriormente. Os peixes-presas serão capturados com redes de espera com dimensões de 15m de comprimento por 2m de altura e tamanhos de malhas variando de 30 a 120mm entre nós opostos. As redes de espera serão deixadas na água durante 4 horas no início da manhã e 4 horas no entardecer. Os peixes capturados serão classificados em quatro níveis tróficos: detritívoros, onívoros, herbívoros e carnívoros. Grupos de macroinvertebrados aquáticos, como Odonata, Decapoda, Ephemeroptera, Coleoptera e Gastropoda, também serão capturados com redes entomológicas aquáticas (rapichés). Exemplares de cada item serão preservados em álcool para identificação. Para as análises de isótopos estáveis, as amostras serão guardadas em repouso em água filtrada para limpeza intestinal antes de congelá-las.

A dieta dos indivíduos será inferida através da análise de conteúdo estomacal. Antes de examinar o conteúdo estomacal, a superfície exterior de cada estômago será limpa de todo material que possa contaminar o conteúdo do estômago. Cada estômago será aberto com tesouras e pinças limpas e o conteúdo será lavado em uma placa de Petri com etanol a 95%, com cuidado para evitar raspar células da parede do estômago do predador. Os itens alimentares

serão analisados sob estereomicroscópio para identificação até o menor nível taxonômico possível. Caso seja necessário especialistas serão consultados. Os itens alimentares que não forem possíveis de identificar através de análise morfológica serão identificados através de análise de DNA Barcode.

Para destacar quais as presas que mais contribuem para a alimentação dos indivíduos, será empregado o índice de importância alimentar obtido a partir da junção do método volumétrico e da frequência de ocorrência (HYNES, 1950; HYSLOP, 1980; KAWAKAMI; VAZZOLER, 1980). O volume total de uma categoria de itens será dado em porcentagem do volume total de todos os conteúdos estomacais, conforme a fórmula:  $\%Vi = (vi*100)/Vt$ . Onde  $\%Vi$  é a porcentagem volumétrica do item  $i$ ,  $vi$  é o volume do item  $i$  e  $Vt$  é o volume total de todos os itens. A frequência de ocorrência corresponde ao número de vezes que determinado item alimentar aparece em relação ao número total de estômagos analisados com alimento será expressa conforme a fórmula:  $\%FOi = (ni*100)/N$ , onde  $\%FOi$  é a frequência de ocorrência do item  $i$ ,  $ni$  é quantidade de estômagos com o item  $i$  e  $N$  é o número total de estômagos. O índice de importância alimentar é dado conforme a equação:  $IAi = (\%Fi * \%Vi) / \sum(\%Fi * \%Vi)$ , onde  $IAi$  é o índice alimentar do item  $i$ ,  $\%Fi$  é a frequência de ocorrência do item  $i$ ,  $\%Vi$  é o volume relativo do item  $i$ .

Restos de itens alimentares não digeridos serão identificados através de análise de DNA *Barcode*. O DNA total de cada indivíduo será extraído através do kit de extração *Wizard® Genomic DNA Purification* (Promega), de acordo com as recomendações do fabricante, com os seguintes ajustes: 600 µl AL Buffer, 600 µl de Etanol, e as etapas de diluição final de 2 vezes 50 µL do tampão AE para cada amostra.

A reação em cadeia da polimerase (PCR) será utilizada para amplificar o gene mitocondrial Citocromo Oxidase I (COI) com volume total de 25µl: contendo 2 µL de DNA, 10 µL de TaqMan® *Environmental Master Mix 2.0* (Life Technologies), 1 µL de cada primer genérico (10 µM): COI-Fish-f.2 e COI-Fish-r.1 para peixes (IVANOVA et al., 2007) e para os macroinvertebrados aquáticos os primers: LCO1490- t1 e HCO2198-t1 (FOLMER et al., 1994), 11 µL de H<sub>2</sub>O ultra-pura, sob as seguintes condições de termociclagem: 95°C durante 7 min, seguido de 50 ciclos de 94°C por 30 segundos, 50-60°C durante 30 seg, 72°C durante 20 seg e uma extensão final de 72°C durante 5 min. Os produtos da PCR serão verificados em géis de agarose a 2% corado com GelRed™, e purificado usando o Kit de purificação de amostras a partir do *MinElute Gel Purification Kit* (Promega) seguindo as recomendações do fabricante.

Os produtos da PCR serão purificados e posteriormente clonados utilizando o kit de clonagem Taq DNA *Polymerase Recombinant* (Promega). Uma sub-amostra dos clones será amplificada com primers universais T7 e SP6, em seguida purificada e então sequenciada utilizando o kit BigDye 3.11 e eletro injetada em um sequenciador ABI 3130xL. As sequências de DNA obtidas serão editadas e comparadas a registros nos bancos de dados Genbank e BOLD, a fim de identificar, por comparação, quais espécies estão presentes no conteúdo estomacal das espécies analisadas.

As amostras de músculos serão secas em estufa a 60°C durante 24 horas e serão armazenadas em micro tubos. No laboratório de Ecologia Isotópica da Faculdade de Unity nos Estados Unidos, as amostras serão limpas, liofizadas e moídas até obter um pó fino. Depois,  $1,0 \pm 0,2$  mg deste material será armazenado em cápsulas de estanho para análises de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$ . Os valores isotópicos de carbono e nitrogênio serão analisados usando um analisador elemental Carlos Erba NC2500 acoplado a um espectrômetro de massa de razão isotópica. Os resultados serão expressos em denotação delta ( $\delta$ ) como partes por mil (‰) de diferença do isótopo da amostra em relação aos padrões internacionais de referência.

Os itens alimentares consumidos serão categorizados e as presas cuja identificação for possível serão utilizadas nas análises estatísticas. Os dados de composição das presas dos indivíduos das espécies predadoras em cada ambiente serão sumarizados e os volumes relativos das presas serão avaliados por meio do nMDS através de uma matriz de similaridade de Bray-Curtis. Para testar a hipótese nula de igualdade na dieta dos indivíduos dos peixes predadores espacial e sazonalmente, a composição da dieta das espécies será testada utilizando Análise de Variância Permutacional (PERMANOVA), considerando um nível de significância de  $\alpha < 0,05$ .

Para verificar se a mudança na dieta é relacionada as variáveis físicas e químicas da água será realizada um Análise de Correspondência Canônica com a matriz de dados ambientais e a matriz de composição da dieta de cada local. Para verificar se a mudança na dieta é relacionada com a disponibilidade de presas, ou seja, se as presas mais consumidas são as mais abundantes, será realizada uma análise de correlação de Person entre percentual volumétrico das presas consumidas e o percentual numérico das presas no ambiente e para verificar. Uma Análise de Covariância será utilizada para testar se têm diferenças no tamanho das presas consumidas pelos predadores entres os locais. A variável resposta será o comprimento padrão (cm) das presas, a co-variável será o comprimento do predador e o fator será o local com três níveis: montante, jusante e rio Jatapú.

Para identificar as fontes de energia mais importantes para os peixes predadores espacial e sazonalmente será utilizado um modelo de mistura isotópico através do pacote Modelo de Mistura Bayesiano no R (MixSIAR) (STOCK; SEMMENS, 2016). O MixSIAR utiliza variação nos fatores de discriminação isotópica e inferência bayesiana para produzir o conjunto mais provável de contribuições proporcionais das fontes de energia para um determinado consumidor. Antes de aplicar o modelo de mistura, os pressupostos do modelo serão testados.

O nicho trófico dos peixes predadores será inferido a partir de métricas derivadas de dados de isótopos estáveis, as quais dão medidas quantitativas da diversidade trófica dentro de uma população (JACKSON et al., 2012). Assim, permite a comparação da estrutura trófica dos peixes predadores espacial e sazonalmente através do uso do pacote Stable Isotope Bayesian Ellipses no R (SIBER) (JACKSON et al., 2011). A métrica distância média ao centroide será utilizada como uma medida de diversidade trófica da população. As métricas amplitudes de carbono e de nitrogênio fornecem uma indicação da amplitude total de nitrogênio e carbono explorada por uma população, ou seja, dos níveis tróficos e das fontes de energias exploradas, respectivamente. A métrica desvio padrão da distância vizinha mais próxima é usada para inferir sobre a uniformidade trófica populacional. A métrica área da elipse padrão (SEA), que fornece uma medida útil da amplitude do nicho trófico (BEARHOP et al., 2004) e permite comparações entre populações com amostras de diferentes tamanhos (JACKSON et al., 2011), será calculada para cada espécie espacial e sazonalmente. O cálculo da SEA permite a análise subsequente do grau de sobreposição de nicho (%), que pode então ser usado como uma medida quantitativa da similaridade alimentar entre os fatores. As métricas serão comparadas através da análise visual do intervalo de confiança. Todas as análises estatísticas serão realizadas em linguagem R (R CORE TEAM, 2018).

### **ATIVIDADES PREVISTAS**

A1 – Levantamento bibliográfico: A revisão da literatura será realizada através de artigos científicos disponíveis em bases de dados nacionais e internacionais.

A2 – Coleta de dados, referente ao período de águas baixas: A expedição de campo será realizada para obtenção de amostras dos peixes predadores, fontes de energia basal, presas potenciais (peixes e macroinvertebrados) e parâmetros químicos e físicos da água. Esta expedição de campo será referente ao período de águas baixas.

A3 – Análise de conteúdo estomacal, referente ao período de águas baixas: A análise da dieta dos peixes predadores será realizada através do Índice Alimentar obtido a partir da Frequência de Ocorrência e Método Volumétrico. Será realizada no Laboratório de Ecologia Pesqueira da Universidade Federal do Amazonas. Esta atividade será referente as amostras do período de águas altas realizada em julho/2019 e do período de águas baixas que será realizada em janeiro de 2020.

A4 – Análise de DNA Barcode, referente ao período de águas baixas e águas altas: A análise de molecular será realizada para identificar a espécie presas consumida pelos predadores. O DNA mitocondrial será extraído, amplificado e sequenciado. As sequências nucleotídicas obtidas serão comparadas com as sequências nucleotídicas depositadas nos bancos de dados GenBank e BOLD. Será realizada no Laboratório de Temático de Biologia Molecular do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Esta atividade será referente as amostras do período de águas altas realizada em julho/2019 e do período de águas baixas que será realizada em janeiro de 2020.

A5 – Análise de isótopos estáveis, referente ao período de águas baixas e águas altas: A análise isotópica será realizada para obter assinatura isotópica de carbono e nitrogênio dos peixes predadores, fontes de energia basal e presas potenciais (peixes e macroinvertebrados). Será realizada do Laboratório de Ecologia Isotópica da Universidade de Unity nos Estados Unidos. Esta atividade será referente as amostras do período de águas altas realizada em julho/2019 e do período de águas baixas que será realizada em janeiro de 2020.

A6 – Análise de dados: Os dados oriundos da análise de conteúdo estomacal, análise molecular e análise de isótopos estáveis serão analisados conforme os testes estatísticos descritos na seção Material e Métodos.

A7 – Elaboração de artigo científico: Será elaborado três artigos científicos referente a cada objetivo específico a ser submetido em revistas internacionais.

A8 – Elaboração do relatório técnico: Ao término das atividades será realizado um relatório técnico do projeto desenvolvido assim como a prestação de contas.

#### **DETALHAMENTO DA INFRAESTRUTURA FISICA E TECNOLÓGICA**

O projeto será desenvolvimento em parceria com três instituições acadêmicas e científicas: o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, a Universidade Federal do Amazonas, ambas no Amazonas-Brasil, e a Faculdade de Unity no estado americano Maine-Estados Unidos.

A análise de DNA Barcode será realizada no Laboratório Temático de Biologia Molecular do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. O laboratório é equipado com capela de exaustão, capela de fluxo laminar, Tissue Lyser, Thermomixer, centrífuga, termociclador, foto documentador, sequenciador, plataforma Illumina, vidrarias. A análise de conteúdo estomacal será realizada no Laboratório de Ecologia Pesqueira da Universidade Federal do Amazonas. O laboratório é equipado com ictiômetro, balança digital, freezers, microscópio ótico, estereomicroscópio, pinças, tesouras, bisturis e materiais comumente utilizados em análises desse tipo. A análise de isótopos estáveis será realizada no Laboratório de Ecologia Isotópica da Faculdade de Unity. O laboratório é equipado com balança de precisão, capsulas de estanho e espectrômetro de massa de razão isotópica e um analisador elementar.

## CRONOGRAMA

A/M	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
A1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
A2	X																					
A3	X	X	X																			
A4					X	X	X	X	X	X												
A5												X	X	X	X	X	X					
A6				X								X						X	X	X		
A7											X							X	X	X	X	
A8																						X

A: atividade; M: mês

Nota: A coleta de dados referente ao período de águas altas foi realizada em agosto/2019.

## ORÇAMENTO

Orçamento da Pesquisa						
Categoria	Descrição	Doação	Qtd	Unidade	Valor Unitário	Valor Total
Uso e Consumo	Álcool 96%	Sim	3	litro	R\$ 8,35	R\$ 25,05
	Etanol absoluto P.A	Sim	2	litro	R\$ 21,15	R\$ 42,30
	Estante dupla face	Sim	3	un	R\$ 15,65	R\$ 46,95
	Luvas	Sim	6	un	R\$ 30,00	R\$ 180,00
	Kit de coleta	Sim	1	un	R\$ 70,00	R\$ 70,00
	Pipeta Pasteur	Sim	1	un	R\$ 26,45	R\$ 26,45
	Placa de Petri	Sim	10	un	R\$ 6,90	R\$ 69,00
	Soroteca	Sim	3	un	R\$ 13,55	R\$ 40,65
	Ponteira Gilson 5-200UL	Sim	7	un	R\$ 13,00	R\$ 91,00
	Ponteira Gilson 0,1-10UL	Sim	10	un	R\$ 14,85	R\$148,50
Ponteira Universal 100-1000UL	Sim	2	un	R\$ 17,65	R\$ 35,30	

<b>Uso e Consumo</b>	Placa de PCR meia saia	Sim	2	un	R\$ 180,00	R\$ 360,00
	Tubo falcon 50 mL	Sim	1	un	R\$ 46,40	R\$ 46,40
	Microtubo 0,6 ml	Sim	3	un	R\$ 120,00	R\$ 360,00
	Microtubo 1,5 ml	Sim	4	un	R\$ 18,30	R\$ 73,20
	Microtubo 2 ml	Sim	2	un	R\$ 23,60	R\$ 47,20
	Microtubo PCR 0,2 ml	Sim	3	un	R\$ 334,00	R\$ 1002,00
	Kit extração de DNA	Sim	3	un	R\$ 982,00	R\$ 2946,00
	TaqMan Environmental Master Mix 2.0	Sim	1	un	R\$ 2628,00	R\$ 2628,00
	Kit de purificação PCR	Sim	3	un	R\$ 500,00	R\$ 1500,00
	DNTPs, 25 mMols	Sim	1	un	R\$ 1489,37	R\$ 1489,37
	Taq DNA Polymerase	Sim	1	un	R\$ 406,00	R\$ 406,00
	Ácido bórico	Sim	1	kg	R\$ 100,00	R\$ 100,00
	Ladder 1kb	Sim	1	un	R\$ 862,78	R\$ 862,78
	Agarose	Sim	1	un	R\$ 910,98	R\$ 910,98
	Corante de DNA diamond	Sim	1	un	R\$ 395,00	R\$ 395,00
	Polímero POP7 3,5 mL	Sim	1	un	R\$ 945,00	R\$ 945,00
	Primers/oligonucleotídeos	Sim	4	un	R\$ 150,00	R\$ 600,00
	Formamida HiDi	Sim	1	un	R\$ 120,00	R\$ 120,00
	Tampão 2X para sequenciamento	Sim	2	un	R\$ 250,00	R\$ 500,00
	Kit de sequenciamento BigDye 3.11 (100 reações)	Sim	1	un	R\$ 5575,00	R\$ 5575,00
<b>Serviço de terceiros Pessoa Jurídica</b>	Manutenção de equipamento de biologia molecular		1	un	R\$ 1500,00	R\$ 1500,00
	Manutenção de micropipetas		4	un	R\$ 300,00	R\$ 1200,00
<b>TOTAL</b>						<b>R\$ 24342,13</b>

## RESULTADOS ESPERADOS

Sabendo que os peixes predadores desempenham papel importante para estrutura da comunidade, essa pesquisa visa contribuir com informações que direcionem o conhecimento acerca dos impactos que o represamento de grandes rios causa sobre os peixes predadores. Nesse sentido esperamos:

- 1) Determinar o impacto de hidrelétricas sobre espécies de peixes predadores.
- 2) Identificar o padrão alimentar de peixes predadores em um rio que foi represado, através de análise de conteúdo estomacal e DNA Barcode.
- 3) Relacionar mudanças na composição das presas dos peixes predadores com alterações na disponibilidade de presas no ambiente e em função das mudanças dos parâmetros físicos e químicos da água.

4) Determinar se houveram mudanças nas fontes de energia autotrófica que sustentam as cadeias alimentares dos peixes predadores, a partir da análise de isótopos de carbono e nitrogênio.

5) Investigar se o nicho trófico dos peixes predadores foi alterado em função do represamento do rio Uatumã.

## **IMPACTOS PREVISTOS DO PROJETO**

### **Impactos científicos**

Informações sobre a ecologia trófica de peixes predadores na Amazônia.

Publicação de artigos científicos em revistas internacionais sobre os impactos do represamento dos grandes rios na ecologia trófica de peixes predadores na Amazônia.

Fortalecimento do grupo de pesquisa em Ecologia e Manejo da Pesca no Amazonas.

### **Impactos sociais**

Auxílio no manejo e no desenvolvimento sustentável das pescarias dos peixes predadores na Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Uatumã e no Lago da Usina Hidrelétrica de Balbina na Amazônia.

Formação de recurso humano qualificado em nível de doutorado na região Norte do país.

### **Impactos ambientais**

Produção de informações que possam ser utilizadas como referência para mitigação dos impactos causados pelo represamento dos rios na ecologia de peixes predadores.

## **REFERÊNCIAS**

ABELHA, M. C. F.; AGOSTINHO, A. A.; GOULART, E. Plasticidade trófica em peixes de água doce. **Acta Scientiarum - Biological Sciences**, v. 23, n. 2, p. 425–434, 2001.

AGOSTINHO, A. A. et al. Fish assemblages in Neotropical reservoirs: Colonization patterns, impacts and management. **Fisheries Research**, v. 173, p. 26–36, jan. 2016.

AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; PELICICE, F. M. **Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil**. Maringá: Eduem, 2007.

AGOSTINHO, C. S.; HAHN, N. S.; MARQUES, E. E. Patterns of food resource use by two congeneric species of piranhas (*Serrasalmus*) on the upper Paraná river floodplain. **Brazilian Journal of Biology**, v. 63, n. 2, p. 177–182, maio 2003.

AGUIAR-SANTOS, J. et al. Trophic ecology of speckled peacock bass *Cichla temensis*

- Humboldt 1821 in the middle Negro River, Amazon, Brazil. **Ecology of Freshwater Fish**, 2018.
- AGUILA PIZARRO, M. C. **Dieta e reprodução da piranha-preta (*Serrasalmus rhombeus*, Linnaeus, 1766) na Represa Hidrelétrica de Balbina-AM, Brasil**. [s.l.] Dissertação de mestrado, INPA/UA, 1998.
- ARAÚJO-LIMA, C. A. R. M.; AGOSTINHO, A. A.; FABRÉ, N. N. Trophic aspects of fish communities in Brazilian rivers and reservoirs. In: **Limnology in Brazil**. Rio de Janeiro: ABC/SBL, 1995. p. 384.
- ASSAHIRA, C. et al. Tree mortality of a flood-adapted species in response of hydrographic changes caused by an Amazonian river dam. **Forest Ecology and Management**, v. 396, p. 113–123, jul. 2017.
- BEARHOP, S. et al. Determining trophic niche width: a novel approach using stable isotope analysis. **Journal of Animal Ecology**, v. 73, n. 5, p. 1007–1012, set. 2004.
- BENCHIMOL, M.; PERES, C. A. Widespread Forest Vertebrate Extinctions Induced by a Mega Hydroelectric Dam in Lowland Amazonia. **PLOS ONE**, v. 10, n. 7, p. e0129818, 1 jul. 2015.
- BICUDO, C. E. DE M.; MENEZES, M. **Gêneros de algas de águas continentais do Brasil: chaves para identificação e descrições**. São Carlos: RiMa, 2005.
- BRASIL. **Decreto Nº 99.277, de 6 de Junho de 1990**. Diário Oficial da União - Seção 1 - 7/6/1990, , 1990. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1990/decreto-99277-6-junho-1990-334889-publicacaooriginal-1-pe.html>>
- BROWN-PETERSON, N. J. et al. A Standardized Terminology for Describing Reproductive Development in Fishes. **Marine and Coastal Fisheries**, v. 3, n. 1, p. 52–70, jan. 2011.
- CARREON-MARTINEZ, L. et al. Utilization of stomach content DNA to determine diet diversity in piscivorous fishes. **Journal of Fish Biology**, v. 78, n. 4, p. 1170–1182, abr. 2011.
- CARREON-MARTINEZ, L.; HEATH, D. D. Revolution in food web analysis and trophic ecology: diet analysis by DNA and stable isotope analysis. **Molecular Ecology**, v. 19, n. 1, p. 25–27, 1 jan. 2010.
- FEARNSIDE, P. M. A hidrelétrica de Balbina: o faraonismo irreversível versus o meio ambiente na Amazônia. In: **Hidrelétricas na Amazônia: impactos ambientais e sociais na tomada de decisões sobre grandes obras**. Manaus: Editora do Inpa, 2015. p. 296.
- FEARNSIDE, P. M. Hidrelétricas na Amazônia brasileira: Questões ambientais e sociais. In: **América Latina Sociedade e Meio Ambiente: teorias, retóricas e conflitos em**

- desenvolvimento**. Curitiba: Editora da Universidade Federal do Paraná, 2016. p. 348.
- FERREIRA, L. V. et al. Impacts of hydroelectric dams on alluvial riparian plant communities in eastern Brazilian Amazonian. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 85, n. 3, p. 1013–1023, set. 2013.
- FOLMER, O. et al. DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. **Molecular Marine Biology and Biotechnology**, v. 3, n. 5, p. 294–299, 1994.
- FORSBERG, B. R. et al. The potential impact of new Andean dams on Amazon fluvial ecosystems. **PLOS ONE**, v. 12, n. 8, p. e0182254, 23 ago. 2017.
- FRY, B. **Stable Isotope Ecology**. New York, NY: Springer New York, 2006.
- GOMES, L. C.; MIRANDA, L. E. Riverine characteristics dictate composition of fish assemblages and limit fisheries in reservoirs of the upper Paraná River basin. **Regulated Rivers: Research & Management**, v. 17, n. 1, p. 67–76, jan. 2001.
- HAHN, N. S.; FUGI, R. Alimentação de peixes em reservatórios brasileiros: alterações e consequências nos estágios iniciais do represamento. **Oecologia Australis**, v. 11, n. 4, p. 469–480, 2007.
- HEBERT, P. D. N. et al. Biological identifications through DNA barcodes. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 270, n. 1512, p. 313–321, 7 fev. 2003.
- HYNES, H. The food of freshwater sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pungitius*), with a review of methods used in studies of the food of fishes. **Journal of Animal Ecology**, v. 19, p. 36–58, 1950.
- HYSLOP, E. J. Stomach contents analysis—a review of methods and their application. **Journal of Fish Biology**, v. 17, p. 411–429, 1980.
- IBAMA. **Monitoramento do Desembarque Pesqueiro no reservatório de Balbina – 2017**. Manaus: IBAMA, 2018.
- IVANOVA, N. V. et al. Universal primer cocktails for fish DNA barcoding. **Molecular Ecology Notes**, v. 7, n. 4, p. 544–548, jul. 2007.
- JACKSON, A. L. et al. Comparing isotopic niche widths among and within communities: SIBER - Stable Isotope Bayesian Ellipses in R. **Journal of Animal Ecology**, v. 80, n. 3, p. 595–602, maio 2011.
- JACKSON, M. C. et al. Population-Level Metrics of Trophic Structure Based on Stable Isotopes and Their Application to Invasion Ecology. **PLoS ONE**, v. 7, n. 2, p. e31757, 21 fev. 2012.

- JO, H. et al. Application of DNA barcoding for identification of freshwater carnivorous fish diets: Is number of prey items dependent on size class for *Micropterus salmoides*? **Ecology and Evolution**, v. 4, n. 2, p. 219–229, 2014.
- JUNK, W. J.; BAYLEY, P. B.; SPARKS, R. E. The flood-pulse concept in river-floodplain systems. **Can. Special Publ. Fish. Aquat. Sci.**, v. 106, p. 110–127, 1989.
- KAWAKAMI, E.; VAZZOLER, G. Método gráfico e estimativa de índice alimentar aplicado no estudo de alimentação de peixes. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 29, n. 2, p. 205–207, 1980.
- LIM, R. B. H. et al. Predicting food web responses to biomanipulation using Bayesian Belief Network: Assessment of accuracy and applicability using in-situ enclosure experiments. **Ecological Modelling**, v. 384, p. 308–315, set. 2018.
- LUZ-AGOSTINHO, K. D. G. et al. Influence of flood pulses on diet composition and trophic relationships among piscivorous fish in the upper Paraná River floodplain. **Hydrobiologia**, v. 607, n. 1, p. 187–198, 28 jul. 2008.
- MARTO, V. C. DE O.; AKAMA, A.; PELICICE, F. M. Feeding and reproductive ecology of *Cichla piquiti* Kullander & Ferreira, 2006 within its native range, Lajeado reservoir, rio Tocantins basin. **Neotropical Ichthyology**, v. 13, n. 3, p. 625–636, set. 2015.
- MCCUTCHAN, J. H. et al. Variation in trophic shift for stable isotope ratios of carbon, nitrogen, and sulfur. **Oikos**, v. 102, n. 2, p. 378–390, ago. 2003.
- MÉRONA, B. DE; SANTOS, G. M.; ALMEIDA, R. G. Short Term Effects of Tucuruí Dam (Amazonia, Brazil) on the Trophic Organization of Fish Communities. **Environmental Biology of Fishes**, v. 60, n. 4, p. 375–392, 2001.
- MÉRONA, B. DE; VIGOUROUX, R.; HOREAU, V. Changes in food resources and their utilization by fish assemblages in a large tropical reservoir in South America (Petit-Saut Dam, French Guiana). **Acta Oecologica**, v. 24, n. 3, p. 147–156, jul. 2003.
- NOVAKOWSKI, G. C.; HAHN, N. S.; FUGI, R. Alimentação de peixes piscívoros antes e após a formação do reservatório de Salto Caxias, Paraná, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 7, n. 2, p. 149–154, 2007.
- O’GORMAN, E. J.; ENRIGHT, R. A.; EMMERSON, M. C. Predator diversity enhances secondary production and decreases the likelihood of trophic cascades. **Oecologia**, v. 158, n. 3, p. 557–567, 23 dez. 2008.
- OLIVEIRA, A. C. B. et al. Carbon sources of fish in an Amazonian floodplain lake. **Aquatic Sciences**, v. 68, p. 229–238, 2006.

- PAINÉ, R. T. Food Web Complexity and Species Diversity. **The American Naturalist**, v. 100, n. 910, p. 65–75, 1966.
- PEREIRA, L. S. et al. Effects of long and short flooding years on the feeding ecology of piscivorous fish in floodplain river systems. **Hydrobiologia**, v. 795, n. 1, p. 65–80, 15 jul. 2017.
- PETRY, A. C. et al. The role of the predatory trahira (Pisces: Erythrinidae) in structuring fish assemblages in lakes of a Neotropical floodplain. **Hydrobiologia**, v. 651, n. 1, p. 115–126, 15 set. 2010.
- PIORSKI, N. M. et al. Alimentação e ecomorfologia de duas espécies de piranhas (Characiformes: Characidae) do lago de Viana, estado do Maranhão, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 35, n. 1, p. 63–70, 2005.
- POOL, T. et al. Seasonal increases in fish trophic niche plasticity within a flood-pulse river ecosystem (Tonle Sap Lake, Cambodia). **Ecosphere**, v. 8, n. 7, p. e01881, jul. 2017.
- SÁ-OLIVEIRA, J. C.; ANGELINI, R.; ISAAC-NAHUM, V. J. Diet and niche breadth and overlap in fish communities within the area affected by an Amazonian reservoir (Amapá, Brazil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 86, n. 1, p. 383–406, mar. 2014.
- SANTOS, G. M.; OLIVEIRA JR, A. B. A pesca no reservatório da hidrelétrica de Balbina (Amazonas, Brasil). **Acta Amazonica**, v. 29, n. 1, p. 145–163, 1999.
- SCANFERLA, A. F. L. DA S.; SÚAREZ, Y. R. Flood pulse are the main determinant of feeding dynamics and composition of *Odontostilbe pequirá* (Characiformes: Characidae) in southern Pantanal, Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 28, 2016.
- SILVA, C. C. **Dieta da comunidade de peixes na área de influência da UHE de Balbina - rio Uatumã, Amazonas, Brasil**. Manaus: Dissertação de mestrado, INPA/UA, 2006.
- SILVA, C. C. DA; FERREIRA, E. J. G.; DEUS, C. P. DE. Dieta de cinco espécies de Hemiodontidae (Teleostei, Characiformes) na área de influência do reservatório de Balbina, rio Uatumã, Amazonas, Brasil. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 98, n. 4, p. 465–468, dez. 2008.
- STOCK, B. C.; SEMMENS, B. X. **MixSIAR GUI User Manual**, 2016. Disponível em: <<https://github.com/brianstock/MixSIAR.%3Cdoi:10.5281/zenodo.1209993>>
- SU, M. et al. Dietary Analysis of Marine Fish Species: Enhancing the Detection of Prey-Specific DNA Sequences via High-Throughput Sequencing Using Blocking Primers. **Estuaries and Coasts**, v. 41, n. 2, p. 560–571, 5 mar. 2018.
- TEAM, R. C. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>, 2017.
- TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; CALIJURI, M. C. Limnology and

management of reservoirs in Brazil. In: **Comparative Reservoir Limnology and Water Quality Management**. Dordrecht: Springer Netherlands, 1993. p. 25–55.

VANDERKLIFT, M. A.; PONSARD, S. Sources of variation in consumer-diet d15N enrichment: a meta-analysis. **Oecologia**, v. 136, n. 2, p. 169–182, 1 jul. 2003.

WANG, J. et al. Initial response of fish trophic niche to hydrological alteration in the upstream of Three Gorges Dam. **Ecological Processes**, v. 5, n. 1, p. 11, 2 dez. 2016.

WINEMILLER, K. O. et al. Balancing hydropower and biodiversity in the Amazon, Congo, and Mekong. **Science**, v. 351, n. 6269, p. 128–129, 8 jan. 2016.

ZENG, L. et al. Ecological effects of dams, alien fish, and physiochemical environmental factors on homogeneity/heterogeneity of fish community in four tributaries of the Pearl River in China. **Ecology and Evolution**, v. 7, n. 11, p. 3904–3915, jun. 2017.