

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“Júlio de Mesquita Filho”

INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS DE BOTUCATU

**Ecologia trófica e biomarcadores isotópicos e fisiológicos de espécies de peixes silvestres
associados a pisciculturas em tanques-rede**

BRUNA CAROLINE KOTZ KLIEMANN

Orientador: Prof. Dr. Igor Paiva Ramos
Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Rosilene Luciana Delariva

Tese apresentada ao Instituto de Biociências da
Universidade Estadual Paulista – UNESP, Câmpus de
Botucatu, SP, como parte dos requisitos para obtenção
do Título de Doutora em Ciências Biológica (Zoologia).

Botucatu – SP

2023

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“Júlio de Mesquita Filho”

INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS DE BOTUCATU

**Ecologia trófica e biomarcadores isotópicos e fisiológicos de espécies de peixes silvestres
associados a pisciculturas em tanques-rede**

BRUNA CAROLINE KOTZ KLIEMANN

Orientador: Prof. Dr. Igor Paiva Ramos
Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Rosilene Luciana Delariva

Tese apresentada ao Instituto de Biociências da
Universidade Estadual Paulista – UNESP, Câmpus de
Botucatu, SP, como parte dos requisitos para obtenção
do Título de Doutora em Ciências Biológica (Zoologia).

Botucatu – SP

2023

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSANGELA APARECIDA LOBO-CRB 8/7500

Kliemann, Bruna Caroline Kotz.

Ecologia trófica e biomarcadores isotópicos e fisiológicos de espécies de peixes silvestres associados a pisciculturas em tanques-rede / Bruna Caroline Kotz Kliemann. - Botucatu, 2023

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Biociências de Botucatu

Orientador: Igor Paiva Ramos

Coorientador: Rosilene Luciana Delariva

Capes: 20400004

1. Aquicultura. 2. Dieta. 3. Peixe de água doce. 4. Isótopos estáveis. 5. Substratos.

Palavras-chave: Aquicultura de água doce; Dieta; Impactos em peixes silvestres; Isótopos estáveis; Substratos energéticos.

Dedicatória

*A minha família, pelo apoio e incentivo.
A família PIRÁ e LIEB, que me acompanharam e
auxiliaram durante esses anos de crescimento.*

Agradecimentos

Essa tese significa muito mais do que a finalização do doutorado, significa o fechamento de mais um ciclo profissional. Um ciclo que me proporcionou conhecer pessoas e lugares incríveis, experiências indescritíveis e um imenso aprendizado, os quais foram essenciais para o meu amadurecimento profissional e pessoal. Inúmeras pessoas passaram por esse ciclo e contribuíram para a minha formação durante esses 5 anos, contudo agradeço em especial:

Aos meus pais, Carmen e Laudir por sempre me incentivarem na busca do conhecimento e pela boa educação que me fez tornar a pessoa que sou hoje.

As minhas irmãs, Alessandra e Isabelly, pela admiração, incentivo e apoio.

Aos meus avós pela boa educação nos primeiros anos da minha vida e ao incentivo e apoio em todos os momentos da minha vida.

Ao meu noivo Wesley pelo amor, cuidado, paciência, apoio e companheirismo em todos os momentos da minha vida.

Ao Prof. Igor Paiva Ramos, que além de meu orientador é meu amigo, por ter aberto as portas para realizar a pós-graduação há 8 anos, pelo exemplo, confiança, paciência e orientação durante esses anos de pós-graduação.

À Prof. Dra. Rosilene Luciana Delariva por ter aberto as portas ao mundo da pesquisa há 10 anos, pela confiança, apoio, paciência e orientação em todos os aspectos, tanto profissionais quanto pessoais. Como também pela amizade e exemplo de uma excelente profissional.

À Prof. Dra. Cristiële Ribeiro pela parceria, orientação e contribuição com as análises fisiológicas, como também pela amizade durante esses anos de pós-graduação.

Ao Prof. Dr. Juan Antônio Balbuena que me aceitou e me orientou durante meu estágio no exterior, foi muito importante para meu amadurecimento nas análises estatísticas, bem como amadurecimento pessoal.

À banca, Prof. Dra. Mayara Pereira Neves, Prof. Dra. Karine Orlandi Bonato, Prof. Dr. Luciano Lazzarini Wolff e Prof. Dr. João Henrique Pinheiro Dias por aceitarem a participação na banca e contribuírem com o aprimoramento do trabalho. Em especial, à Prof. Dra. Mayara que foi a minha mentora desde a graduação e exemplo profissional, como também pela amizade.

Aos amigos do Laboratório de Ictiologia, Ecologia e Biomonitoramento (LIEB) que me acompanham desde a graduação e aos amigos do Laboratório de Ecologia de Peixes (Pirá) que além da amizade, foram imprescindíveis para o desenvolvimento do doutorado.

As amizades feitas e fortalecidas nesse período, em especial a Cibele que além de ser importante para o desenvolvimento do projeto, foi muito importante para minha vida pessoal

me ajudando e apoiando desde o momento que cheguei em Ilha Solteira. À Letícia que esteve ao meu lado desde a primeira coleta do mestrado, à Lidiane que está sempre disposta a me ajudar quando preciso, ao Zé que além de ser meu parceiro de projeto se tornou um amigo muito especial, ao Aymar pela amizade e ajuda nas coletas e análises estatísticas, a Alini e Bianca pela ajuda nas coletas, pela amizade e companheirismo, a Malbellys, David e João que foram minha família durante o período do estágio no exterior.

Aos alunos de iniciação científica Júlia, Natália e Vinicius que me auxiliaram nas análises de conteúdo estomacal e permitiram que os orientasse durante sua iniciação científica e TCC.

À Dra. Cyntia Moraes que me auxiliou na realização e compreensão das modelagens com os dados de isótopos estáveis.

Ao Programa de Pós-graduação em Zoologia, coordenação e professores pelas fundamentais contribuições ao longo do curso.

À concessão de bolsa do doutorado, processo nº 88887.302628/2018-00, pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e concessão de bolsa produtividade, processo nº nº303311/2018-5, pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ).

À concessão de bolsa do doutorado, processo nº 2018/01117-2, e concessão de bolsa para estágio no exterior (BEPE), processo nº2022/00839-0 pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

À todos os profissionais e instituições que contribuíram para a realização dessa pesquisa.

Sumário

Apresentação da tese	7
Resumo geral.....	8
Abstract	9
Introdução geral	10
Referências	15
Capítulo 1	19
Influências de pisciculturas em tanques-rede na ecologia trófica de peixes silvestres onívoro e carnívoro: evidências a partir do conteúdo estomacal e isótopos estáveis	19
Resumo	19
Abstract	19
Introdução	20
Material e métodos	23
Área de estudo	23
Amostragens	23
Amostragens e análises laboratoriais	24
<i>Ictiofauna</i>	24
<i>Conteúdo estomacal</i>	25
<i>Isótopos estáveis</i>	25
<i>Variáveis físicas e químicas da água</i>	26
Análise dos dados	26
<i>Conteúdo estomacal</i>	26
<i>Isótopos estáveis</i>	28
<i>Variáveis físicas e químicas da água</i>	32
Resultados	32
Discussão	44
Referências	47
Material suplementar	52
Capítulo 2	87
Ecofisiologia e relações tróficas em peixes silvestres onívoro e carnívoro sob influência de pisciculturas em tanques-redes	87
Abstract	87
Introdução	88
Materiais e métodos.....	90
Área de estudo	90

Espécies modelos	91
Amostragens e análises laboratoriais	92
<i>Ictiofauna</i>	<i>92</i>
<i>Substratos energéticos.....</i>	<i>92</i>
<i>Isótopos estáveis.....</i>	<i>94</i>
<i>Aspectos físico-químicos da água</i>	<i>95</i>
<i>Bromatologia da ração</i>	<i>95</i>
Análise dos dados	95
<i>Substratos energéticos.....</i>	<i>95</i>
<i>Isótopos estáveis.....</i>	<i>97</i>
<i>Substratos energéticos x isótopos estáveis.....</i>	<i>100</i>
<i>Aspectos físico-químicos da água</i>	<i>100</i>
Resultados	100
Discussão	116
Referências	120
Material suplementar	126
Conclusão geral.....	162

Apresentação da tese

Capítulo 1 – Influências de pisciculturas em tanques-rede na ecologia trófica de peixes silvestres onívoro e carnívoro: evidências a partir do conteúdo estomacal e isótopos estáveis

Nesse capítulo as influências de pisciculturas em tanques-rede na alimentação de *Geophagus sveni* (onívora) e *Plagioscion squamosissimus* (carnívora) foram avaliadas. Por meio de análises do conteúdo estomacal e isótopos estáveis de C e N, testou-se a hipótese de que as pisciculturas em tanques-rede promovem mudanças: 1) na alimentação e assimilação dos recursos alimentares; 2) na amplitude de nicho trófico e nicho isotópico e 3) na posição trófica de ambas as espécies.

Capítulo 2- Ecofisiologia e relações tróficas isotópicas em peixes silvestres onívoro e carnívoro sob influência de pisciculturas em tanques-redes

Nesse capítulo foram avaliadas as influências das pisciculturas em tanques-rede sobre a concentração de proteínas, lipídeos e glicogênio dos tecidos hepático, gonadal e muscular e assimilação dos recursos alimentares de *Geophagus sveni* (onívora) e *Plagioscion squamosissimus* (carnívora). Testou-se a hipótese de que as concentrações dos substratos energéticos, composição isotópica e assimilação dos recursos alimentares variam em decorrência da influência das pisciculturas em tanques-rede nas fontes de recursos alimentares para as duas espécies independente das variações sazonais e de sexo.

Resumo geral

A produção de peixes de água doce em pisciculturas em tanques-rede tem um importante papel na economia nacional e mundial. Nesses sistemas, a criação é intensiva, com peixes confinados em alta densidade, em tanques vazados e flutuantes, alimentados com intenso aporte de ração. A liberação de matéria orgânica, composta de ração não consumida e excretas dos peixes de cultivo, é uma das principais preocupações relacionadas aos tanques-rede e provoca mudanças na alimentação ictiofauna local. Nesse sentido, as mudanças na dieta podem alterar a estrutura das comunidades locais devido às interferências em diferentes níveis tróficos. Efeitos das pisciculturas em tanques-rede na dieta dos peixes podem repercutir também em alterações fisiológicas em órgãos como fígado e gônadas em resposta a altas concentrações de proteína e energia da ração. Assim, o objetivo geral do presente estudo foi avaliar as influências de pisciculturas em tanques-rede sobre as espécies introduzidas *Geophagus sveni* e *Plagioscion squamosissimus* por meio da dieta e assimilação (isótopos estáveis) de recursos alimentares, bem como a quantificação dos substratos energéticos proteína, lipídeo e glicogênio total. Para isso, os peixes foram coletados em locais com (TR) e sem a presença (CT) de pisciculturas em tanques-rede em um reservatório neotropical. Por meio do conteúdo estomacal observou-se o consumo de ração em locais com a presença dos tanques-rede. Apesar de não ter sido observado o consumo de ração no conteúdo estomacal dos peixes carnívoros e dos peixes nos locais sem as pisciculturas, a análise de isótopos estáveis, por sua vez, demonstrou que ocorreu a assimilação de ração. A partir disso, pode-se observar que as influências das pisciculturas em tanques-rede vão além do consumo de ração ou aumento na abundância de peixes e outros organismos no entorno dos tanques, indicando influências em vários níveis tróficos e em locais onde não há pisciculturas em operação. Além disso, as análises das concentrações de proteínas, lipídeos e glicogênio nos tecidos hepático, gonadal e muscular diferiram em função das altas porcentagens de proteína na ração. Maiores valores do índice hepatossomático para os peixes nos locais onde ocorreu maiores porcentagens de assimilação de ração (CT1, TR1, TR2 e TR3) indicaram maiores reservas de energia no fígado, corroborando o potencial energético da ração. Assim, as abordagens aqui avaliadas foram eficazes em demonstrar as influências das pisciculturas em tanques-rede relatando que ambas as espécies assimilaram a ração perdida para o ambiente aquático. Ainda, os resultados demonstraram que essa assimilação promoveu alterações nas concentrações dos substratos energéticos, levantando questionamentos sobre as consequências dessas alterações fisiológicas para a reprodução dessas espécies. Essas altas concentrações de proteína e energia poderiam favorecer a reprodução e o crescimento dessas espécies, aumentando assim o estoque pesqueiro? Poderia favorecer a manutenção dessas populações de espécies não nativas? Qual o efeito sobre espécies nativas? Estudos futuros abrangendo a comunidade como um todo em uma série temporal maior e com espécies nativas fazem-se necessários para responder esses questionamentos. Os resultados aqui observados podem ainda fornecer informações aos piscicultores sobre as consequências da perda de matéria orgânica para o ambiente aquático, como parâmetro para medidas mitigadoras que possam reduzir tal perda.

Palavras-chaves: aquicultura de água doce, impactos em peixes silvestres, dieta, isótopos estáveis, substratos energéticos.

Abstract

The production of freshwater cage fish farms plays an important role in the national and world economy. In these systems, the breeding is intensive, with fish confined at high densities in empty, floating cages, fed with intensive pelleted feed intake. The release of organic matter, composed of uneaten pelleted feed and excreta from farmed fish, is one of the main concerns related to cages fish and causes changes in the local ichthyofauna diet. In this sense, changes in diet can alter the structure of local communities due to interference at different trophic levels. Effects of cage fish farms on fish diet can also result in physiological changes in organs such as liver and gonads in response to high concentrations of protein and energy in the pelleted feed. Thus, the general objective of the present study was to evaluate the influences of cage fish farms on the introduced species *Geophagus sveni* and *Plagioscion squamosissimus* by means of diet and assimilation (stable isotopes) of food resources, as well as the quantification of the energetic substrates protein, lipid and total glycogen. For this purpose, fish were collected from sites with (TR) and without (CT) cage fish farms in a Neotropical reservoir. Through stomach contents, pelleted feed consumption was observed in sites with the presence of fish farms. Although pelleted feed consumption was not observed in the stomach contents of carnivorous fish and fish at sites without fish farms, stable isotope analysis demonstrated that pelleted feed assimilation occurred. From this, the influences of cage fish farms go beyond pelleted feed consumption or increases in the abundance of fish and other organisms around the cages, indicating influences at various trophic levels and at sites where no fish farms are in operation. Furthermore, analyses of protein, lipid and glycogen concentrations in liver, gonadal and muscle tissues differed according to the high percentages of protein in the pelleted feed. Higher hepatosomatic index values for fish at the sites where higher percentages of pelleted feed assimilation occurred (CT1, TR1, TR2 and TR3) indicated higher energy reserves in the liver, corroborating the energy potential of the pelleted feed. Thus, the approaches evaluated here were effective in demonstrating the influences of cage fish farms by reporting that both species assimilated pelleted feed lost to the aquatic environment. Furthermore, the results showed that this assimilation promoted changes in the concentrations of energetic substrates, raising questions about the consequences of these physiological changes for the reproduction of these species. Could these high concentrations of protein and energy favor the reproduction and growth of these species, thus increasing the fish stock? Could it favor the maintenance of these populations of non-native species? What is the effect on native species? Future studies covering the community over a longer time series and with native species are needed to answer these questions. The results observed here can also provide information to fish farmers about the consequences of the loss of organic matter to the aquatic environment, as a parameter for mitigating measures that can reduce such loss.

Keywords: freshwater aquaculture, impacts on wild fish, diet, stable isotopes, energy substrates.

Introdução geral

O cultivo de peixes de água doce desempenha um papel importante no setor zootécnico e na economia mundial (FAO, 2020). O consumo de pescado pela população mundial, no período de 1961 a 2017, cresceu 3,1% ao ano, taxa superior ao crescimento populacional (1,6%) e ao consumo de outras proteínas animais (2,7%) (FAO, 2020). Atrelado a esse crescimento, aproximadamente 179 milhões de toneladas de pescado foram produzidos em escala mundial no ano de 2018, movimentando US\$ 401 bilhões (FAO, 2020). Em cenário nacional, em 2021, as pisciculturas foram responsáveis pela produção de 559 mil toneladas de peixes, totalizando um montante de R\$ 4,7 bilhões (IBGE, 2022). Dentre os estados brasileiros, São Paulo é o segundo maior produtor de pescado, destacando-se as cidades do Noroeste paulista e o reservatório de Ilha Solteira (IBGE, 2022; PEIXEBR, 2022).

Dentre os modelos de cultivo de peixes, as pisciculturas em tanques-rede têm se expandido rapidamente, principalmente nas regiões Sudoeste e Norte do Brasil (VALENTI *et al.*, 2021). A utilização de áreas públicas alagadas, como rios, lagos, lagoas e represas contribui para o predomínio e crescimento desse modelo de cultivo, uma vez que não há necessidade de investimento financeiro para obtenção de terras e construção de açudes (AZEVEDO, 2021; NUNES; ROCHA, 2015). Além disso, houve grandes investimentos nos últimos anos por meio de políticas públicas que incentivaram a implementação desses modelos de cultivo (HENRY-SILVA *et al.*, 2022).

Apesar da importante contribuição para a economia global, as pisciculturas em tanques-rede têm promovido alterações nos ambientes aquáticos nas quais estão inseridas (BARRET; SWEARER; DEMPSTER, 2018; GYALOG; CUBILLOS TOVAR; BÉKEFI, 2022; XIONG *et al.*, 2022). Em tanques-rede a criação é intensiva, os peixes são confinados em alta densidade, em tanques vazados e flutuantes e alimentados com intenso aporte de ração (EDWARDS, 2015; SCHULTER; VIEIRA FILHO, 2017). A carga de matéria orgânica composta de ração não consumida e excretas dos peixes de cultivo liberada no ambiente circundante aos tanques, é um dos principais impactos ambientais causados (HU *et al.*, 2016; KAYA; PULATSU, 2017; VAROL, 2019). Estudos em reservatórios brasileiros demonstram que até 18% dessa matéria orgânica é perdida para o ambiente aquático adjacente (MONTANHINI NETO; OSTRENSKY, 2015). Esse intenso aporte de matéria promove interferências na qualidade de água e serve como fonte de alimento para diferentes organismos aquáticos (HENRY-SILVA *et al.*, 2022; NOBILE *et al.*, 2020).

As redes que constituem os tanques permitem a circulação de água, e dessa forma, o carregamento de parte dessa matéria orgânica, promovendo a limpeza dos tanques

(AGOSTINHO *et al.*, 2007). Como consequências podem ocorrer aumento da carga de sedimentação, mudanças na qualidade da água, aumento da fauna parasitária, mudanças nos hábitos alimentares de peixes silvestres, alterações fisiológicas e mudanças estruturais na ictiofauna local (BARRET; SWEARER; DEMPSTER, 2018; KLIEMANN *et al.*, 2018, 2022; NOBILE *et al.*, 2020). Dentre esses efeitos, mudanças na alimentação de peixes silvestres indicam diretamente a entrada de matéria orgânica no ambiente proveniente dos tanques de cultivo. Ainda, fornecem percepções sobre possíveis alterações na estrutura das comunidades devido a interferências em diferentes níveis tróficos (IZQUIERDO-GÓMEZ *et al.*, 2015; KLIEMANN *et al.*, 2022). Além da matéria orgânica servir de alimento para os peixes silvestres, é fonte alimentar para toda fauna aquática, promovendo o aumento na disponibilidade de recursos em vários níveis da teia trófica (BARRET; SWEARER; DEMPSTER, 2018; DA SILVA CACHO; TEIXEIRA DE MOURA; HENRY-SILVA *et al.*, 2022). As estruturas dos tanques de cultivo também contribuem como substrato de fixação para algas, plantas e invertebrados aquáticos, potencializando o aumento de recursos alimentares para a ictiofauna local (KLIEMANN *et al.*, 2022).

O consumo direto da ração é relatado em vários estudos, principalmente para espécies onívoras, como *Pimelodus maculatus* (BRANDÃO *et al.*, 2014; RAMOS *et al.*, 2013), *Pimelodus platicirris* (KLIEMANN *et al.*, 2022), *Iheringichthys labrosus* (RAMOS *et al.*, 2013), *Apareiodon affinis* (BRANDÃO *et al.*, 2012), *Metynnis lippincottianus* (RAMOS, J. *et al.*, 2022; KLIEMANN *et al.*, 2022; RAMOS, I.; VIDOTTO-MAGNONI; CARVALHO, 2008 (*Metynnis maculatus* (= *Metynnis lippincottianus*))), *Astyanax lacustris* (= *Astyanax altiparanae*) (RAMOS; VIDOTTO-MAGNONI; CARVALHO, 2008), *Geophagus sveni* (= *Geophagus proximus*) (KLIEMANN *et al.*, 2018; KLIEMANN *et al.*, 2022), *Satanoperca papaterra* e *Triportheus nematurus* (KLIEMANN *et al.*, 2022). Para espécies carnívoras foram relatadas influências indiretas devido ao potencial atrativo dos tanques de cultivo (BRANDÃO *et al.*, 2013; KLIEMANN *et al.*, 2022; RAMOS *et al.*, 2013). Esse potencial atrativo se deve a matéria orgânica perdida para o ambiente aquático que atrai peixes e outros organismos aquáticos (KLIEMANN *et al.*, 2022; NOBILE *et al.*, 2020). Dessa forma, peixes carnívoros são favorecidos com essa maior abundância de peixes-presa e invertebrados aquáticos nas áreas de pisciculturas.

O generalismo e o oportunismo trófico (GERKING, 1994), documentado para as espécies onívoras, favorecem o consumo de alimentos disponíveis no tempo e no espaço. Dessa forma, essas espécies se alimentam da matéria orgânica proveniente dos tanques de cultivo, bem como de organismos que proliferam mediante essa disponibilidade de alimento (BARRET;

SWEARER; DEMPSTER, 2018; DA SILVA CACHO; TEIXEIRA DE MOURA; HENRY-SILVA, 2020; HENRY-SILVA *et al.*, 2022). Como consequência, podem ocorrer interferências em níveis inferiores da cadeia trófica quando os peixes diminuem o consumo de alimentos naturais devido ao consumo da ração, como também nos níveis tróficos superiores devido à predação de organismos que consumiram ração (KLIEMANN *et al.*, 2022; IZQUIERDO-GÓMEZ *et al.*, 2015). Estudos demonstram que cascatas tróficas podem ocorrer quando mais de dois níveis tróficos são influenciados (BARTRONS *et al.*, 2020; CARPENTER; KITCHELL; HODGSON, 1985), dessa forma, pisciculturas em tanques-rede possuem potencial para causar tais cascatas.

O consumo da ração pela ictiofauna silvestre é comumente constatado por meio da quantificação do conteúdo estomacal. No entanto, essa abordagem convencional fornece apenas um panorama instantâneo de itens recentemente ingeridos (BENEDITTO *et al.*, 2013; HYSLOP, 1980; PARK *et al.*, 2015). Por outro lado, a utilização de isótopos estáveis de C e N é uma alternativa para avaliar padrões alimentares ao longo do tempo, fornecendo evidências sobre as quantidades relativas de nutrientes e suas fontes efetivamente assimiladas (MARTINELLI *et al.*, 2009). Essa técnica se baseia no fato de que as proporções isotópicas do consumidor dependem das proporções isotópicas de sua dieta (COMPSON *et al.*, 2014; CRESSON; RUITTON, HARMELIN-VIVIEN, 2016). Assim, a matéria orgânica proveniente dos tanques de cultivo pode ser rastreada e identificada por meio da alimentação dos peixes silvestres, uma vez que apresenta assinatura isotópica diferente dos recursos alimentares naturais (VIZZINI; MAZZOLA, 2004).

Os isótopos estáveis são intrínsecos ao ambiente e incorporados aos tecidos dos produtores primários durante o processo de fotossíntese e transferidos aos animais que os consomem (ALBRECHT *et al.*, 2021). Nesse processo de transferência entre os níveis tróficos, ^{13}C muda cerca de 1‰ a cada nível trófico e por isso é utilizado para rastrear a fonte de carbono (vegetal ou animal, terrestre ou aquático) da dieta dos organismos (DENIRO; EPSTEIN, 1981; FRY, 2008; PETERSON; FRY, 1987). Em contrapartida, $\delta^{15}\text{N}$ apresenta mudanças de 3 e 4‰ no organismo a cada nível trófico, sendo comumente utilizado para estimar o nível trófico (DENIRO; EPSTEIN, 1981; FRY, 2008; PETERSON; FRY, 1987). Ainda, a partir dos valores isotópicos dos consumidores é possível calcular o nicho isotópico e verificar as diferentes fontes de carbono assimiladas e a amplitude de posição trófica dentro da população avaliada (CABANA; RASMUSSEN, 1996; PETERSON; FRY, 1987). A posição trófica, por sua vez, fornece informações sobre a aquisição e transferência de energia entre os recursos e consumidores (ALBRECHT *et al.*, 2021).

Os efeitos das pisciculturas em tanques-rede na dieta dos peixes repercutem ainda em alterações fisiológicas em órgãos como fígado e gônadas (BARRET; SWEARER; DEMPSTER, 2018; KLIEMANN *et al.*, 2018). Uma das formas de avaliar essas alterações na fisiologia é por meio da quantificação dos substratos energéticos como proteínas, lipídios e carboidratos totais nos tecidos hepáticos, gonadais e musculares. Esses substratos energéticos são de suma importância no metabolismo basal, sendo utilizados para crescimento e reprodução (BALDISSEROTTO; URBINATI; CYRINO, 2020; RIBEIRO *et al.*, 2012). As proteínas são os blocos de construção das células musculares e órgãos, e os lipídeos e glicogênios são fontes de energia (BALDISSEROTTO; URBINATI; CYRINO, 2020).

Nesse contexto, o fígado possui papel fundamental na mobilização e metabolização das moléculas provenientes da alimentação, sendo essencial na desintoxicação do organismo (BERNET *et al.*, 1999; SHIOGIRI *et al.*, 2012; YANCHEVA *et al.*, 2016). Alterações nesse tecido refletem diretamente nas respostas fisiológicas de outros órgãos, como por exemplo, músculos e gônadas. A musculatura, por desempenhar funções diretamente ligadas à performance natatória do peixe (MOMMSEN, 2001), exerce influência direta sobre a captura de alimentos e proteção. A nível reprodutivo, alterações metabólicas nas gônadas estão relacionadas ao sucesso da vitelogênese, recrutamento de oócitos e desova, com consequências na manutenção de populações naturais viáveis a longo prazo (BALDISSEROTTO; URBINATI; CYRINO, 2020).

Estudos integrando dieta e fisiologia em peixes silvestres associados a pisciculturas em água doce no Brasil são escassos, havendo apenas um estudo com *Geophagus sveni* (= *Geophagus proximus*) no reservatório de Ilha Solteira (KLIEMANN *et al.*, 2018). Assim, grande parte das informações provém de regiões temperadas e ambiente marinho (BARRET; SWEARER; DEMPSTER, 2018), havendo pouco conhecimento sobre os efeitos biológicos do consumo dos excedentes das pisciculturas em peixes silvestres neotropicais. Um estudo com tilápia cultivada (*Oreochromis niloticus*) avaliou relações entre os fatores fisiológicos e isótopos estáveis demonstrando que a qualidade, a eficiência do uso e a ingestão de proteína foram determinantes para os valores de $\delta^{15}\text{N}$ (KELLY, MARTÍNEZ DEL RIO, 2010). Dessa forma, abordagens integradas combinando resultados obtidos com a análise do conteúdo estomacal, isótopos estáveis e concentração dos substratos energéticos podem fornecer respostas consistentes sobre a ecologia trófica das espécies (BEARHOP *et al.*, 2004; DAVIS *et al.*, 2012; GENNER *et al.*, 1999; QUEVEDO; SVANBACK; EKLOV, 2009).

A avaliação do conteúdo estomacal, assimilação dos recursos alimentares por meio das análises de isótopos estáveis (C e N) e quantificação dos substratos energéticos relacionados à

alimentação, poderá fornecer percepções sobre vias tróficas da matéria orgânica altamente proteica proveniente dos tanques de cultivo. Até o momento é conhecido que espécies onívoras consomem a ração no entorno das pisciculturas e que esse consumo pode influenciar a quantificação dos substratos energéticos devido os teores de proteína da ração. No entanto, ainda há muitas lacunas a serem preenchidas no que diz respeito à assimilação desse recurso alimentar (a ração), e seus efeitos nos locais onde não há pisciculturas tanques-rede em operação, além dos possíveis efeitos fisiológicos sobre espécies com outros hábitos alimentares.

Considerando as lacunas apresentadas, espécies de peixes silvestres pertencentes às guildas tróficas onívora e carnívora podem constituir bons modelos para avaliar os efeitos das pisciculturas em tanques-rede sobre a ictiofauna silvestre no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná, São Paulo. Nessa perspectiva, *Geophagus sveni* Lucinda, Lucena & Assis, 2010 (onívora) e *Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840) (carnívora) são duas espécies de peixes altamente abundantes no reservatório de Ilha Solteira e sofrem influência de pisciculturas em tanques-rede. Além do relato de mudanças na alimentação devido às influências das pisciculturas (KLIEMANN *et al.*, 2018, 2022; RAMOS *et al.*, 2013), também foi relatado maior abundância dessas espécies em áreas de pisciculturas (ORLANDI-NETO *et al.*, 2022).

Geophagus sveni (Cichliformes: Cichlidae), nativa da bacia do rio Tocantins (LUCINDA; LUCENA; ASSIS, 2010) foi introduzida na bacia do alto rio Paraná principalmente devido ao aquarismo (OTA *et al.*, 2018). Segundo Gois *et al.* (2015), esta espécie é altamente abundante e importante economicamente na bacia do rio Paraná e apresenta potencial invasivo para competir por recursos e promover o deslocamento de espécies nativas. *Geophagus sveni* apresenta comportamento generalista e hábito alimentar onívoro, o que favorece o consumo de recursos excedentes de pisciculturas em tanques-rede (KLIEMANN *et al.*, 2018, 2022). Além disso, a boca protrátil na posição terminal permite a alimentação tanto na coluna de água quanto no sedimento (OTA *et al.*, 2018). Dessa forma, é possível explorar diferentes zonas e recursos alimentares disponibilizados pela piscicultura em tanques-rede.

Plagioscion squamosissimus (Acanthuriformes: Sciaenidae) é uma espécie nativa da bacia Amazônica (SANTOS *et al.*, 2006) e sua introdução na bacia do rio Paraná foi relacionada à sua importância econômica (OTA *et al.*, 2018). Possui hábito alimentar carnívoro, se alimentando principalmente de peixes e camarões (NEVES *et al.*, 2015; QUEIROZ-SOUZA *et al.*, 2018), sendo assim atraída para o entorno dos tanques de cultivo devido à maior abundância de peixes e outros organismos aquáticos que podem ser utilizados como presas nessas áreas (GONZALEZ-SILVEIRA *et al.*, 2015; ORLANDI-NETO *et al.*, 2022).

Diante do exposto, os objetivos do presente estudo foram avaliar as influências de pisciculturas em tanques-rede sobre *G. sveni* e *P. squamosissimus* por meio da dieta e da assimilação (isótopos estáveis) de recursos alimentares. Considerando que a espécie onívora consome ração, buscou-se compreender os efeitos desse consumo na concentração dos substratos energéticos (proteína, lipídeo e glicogênio) nos tecidos hepático, muscular e gonadal. Além disso, espera-se compreender melhor os efeitos da disponibilização de restos de ração sobre a espécie carnívora, uma vez que é relatado apenas influências indiretas devido à maior abundância de peixes-presa no entorno dos tanques de cultivo. Portanto, pretendeu-se avaliar se ocorreu assimilação de ração por transferência entre os níveis tróficos a fim de verificar se houve influência na concentração dos substratos energéticos nos tecidos hepático, muscular e gonadal na espécie carnívora selecionada.

Referências

- AGOSTINHO, A.A.; GOMES, L.C.; PELICICE, F.M. **Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil**, Maringá: EDUEM, 2007.
- ALBRECHT, M. P. et al. Isótopos estáveis e outras ferramentas em estudos tróficos de peixes em riachos tropicais. **Oecologia Australis**, v. 25, n. 2, p. 283-300, 2021.
- AZEVEDO, P. C. S. **Caracterização da piscicultura em tanques-rede, um estudo de caso na barragem Saulo Maia**, Areia. 2021. 31 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Paraíba, Paraíba, 2021.
- BALDISSEROTTO, B.; URBINATI, E. C.; CYRINO, J. E. P. **Biology and Physiology of Freshwater Neotropical Fish**. [S. l.]: Academic Press, 2020.
- BARRETT, L. T.; SWEARER, S. E.; DEMPSTER, T. Impacts of marine and freshwater aquaculture on wildlife: a global meta-analysis. **Reviews in Aquaculture**, p. 1–23, 2018.
- BARTONS, M. et al. Energy-based top-down and bottom-up relationships between fish community energy demand or production and phytoplankton across lakes at a continental scale. **Limnology and Oceanography**, v. 65, n. 9999, p. 1–11, 2020.
- BEARHOP, S. et al. Determining trophic niche width: a novel approach using stable isotope analysis. **Journal of Animal Ecology**, v. 73, p. 1007–1012, 2004.
- BENEDITTO, A. P. M. Di et al. Trophic niche comparison between two predators in northern Rio de Janeiro State, Brazil: a stable isotopes approach. **Biota Neotropica**, v. 13, p. 29-33, 2013.
- BERNET, D. Histopathology in fish: proposal for a protocol to assess aquatic pollution. **Journal of Fish Diseases**, v. 22, p. 25–34, 1999.
- BRANDÃO, H. et al. Influence of a cage farming on the population of the fish species *Apareiodon affinis* (Steindachner, 1879) in the Chavantes reservoir, Paranapanema River SP/PR, Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 24, p. 438-448, 2012.
- BRANDÃO, H. et al. Influência de uma piscicultura em tanques-rede na dieta e atributos biológicos de *Galeocharax knerii* na represa de Chavantes, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, [s. l.], v. 39, n. 2, p. 157–167, 2013.
- BRANDÃO et al. Influence of cage farming on feeding and reproductive aspects of *Pimelodus maculatus* Lacépède, 1803 (Siluriformes: Pimelodidae) in the Chavantes reservoir, Brazil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 36, n. 1, p. 41-50, 2014

- CABANA, G.; RASMUSSEN, J. B. Comparison of aquatic food chains using nitrogen isotopes. **Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)**, v. 93, p. 10844–10847, 1996.
- CARPENTER, S. R.; KITCHELL, J. F.; HODGSON, J. R. Cascading trophic interactions and lake productivity. **Bioscience**, v. 35, p. 634–639, 1985.
- COMPSON, Z. G. *et al.* Closely related tree species differentially influence the transfer of carbon and nitrogen from leaf litter up the aquatic food web. **Ecosystems**, v. 18, p. 186–201, 2014.
- CRESSON, P. *et al.* Feeding strategies of co-occurring suspension feeders in an oligotrophic environment. **Food Webs**, v. 6, p. 19–28, 2016.
- DA SILVA CACHO, J. C. S.; TEIXEIRA DE MOURA, R. S. T.; HENRY-SILVA, G. G. Influence of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fish farming in net cages on the nutrient and particulate matter sedimentation rates in Umari reservoir, Brazilian semi-arid. **Aquaculture Reports**, v. 17, p. 100358, 2020.
- DAVIS, A. M. *et al.* Gut content and stable isotope analyses provide complementary understanding of ontogenetic dietary shifts and trophic relationships among fishes in a tropical river. **Freshwater Biology**, v. 57, n. 10, p. 2156–2172, 2012.
- DENIRO, J.; EPSTEIN, S. Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 45, p. 341–351, 1981.
- EDWARDS, P. Aquaculture environment interactions: Past, present and likely future trends. **Aquaculture**, v. 447, p. 2–14, 2015.
- FAO. **The state of World Fisheries and Aquaculture 2020 - Sustainability in action**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2020.
- FRY, B. **Stable isotope ecology**. New York: Springer Science Business Media, 2008.
- GENNER, M. J. *et al.* Niche segregation among Lake Malawi cichlid fishes? Evidence from stable isotope signatures. **Ecology Letters**, v. 2, p. 185–190, 1999.
- GERKING, S. D. **Feeding Ecology of Fish**. San Diego: Academic Press, 1994.
- GOIS, K.S. *et al.* Invasion of an Amazonian cichlid in the Upper Paraná River: facilitation by dams and decline of a phylogenetically related species. **Hydrobiologia**, v. 746, n. 1, p. 401–413, 2015.
- GONZALEZ-SILVERA, D. *et al.* Mediterranean fouling communities assimilate the organic matter derived from coastal fish farms as a new trophic resource. **Marine Pollution Bulletin**, [s. l.], v. 91, n. 1, p. 45–53, 2015.
- GYALOG, G.; CUBILLOS TOVAR, J.P.; BÉKEFI, E. Desenvolvimento da Aquicultura de Água Doce na UE e na América Latina: Insight sobre Tendências de Produção e Dotação de Recursos. **Sustentabilidade 2022**, v. 14, p. 6443, 2022.
- HENRY-SILVA, G. G. *et al.* Economic, social, and environmental assessment of farming Nile tilapia in net-cages in a reservoir in hot semi-arid region during an extended drought event. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 29, n. 52, p. 78768–78779, 2022.
- HU, Z.; *et al.* A comparison of methane emissions following rice paddies conversion to crab-fish farming wetlands in southeast China. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 23, p. 1505–1515, 2016.
- HYSLOP, E. J. Stomach contents analysis: a review of methods and their application. **Journal of Fish Biology**, v. 17, p. 411–429, 1980.
- IBGE. Produção de pecuária municipal 2021. **Produção de pecuária municipal**, v. 49, p. 1–12, 2021.
- IZQUIERDO-GÓMEZ, D. *et al.* Exportation of excess feed from Mediterranean fish farms to local fisheries through different targeted fish species. **ICES Journal of Marine Science**, v. 72, n. 3, p. 930–938, 2015.

- KAYA, D.; PULATSÜ, S. Sediment-focused environmental impact of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1972) cage farms: Almus reservoir (Tokat). **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 17, p. 345–352, 2017.
- KELLY, L. J.; MARTÍNEZ DEL RIO, C. M. The fate of carbon in growing fish: An experimental study of isotopic routing. **Physiological and Biochemical Zoology**, [s. l.], v. 83, n. 3, p. 473–480, 2010.
- KLIEMANN, B. C. K. *et al.* Dietary changes and histophysiological responses of a wild fish (*Geophagus cf. proximus*) under the influence of tilapia cage farm. **Fisheries Research**, v. 204, p. 337–347, 2018.
- KLIEMANN, B.C.K. *et al.* Do cage fish farms promote interference in the trophic niche of wild fish in neotropical reservoir?. **Fisheries Research**, v. 248, p. 106198, 2022.
- LUCINDA, P. H. F.; LUCENA, C. A. S.; ASSIS, N. C. Zootaxa, Two new species of cichlid fish genus *Geophagus* Heckel from the Rio Tocantins. **Zootaxa**, [s. l.], v. 42, n. April, p. 29–42, 2010.
- MARTINELLI, L. A. *et al.* **Desvendando questões ambientais com isótopos estáveis**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.
- MOMMSEN, T.P. Paradigms of growth in fish. Comparative biochemistry and physiology. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry & Molecular Biology**, v. 129, p. 207–219, 2001.
- MONTANHINI NETO, R.; OSTRENSKY, A. Nutrient load estimation in the waste of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) reared in cages in tropical climate conditions. **Aquaculture Research**, v. 46, n. 6, p. 1309-1322, 2015.
- NEVES, M. P. *et al.* Carnivory during Ontogeny of the *Plagioscion squamosissimus* : A successful non-native fish in a lentic environment of the Upper Paraná River Basin. **PLoS ONE**, [s. l.], v. 10, n. 11, p. 1–15, 2015.
- NOBILE, A. B. *et al.* Status and recommendations for sustainable freshwater aquaculture in Brazil. **Reviews in Aquaculture**, v. 12, n. 3, p. 1495–1517, 2020.
- NUNES, A. I. P.; ROCHA, I. P. Overview and latest developments in shrimp and tilapia aquaculture in Northeast Brazil. **World Aquaculture**, v. 46, p. 10–17, 2015.
- OTA, R. R. *et al.* Peixes da planície de inundação do alto rio Paraná e áreas adjacentes: revised, annotated and updated. **Neotropical Ichthyology**, v. 16, n. 2, p. 1–111, 2018.
- ORLANDI-NETO, A. *et al.* Structure and composition of ichthyofauna associated with cage fish farming and compared to a control area after severe drought in a Neotropical reservoir. **Neotropical Ichthyology**, v. 20, n. 3, p. e210141, 2022.
- PARK, H. J. *et al.* Trophic structure in a pilot system for the integrated multi-trophic aquaculture off the east coast of Korean peninsula as determined by stable isotopes. **Marine Pollution Bulletin**, v. 95, n. 1, p. 207-214, 2015.
- PEIXEBR, 2022. **Anuário Peixe BR da Piscicultura 2022**. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario2022/>. Acesso em 11 de julho de 2022.
- PETERSON, B. J.; FRY, B. Stable isotopes in ecosystem studies. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 18, p. 293–320, 1987.
- QUEIROZ-SOUSA, J. *et al.* Biology, ecology and biogeography of the South American silver croaker, an important Neotropical fish species in South America. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, [s. l.], v. 28, n. 4, p. 693–714, 2018.
- QUEVEDO, M.; SVANBACK, R.; EKLOV, P. Intrapopulation niche partitioning in a generalist predator limits food web connectivity. **Ecology**, v. 90, p. 2263–2274, 2009.
- RAMOS, I. P. *et al.* Interference of cage fish farm on diet, condition factor and numeric abundance on wild fish in a Neotropical reservoir. **Aquaculture**, v. 414, p. 56–62, 2013.

- RAMOS, I.P.; VIDOTTO-MAGNONI, A.P.; CARVALHO, E.D. Influence of cage fish farming on the diet of dominant fish species of a Brazilian reservoir (Tietê River, High Paraná River basin). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 20, n. 3, p. 245-252, 2008.
- RAMOS, J. K. K. *et al.* Characterization of wild fish diet and trophic guild in a protected area. **Acta Limnologica Brasiliensia**, [s. l.], v. 34, 2022.
- RIBEIRO, P. A. P. *et al.* **Manejo nutricional e alimentar de peixes de água doce**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2012.
- SANTOS, G.M.; FERREIRA, E.J.G.; ZUANON, J.A.S. **Peixes Comerciais de Manaus**. 1st. ed. Manaus: Editora INPA, 2006.
- SCHULTER, E. P.; VIEIRA FILHO, J. E. R. **Evolução da piscicultura no brasil: diagnóstico e desenvolvimento da cadeia produtiva de tilápia**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2017.
- SHIOGIRI, N. S. *et al.* Acute exposure of a glyphosate-based herbicide affects the gills and liver of the Neotropical fish, *Piaractus mesopotamicus*. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 34, p. 388–396, 2012.
- VALENTI, W. C. *et al.* Aquaculture in Brazil: past, present and future. **Aquaculture Reports**, v. 19, p. 100611, 2021.
- VAROL, M. Impacts of cage fish farms in a large reservoir on water and sediment chemistry. **Environmental Pollution**, v. 252, p. 1448–1454, 2019.
- VIZZINI, S.; MAZZOLA, A. Stable isotope evidence for the environmental impact of a land-based fish farm in the western Mediterranean. **Marine Pollution Bulletin**, v. 49, n. 1-2, 61-70, 2004.
- XIONG, W. *et al.* Tilapia introduction in China: Economic boom in aquaculture versus ecological threats to ecosystems. **Reviews in Aquaculture**, v. 15, p. 179-197, 2022.
- YANCHEVA, V. *et al.* Histological biomarkers in fish as a tool in ecological risk assessment and monitoring programs: a review. **Applied Ecology and Environmental Research**, v. 14, p. 47–75, 2016.

Capítulo 1

Influências de pisciculturas em tanques-rede na ecologia trófica de peixes silvestres onívoro e carnívoro: evidências a partir do conteúdo estomacal e isótopos estáveis

Resumo

A influência das pisciculturas em tanques-rede é relatada em diversos estudos, com as espécies de peixes onívoras sendo diretamente afetadas pelo consumo da ração, enquanto que espécies carnívoras são influenciadas devido a atratividade de peixes-presa por esses sistemas de cultivo. Abordagens integradas combinando análise do conteúdo estomacal e isótopos estáveis de C e N fornecem respostas consistentes sobre a ecologia trófica das espécies. Assim, o presente estudo avaliou as influências de pisciculturas em tanques-rede (criação de *Oreochromis niloticus*) na alimentação de *Geophagus sveni* e *Plagioscion squamosissimus* por meio de análises do conteúdo estomacal e isótopos estáveis de C e N. Para isso, foram realizadas quatro coletas (abril/2019, junho/2019, agosto/2021 e março/2022), em locais com (TR) e sem (CT) a presença de pisciculturas em tanques-rede em um reservatório Neotropical. Para as análises dos dados, os meses de coleta abril/2019 e junho/2019 foram agrupados em Ano 1 e agosto/2021 e março/2022 em ano 2. Foram observadas variações espaço-temporais no consumo de recursos alimentares para ambas as espécies. *Geophagus sveni* consumiu principalmente Gastropoda, Decapoda, vegetal terrestre, detrito sedimento e larva de Diptera nos locais CT e ração, detrito sedimento, detrito orgânico, Bivalvia, Gastropoda e vegetal aquático nos locais TR. Já *P. squamosissimus* consumiu principalmente peixes e Decapoda em todos os locais, mas com maiores porcentagens nos locais TR. No entanto, as análises de isótopos estáveis demonstraram que, além dos recursos alimentares naturais, ocorreu assimilação de ração em todos os locais e anos de amostragem para ambas as espécies. Tais resultados indicam que essas espécies podem estar se movimentando entre áreas com e sem tanques-rede para se alimentar, justificando a assimilação de ração, por meio de consumo direto e/ou transferência via níveis tróficos. Ainda, os tanques-rede além de influenciarem a abundância dos peixes, também alteram a ingestão e assimilação de recursos com possíveis consequências nas teias tróficas. Diante disso, as abordagens aqui avaliadas foram eficazes em demonstrar que a ração perdida para o ambiente aquático interfere na alimentação de peixes silvestres indicando que a intensificação dos tanques-rede pode acarretar impactos crescentes sobre a estrutura trófica da ictiofauna local, além de perdas econômicas para os piscicultores com o excessivo desperdício de ração. Os resultados aqui observados podem ainda fornecer informações aos piscicultores sobre as consequências da perda de matéria orgânica para o ambiente aquático, como parâmetro para medidas mitigadoras a fim de reduzir o aporte de matéria orgânica.

Palavras-chave: aquicultura, *Geophagus sveni*, *Plagioscion squamosissimus*, reservatório Neotropical, dieta, consumo, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, posição trófica, nicho isotópico, assimilação.

Abstract

The influence of cage fish farms is reported in several studies, with omnivorous fish species being directly affected by pelleted feed consumption, while carnivorous species are influenced due to the attractiveness of prey fish to these culture systems. Integrated approaches combining stomach content analysis and stable C and N isotopes provide consistent answers about the trophic ecology of species. Thus, the present study evaluated the influences of cage fish farms

(*Oreochromis niloticus*) on the diet of *Geophagus sveni* and *Plagioscion squamosissimus* by means of stomach contents and stable C and N isotope analysis. To this end, four collections were performed (April/2019, June/2019, August/2021 and March/2022), at sites with (TR) and without (CT) the presence of cage fish farms in a Neotropical reservoir. For data analyses, the collection months April/2019 and June/2019 were grouped into Year 1 and August/2021 and March/2022 into Year 2. Spatio-temporal variations in food resource consumption were observed for both species. *Geophagus sveni* mainly consumed Gastropoda, Decapoda, terrestrial vegetable, sediment detritus and Diptera larvae at CT sites and pelleted feed, sediment detritus, organic detritus, Bivalvia, Gastropoda and aquatic vegetable at TR sites. *Plagioscion squamosissimus* consumed mainly fish and Decapoda at all sites, but with higher percentages at the TR sites. However, stable isotope analyses showed that in addition to natural food resources, pelleted feed assimilation occurred at all sites and sampling years for both species. These results indicate that these species may be moving between areas with and without fish farms to pelleted feed, justifying the pelleted feed assimilation, through direct consumption and/or transfer via trophic levels. Furthermore, fish farms not only influence the abundance of fish, but also alter the intake and assimilation of resources with possible consequences on trophic webs. Therefore, the approaches evaluated here were effective in demonstrating that the pelleted feed lost to the aquatic environment interferes with wild fish feeding, indicating that the intensification of cage fish farms can lead to increasing impacts on the trophic structure of local ichthyofauna, besides economic losses for fish farmers due to excessive pelleted feed waste. The results observed here can also provide information to fish farmers about the consequences of the loss of organic matter to the aquatic environment, as a parameter for mitigating measures to reduce the input of organic matter.

Keywords: aquaculture, ichthyofauna, Neotropical reservoir, diet, consumption, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, trophic position, isotopic niche, assimilation

Introdução

As influências das pisciculturas em tanques-rede são relatadas para ambientes marinho e de água doce (BARRETT; SWEARER; DEMPSTER, 2018). Introdução de espécies, proliferação de doenças, entrada de matéria orgânica, interferências na alimentação de peixes silvestres e estrutura trófica da ictiofauna são algumas das principais alterações desse modelo de cultivo (BARRETT; SWEARER; DEMPSTER, 2018; DA SILVA CACHO; TEIXEIRA DE MOURA; HENRY-SILVA, 2020; KLIEMANN *et al.*, 2022; NOBILE *et al.*, 2018). Dentre essas interferências, o consumo da ração perdida para o ambiente aquático por peixes onívoros indica diretamente a entrada de matéria orgânica no ambiente. Contudo, informações sobre a assimilação efetiva da ração consumida por esses peixes onívoros e por espécies de outros níveis tróficos e a magnitude dessa influência ainda são escassas.

Mudanças na alimentação da ictiofauna silvestre (BRANDÃO *et al.*, 2013, 2014; KLIEMANN *et al.*, 2018, 2022; RAMOS, I. *et al.*, 2008, 2013; RAMOS, J. *et al.*, 2022) têm sido avaliadas por meio da quantificação do conteúdo estomacal, a qual fornece um panorama instantâneo da dieta (BENEDITTO *et al.*, 2013; HYSLOP, 1980; PARK *et al.*, 2015). Como

alternativa para avaliar padrões alimentares ao longo do tempo, isótopos estáveis de C e N são comumente utilizados (MARTINELLI *et al.*, 2009). Enquanto as análises do conteúdo estomacal fornecem informações sobre o tamanho e taxonomia do recurso alimentar, os isótopos estáveis do tecido muscular fornecem a assimilação efetiva e os hábitos alimentares ao longo de semanas a meses, bem como a posição trófica dos consumidores (DAVIS *et al.*, 2012). Dessa forma, abordagens integradas, combinando análise do conteúdo estomacal e isótopos estáveis, fornecem respostas consistentes sobre a ecologia trófica de quaisquer categorias de peixes (BEARHOP *et al.*, 2004; GENNER *et al.*, 1999; QUEVEDO; SVANBÄCK; EKLÖAV, 2009).

A partir dos isótopos estáveis de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$, a matéria orgânica proveniente dos tanques de cultivo pode ser identificada e rastreada por meio da alimentação dos peixes silvestres, uma vez que apresenta valores isotópicos diferentes dos recursos alimentares naturais (VIZZINI; MAZZOLA, 2004). Enquanto $\delta^{13}\text{C}$ demonstra a fonte de carbono da dieta (vegetal ou animal, terrestre ou aquática), $\delta^{15}\text{N}$ pode ser usado para estimar o nível trófico dos consumidores e a assimilação relativa dos alimentos ao longo do tempo (DENIRO; EPSTEIN, 1981; FRY, 2006; PETERSON; FRY, 1987). Além disso, $\delta^{15}\text{N}$ pode indicar altos teores de proteínas na dieta uma vez que há relação positiva entre o teor de proteína e o enriquecimento de ^{15}N do tecido do consumidor (KELLY; MARTÍNEZ DEL RIO, 2010). Assim, essa abordagem pode indicar o consumo e assimilação de ração proveniente dos tanques de cultivo, um recurso alimentar altamente proteico.

Dentre os peixes silvestres sob influência dos tanques-rede, estudos relataram que os de hábito alimentar onívoro são diretamente influenciadas devido ao consumo *in situ* da ração excedente dos tanques (KLIEMANN *et al.*, 2022; NOBILE *et al.*, 2020; RAMOS *et al.*, 2022). Os carnívoros, por sua vez, são influenciados indiretamente devido ao potencial atrativo de peixes-presa e outros organismos aquáticos dos tanques de cultivo (BRANDÃO *et al.*, 2013; KLIEMANN *et al.*, 2022; RAMOS *et al.*, 2013). Esse potencial atrativo se deve a matéria orgânica perdida para o ambiente aquático que atrai peixes e outros organismos que se alimentam dessa matéria orgânica (KLIEMANN *et al.*, 2022; NOBILE *et al.*, 2020). Adicionalmente a esse favorecimento devido à alta abundância de peixes-presa e organismos aquáticos no entorno dos tanques-rede, o aproveitamento dos recursos energéticos da ração por espécies carnívoras foram apontadas em estudos anteriores. Gonzalez-Silvera *et al.* (2015) e Kliemann *et al.* (2022) sugeriram influências sobre as espécies carnívoras devido a transferência de energia entre os níveis tróficos. Contudo, essas influências ainda não tinham sido testadas.

Como representantes da ictiofauna onívora e carnívora, *Geophagus sveni* Lucinda, Lucena & Assis, 2010 e *Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840), respectivamente, são as espécies mais abundantes na bacia do rio Paraná associadas a pisciculturas em tanques-rede (ORLANDI-NETO *et al.*, 2022). *Geophagus sveni* (Cichliformes: Cichlidae) é nativa da bacia do rio Tocantins (LUCINDA; LUCENA; ASSIS, 2010) e foi introduzida na bacia do alto rio Paraná, principalmente devido ao aquarismo (OTA *et al.*, 2018). Apresenta comportamento generalista, o que favorece o consumo de recursos excedentes de pisciculturas em tanques-rede, conforme observado por Kliemann *et al.* (2018, 2022). *Plagioscion squamosissimus* (Acanthuriformes: Sciaenidae) é nativa da bacia Amazônica (DOS SANTOS *et al.*, 2014) e sua introdução na bacia do rio Paraná está relacionada à sua importância econômica (OTA *et al.*, 2018). Essa espécie pode realizar pequenas migrações para reprodução (GRAÇA; PAVANELLI, 2007) e alimenta principalmente de peixes e camarões (NEVES *et al.*, 2015; QUEIROZ-SOUSA *et al.*, 2018). Assim, indivíduos de *P. squamosissimus* são atraídos para o entorno dos tanques-rede devido à maior abundância de peixes e organismos presas, como camarão (GONZALEZ-SILVERA *et al.*, 2015; ORLANDI-NETO *et al.*, 2022).

Considerando as lacunas apresentadas relacionadas à assimilação efetiva da ração consumida por peixes onívoros e por espécies de outros níveis tróficos e a magnitude dessa influência, o presente estudo avaliou as influências de pisciculturas em tanques-rede na dieta e assimilação de recursos alimentares por *G. sveni* e *P. squamosissimus*. Por meio de análises do conteúdo estomacal e isótopos estáveis de C e N, testou-se a hipótese de que os tanques-rede promovem mudanças para ambas as espécies: 1) na alimentação e amplitude de nicho trófico; 2) na composição isotópica e amplitude de nicho isotópico dos consumidores; 3) na assimilação dos recursos alimentares; e 4) na posição trófica. Avaliou-se também se ocorre assimilação de ração em áreas onde não há a presença de pisciculturas em tanques-rede.

Baseado em estudos anteriores que relataram o consumo de ração e as possíveis transferências de energia entre os níveis tróficos (GONZALEZ-SILVERA *et al.*, 2015; KLIEMANN *et al.*, 2022), espera-se observar que em áreas onde há tanques-rede em operação ocorra: i) consumo e assimilação de ração por *G. sveni*; ii) maior amplitude de nicho trófico e isotópico; iii) assimilação de ração devido ao consumo de organismos que assimilam ração, e menor amplitude de nicho trófico e isotópico para *P. squamosissimus*. Além disso, devido as relações apontadas por Kelly; Martinez del Rio, 2015 entre ^{15}N e proteína da dieta espera-se observar: iv) valores maiores de $\delta^{15}\text{N}$ no tecido dos consumidores que assimilarem ração; e v) posição trófica maior para a espécie onívora e locais onde assimilar ração em comparação a locais onde não ocorrer essa assimilação.

Material e métodos

Área de estudo

A área de estudo localiza-se na ecorregião do Alto Paraná, que inclui a bacia de drenagem do Alto Rio Paraná e seus afluentes acima das antigas Cataratas do Guaíra (Salto de Sete Quedas) (ABELL et al., 2008; HALES; PETRY, 2019; Figura 1). Os locais de amostragem estão localizados em braços do reservatório de Ilha Solteira, do tipo bacia de acumulação, formado pelo represamento do rio Paraná, que se forma na confluência dos rios Grande e Paranaíba, entre os estados de Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e São Paulo (Figura 1). Apresenta área de 1.195 km², profundidade média de 17,6 m, volume máximo de 21,06 x 10⁹ m³ e tempo de residência de 46,7 dias (GARCIA et al., 2014). O referido reservatório apresenta aproximadamente 72 empreendimentos aquícolas, atuando no cultivo de *Oreochromis niloticus* em tanques-rede (CARMO et al., 2021).

Os locais de amostragem consistiram em três pisciculturas em tanques-rede, TR1, TR2 e TR3, e dois locais localizados a montante das pisciculturas, CT1 e CT2, no reservatório de Ilha Solteira (Figura 1). CT1 encontra-se aproximadamente 11 km a montante de TR1 e 31 km a montante de TR2, enquanto CT2 está a 30 km a montante de TR3. Apesar dos locais CT1 e CT2 estarem localizados em áreas sem a presença dos tanques-rede, algumas pisciculturas (PISC) iniciaram operação perto desses locais após o início das coletas (informação pessoal). Dois empreendimentos estão a montante e um a jusante de CT1 com distância aproximada de 11 (PISC1), 17 (PISC2) e 6 km (PISC3) (Figura 1). Em relação a CT2 há dois empreendimentos a jusante com distância aproximada de 12 (PISC4) e 27 km (PISC5) (Figura 1).

Amostragens

O período de coleta compreendeu os meses de abril e julho de 2019, agosto de 2021 e março de 2022, abrangendo os períodos seco (julho/2019 e agosto/2021) e chuvoso (abril/2019 e março/2022). Os períodos de coleta seco e chuvoso foram determinados considerando as temperaturas nesses períodos, uma vez que na região da área de estudo, períodos chuvosos apresentam maiores temperaturas (~26,47°C) e períodos secos, menores temperaturas (~23,35°C) (PORTINHO et al., 2021). A temperatura foi considerada devido seu efeito sobre o metabolismo e influência na taxa de conversão alimentar dos peixes de cultivo (Figura S1). A taxa de conversão está relacionada com a quantidade de ração fornecida, massa do peixe e a temperatura da água que influencia a atividade metabólica dos peixes em cultivo (RIBEIRO et al., 2012). Assim, a quantidade de ração fornecida aos peixes de cultivo diminui em períodos com menor temperatura, o que reflete na quantidade de ração perdida para o ambiente aquático.

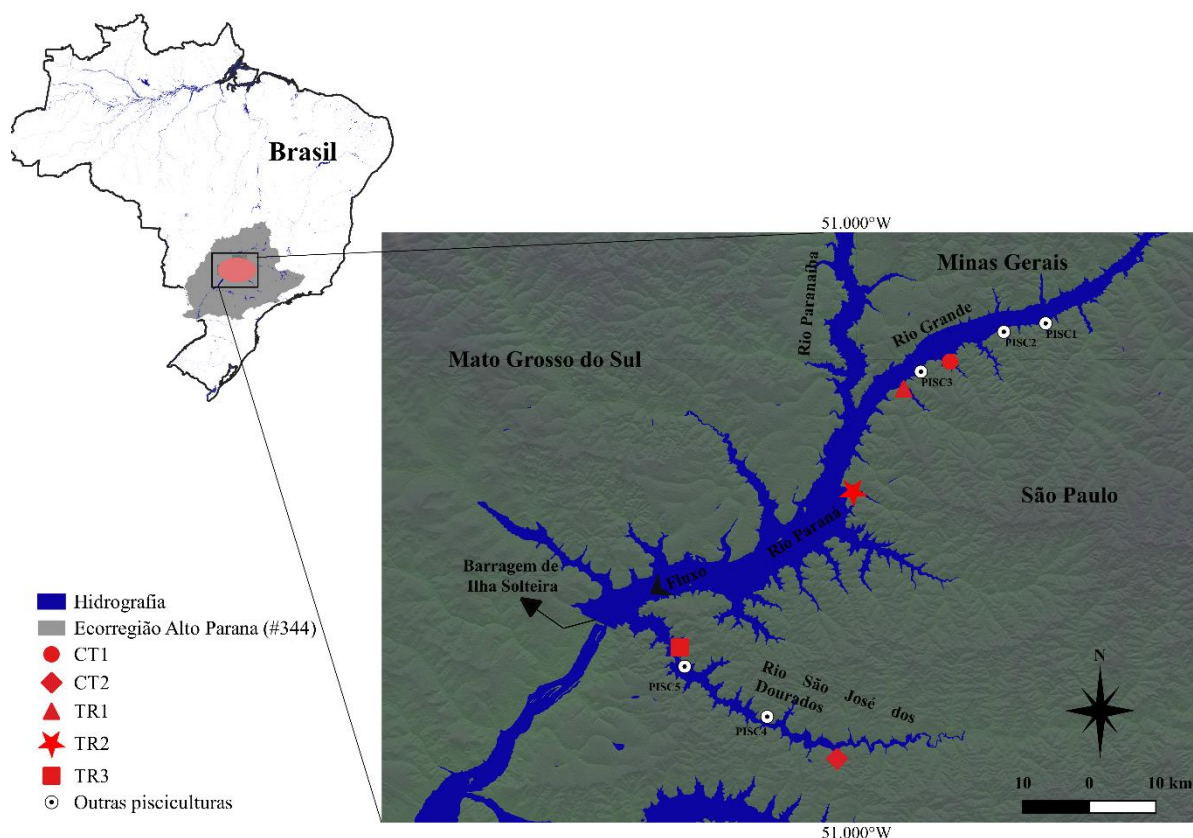


Figura 1. Área de estudo: locais de amostragem em áreas com piscicultura em tanques-rede (TR1, TR2, TR3) e áreas a montante das piscicultura sem a presença desses empreendimentos (CT1 e CT2) no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná, São Paulo, Brasil. CT1 - 20° 0'13.71"S; 50°51'58.94"O; CT2 - 20°34'24.57"S; 51° 1'36.41"O; TR1 - 20° 2'33.62"S; 50°55'57.60"O; TR2 - 20°11'17.68"S; 51° 0'19.50"O; TR3 - 20°24'57.36"S; 51°15'19.71"O. “Dados raster obtidos da EMBRAPA, acessado em 24 de julho de 2022. <https://www.cnpem.embrapa.br/projetos/relevobr/download/pr/pr.htm>”.

Amostragens e análises laboratoriais

Ictiofauna

A coleta da ictiofauna foi realizada com redes de emalhar (3–16 cm entre nós não-adjacentes) expostas por aproximadamente 14 h (entre 17h e 7h) (Licença permanente SISBio 64763-1 a 4, CEUA 006/2019; SisGen A908D5F) em todos os locais de amostragem. Depois de coletados, foram mensurados o comprimento padrão (cm) e massa total (g) dos exemplares de *G. sveni* e *P. squamosissimus*. Espécimes testemunhos foram tombados na Coleção de Peixes da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - São José do Rio Preto, SP (*G. sveni* DZSJRP 21365 e *P. squamosissimus* DZSJRP 21369).

Conteúdo estomacal

O trato gastrointestinal de todos os exemplares de *G. sveni* e os estômagos de *P. squamosissimus* foram removidos, fixados (solução formol 4%) e conservados (álcool 70%). Em laboratório, os conteúdos estomacais (*P. squamosissimus*) e intestinais (*G. sveni*) foram examinados sob estereomicroscópio óptico e os itens alimentares identificados até o menor nível taxonômico possível, por meio de chaves de identificação como Bicudo; Bicudo (1970), Mugnai; Nessimian; Baptista (2010) e Ota *et al* (2018). Os itens alimentares foram quantificados de acordo com o método volumétrico, que consiste na quantificação do volume de cada item medido em dispositivo de medição graduado (HYSLOP, 1980). Para tanto, foram utilizadas uma placa de Petri quadriculada e uma barra de metal (para itens alimentares pequenos) e um béquer graduado (para itens alimentares maiores), onde o espaço ocupado e o volume deslocado do líquido no béquer correspondem o volume em ml (HELLAWELL; ABEL, 1971).

Isótopos estáveis

Para as análises de isótopos estáveis de ^{13}C e ^{15}N foram coletadas amostras de músculo dos consumidores e os potenciais recursos alimentares no ambiente (baseado em análise do conteúdo estomacal relatado por KLIEMANN *et al.*, 2022) em cada local e mês de amostragem. Os consumidores consistiram em cinco exemplares adultos de *G. sveni* (CT-Ano1: $16,8 \pm 3,0$ cm; CT-Ano2: $15,5 \pm 1,8$ cm; TR-Ano1: $14,4 \pm 2,4$ cm; TR-Ano2: $15,8 \pm 3,3$ cm) e de *P. squamosissimus* (CT-Ano1: $25,8 \pm 3,9$ cm; CT-Ano2: $21,3 \pm 4,2$ cm; TR-Ano1: $24,8 \pm 2,9$ cm; TR-Ano2: $26,6 \pm 5,5$ cm). Os potenciais recursos alimentares amostrados foram invertebrados terrestres, vegetal terrestre, algas filamentosas, macrófitas C3 e C4, fezes bovinas e de capivara e matéria orgânica particulada grossa (MOPG) coletados com a utilização de pinças. Invertebrados aquáticos e pequenos peixes amostrados utilizando peneira junto aos bancos de macrófitas como também utilizando redes de emalhar. Sedimento que foram retiradas utilizando um cano de sucção em áreas próximas às margens do rio e perifíton amostrado de pedras e estruturas das pisciculturas como cordas, redes e boias. Também foi coletada matéria orgânica particulada fina (MOPF) por meio da filtração de água (três litros por local de coleta) utilizando bomba a vácuo e filtros de fibra de vidro Millipore de 45 microns previamente calcinados. Por fim, ração que foi obtida junto ao proprietário de cada empreendimento aquícola. Imediatamente após a coleta todas as amostras foram armazenadas e congeladas.

Em laboratório as amostras de tecido muscular dos peixes foram liofilizadas até atingir massa assintótica e os outros recursos alimentares foram mantidos em estufa a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 48 h. Em seguida, todas as amostras foram moídas até pó fino e homogêneo e $0,8$ a $1,2$ mg de

tecido animal seco, 2,3 a 2,7 mg de tecido vegetal e 30 mg de sedimento foram encapsulados em cápsulas de estanho. Os filtros, contendo a MOPF, também foram mantidos em estufa a 60 °C até a secagem total e depois foram embalados para o transporte. Posteriormente, todas as amostras foram enviadas ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA) da Universidade de São Paulo, Brasil onde foram processadas em um sistema de espectrômetro de massa no modo de fluxo contínuo (CF-IRMS) com um analisador elementar Carlo Erba (CHN 1110), acoplado a um espectrômetro de massa Delta Plus (*Thermo Scientific*).

Variáveis físicas e químicas da água

Em cada local foram determinados nove pontos para avaliação *in situ* das seguintes variáveis físico-químicas da água: sólidos totais dissolvidos (g/L), oxigênio dissolvido (mg/L), temperatura (°C), condutividade elétrica (mS/cm), pH e transparência (m). Para estabelecimento desses pontos foi feito um quadrante (3-3-3), com distância aproximada de 50 m entre pontos. Em cada ponto as variáveis foram mensuradas com sonda Horiba U-53 e transparência com disco de Secchi.

Análise dos dados

Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o *software* R (R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria) e o nível de significância adotado foi de $p < 0,05$.

Conteúdo estomacal

Para verificar quais as variáveis (local, período sazonal e ano de amostragem) melhor explicaram a alimentação das duas espécies, os dados de volume dos itens alimentares foram submetidos a modelos lineares ajustados à randomização residual em processos de permutação (MLRRPP), utilizando a função “lm.rpp” do pacote RRPP (COLLYER; ADAMS, 2018; 2019). MLRRPP avaliou os efeitos das variáveis explicativas local de amostragem (efeito fixo) e o período sazonal (efeito fixo) na alimentação (variável resposta) considerando os anos de coleta como efeito aleatório. Para isso, os dados foram submetidos à transformação Hellinger antes do cálculo das distâncias Euclidianas. MLRRPP demonstrou que a dieta das espécies possuiu maior variação entre os anos do que entre os períodos sazonais (Tabela S1). Assim, os meses de coleta abril e julho (2019) foram considerados como réplicas do ano 1 e agosto (2021) e março (2022) como réplicas do ano 2, e então considerados como a variável ano de amostragem.

Para avaliar se houve à influência dos tanques-rede na alimentação das duas espécies, MLRRPPs foram performados avaliando os efeitos das variáveis explicativas local e ano de amostragem (efeitos fixos) na alimentação (variável resposta). Os modelos com interação e sem

interação entre fatores de efeito fixo foram comparados utilizando análise de variância ANOVA com auxílio da função “*anova.lm.rpp*” do pacote RRPP (COLLYER; ADAMS, 2018; 2019). O resultado dessa ANOVA foi utilizado para selecionar o melhor modelo (COLLYER; ADAMS, 2018): Para *G. sveni* foi selecionado o modelo com interação e para *P. squamosissimus* sem interação entre local e ano. Além disso, para verificar quais os coeficientes dos modelos individuais têm maior efeito sobre as mudanças na dieta foram retornados os valores dos coeficientes utilizando a função “*coef*” do pacote RRPP (COLLYER; ADAMS, 2018). Por fim, as diferenças entre as médias dos mínimos quadrados foram testadas par a par utilizando a função “*pairwise*” do pacote RRPP (COLLYER; ADAMS, 2018).

Para verificar a contribuição de cada item alimentar para as diferenças entre os locais e anos de amostragem para ambas as espécies (no caso de efeitos significativos das variáveis explicativas em MLRRPP), e se o consumo de ração foi responsável por essa diferença, a análise de porcentagem de similaridade (SIMPER global; CLARKE, 1993) foi aplicada. Para isso utilizou-se os dados de alimentação (volume bruto) (distância de *Bray-Curtis*) com auxílio da função “*simper*” e pacote *vegan* (OKSANEN *et al.*, 2022).

Para observar se o consumo de ração por *Geophagus sveni* (caso isso seja observado) interferiu no consumo de outros itens alimentares, foi aplicada uma análise escalonada multidimensional não-métrica (nMDS; KRUSKAL, 1964). Os dados de volume bruto dos itens alimentares foram submetidos à transformação de Hellinger (LEGENDRE; GALLAGHER, 2001; RAO, 1995) e uma matriz de distância euclidiana foi computada para melhorar a qualidade de ajuste da regressão monotônica para os dados, diminuindo o valor de estresse (< 0,20) (LEGENDRE; LEGENDRE, 1998). A nMDS foi aplicada usando as funções “*monoMDS*” e pacote *Vegan* (OKSANEN *et al.*, 2022). Os itens alimentares relacionados aos locais e anos de amostragem foram selecionados considerando os valores significativos testados na análise permutacional usando a função “*envfit*” do pacote *vegan* (OKSANEN *et al.*, 2022). Assim, os itens alimentares indicados no gráfico foram os mais importantes para a ordenação observada.

Para avaliar a amplitude de nicho trófico para cada espécie entre os locais e anos de amostragem, uma análise de permutação de dispersões multivariadas (PERMDISP) foi aplicada ao conjunto de dados de dieta (volume bruto). Essa análise foi realizada com auxílio da função “*betadisper*” do pacote *vegan* (OKSANEN *et al.*, 2022). PERMDISP mede a distância de cada indivíduo à mediana multivariada de seu grupo e avalia diferenças de distância à mediana espacial entre os grupos (ANDERSON, 2006). Neste caso, a mediana da distância do centroide (D) correspondeu à largura média do nicho trófico e foi calculada usando a medida de

dissimilaridade de *Bray-Curtis*, que permite a comparação da dissimilaridade média em n observações individuais dentro do grupo. ANOVA permutacional foi aplicada utilizando a função “*permutest.betadisper*” do pacote *vegan*, aos resultados da PERMDISP para comparar a distância média de cada amostra com a média do grupo (999 permutações dos resíduos dos mínimos quadrados; ANDERSON, 2006). Comparações par a par foram feitas pelo pós-teste de Tukey, utilizando a função “*TukeyHSD.betadisper*” do pacote *vegan* (OKSANEN *et al.*, 2022), para avaliar a significância das diferenças entre pares de médias de grupos (CRAWLEY, 2007).

Isótopos estáveis

Todos os valores fornecidos pelo espectrofotômetro de massa foram apresentados usando a notação delta, que representa o desvio das razões de isótopos estáveis ($^{13}\text{C}:^{12}\text{C}$ e $^{15}\text{N}:^{14}\text{N}$) de padrões universais: para o ^{13}C é o *Peedee Belemnite* (PDB) e para ^{15}N , o ar atmosférico (NO_2) (BARRIE; PROSSER, 1996; DUCCATI *et al.*, 2007). Os resultados foram expressos como diferença relativa dos padrões de referência internacionais, na notação delta ($\delta\text{‰}$), e calculados usando a seguinte fórmula:

$$\delta X = [(R_{\text{amostra}}/R_{\text{padrão}}) - 1] \times 10^3$$

Onde: X é ^{13}C ou ^{15}N ; R_{amostra} é a razão isotópica $^{13}\text{C}:^{12}\text{C}$ ou $^{15}\text{N}:^{14}\text{N}$ e $R_{\text{padrão}}$ é o padrão utilizado (DUCCATI *et al.*, 2007).

Quando a razão C:N é maior que 3,5 faz-se necessária a normalização lipídica da composição isotópica de ^{13}C (MINTENBECK *et al.*, 2008), uma vez que o conteúdo lipídico tem o potencial de enviesar as análises de isótopos estáveis que usam $\delta^{13}\text{C}$ (POST *et al.*, 2007). Observou-se no presente estudo valores da razão C:N maiores que 3,5, dessa forma, aplicou-se modelos de normalização lipídica desenvolvidos por Post *et al.* (2007) aos valores de ^{13}C dos consumidores e dos recursos alimentares. Assim, os valores de ^{13}C utilizados nas análises constituem valores corrigidos para lipídios.

A variação na composição isotópica dos consumidores de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$, entre os locais (CT1, CT2, TR1, TR2, TR3) e períodos de amostragem (chuvoso e seco), foi testada inicialmente por meio de Análise de Variância ANOVA ou *Kruskal-Wallis* (a depender dos pressupostos de normalidade e homoscedasticidade). Para isso, foram utilizadas as funções “*aov*” (ANOVA) ou “*kruskal.test*” (*Kruskal-Wallis*) do pacote *stats* (R CORE TEAM, 2022). Este teste é aplicado quando há uma variável independente e demais variáveis dependentes (SCHEFFE, 1953) para verificar a existência de diferenças entre as médias de três ou mais grupos ou condições, bem como a variância dentro de cada grupo (WITZ *et al.*, 1990). Nesse

caso, a variável independente consistiu nos locais e períodos de amostragem e as variáveis dependentes, as composições isotópicas de ^{13}C e ^{15}N . Com essa análise, observou-se que a composição isotópica dos consumidores não diferiu significativamente entre os períodos sazonais, com exceção de ^{15}N para *P. squamosissimus* (GS- ^{13}C : $\chi^2=0,0002$, $\text{df}=1$, $p=0,98$; ^{15}N : $\chi^2=48,6$; $\text{df}=4$, $p=7,2\text{e}^{-10}$ / PS- ^{13}C : $\text{Df}=1$, $F=0$; $p=0,99$; ^{15}N : $\chi^2=0,006$, $\text{df}=1$, $p=0,94$). Assim, da mesma forma que os dados de alimentação, os meses de coleta foram réplicas dos anos 1 (abril e julho de 2019) e 2 (agosto de 2021 e março de 2022), os quais foram considerados como a variável ano de amostragem.

A composição isotópica foi então testada entre os locais e anos de amostragem, utilizando ANOVA e *Kruskal-Wallis*. Nesse caso, as variáveis independentes consistiram nos locais e anos de amostragem e as variáveis dependentes, as composições isotópicas de ^{13}C e ^{15}N . Quando diferenças significativas foram observadas, comparações pareadas foram feitas usando o pós-teste de Tukey com auxílio da função “HSD.test” e pacote agricolae (DE MENDIRU, 2021), ou pós-teste de *Dunn* com auxílio da função “dunn.test” e pacotes dunn.test (DINNO, 2017) e FSA (OGLE *et al.*, 2022).

Para determinar a amplitude de nicho isotópico de *G. sveni* e *P. squamosissimus* em cada local e ano de amostragem foram calculadas áreas de elipse padrão (AEP - expresso em ‰) utilizando o pacote SIBER (JACKSON *et al.*, 2011). AEP representa o centro do nicho isotópico e o substituto para a riqueza e uniformidade dos recursos consumidos pela população (BEARHOP *et al.*, 2004). Uma pequena correção do tamanho da amostra (indicada pelo subscrito "c") foi aplicada à AEP para aumentar a precisão das comparações, permitindo comparações de populações de nichos com diferentes tamanhos de amostra (JACKSON *et al.*, 2011).

As assimilações dos recursos alimentares por *G. sveni* e *P. squamosissimus* foram calculadas utilizando modelos de mistura bayesianos (MOORE; SEMMENS, 2008; PARNELL *et al.*, 2010). Os modelos foram calculados separadamente para cada espécie em dois grupos e anos de amostragem (1 e 2). Os locais a montante das pisciculturas (CT1 e CT2) foram agrupados e nomeados como CT, e os locais das pisciculturas (TR1, TR2 e TR3), agrupados e nomeados como TR.

Para a aplicação desses modelos, primeiramente foi necessário agrupar os recursos alimentares, uma vez que o poder discriminatório dos modelos de mistura diminui quando mais de seis fontes alimentares são adicionadas (PHILLIPS *et al.*, 2014). Para isso, diferenças estatísticas entre os recursos alimentares foram avaliadas utilizando análise de variância ANOVA ou *Kruskal-Wallis* (dependendo dos pressupostos de normalidade e

homocedasticidade). A variável dependente foi a composição isotópica de ^{13}C e ^{15}N e a variável independente, os recursos alimentares. Quando diferenças significativas ($p < 0,05$) foram observadas, comparações pareadas foram feitas usando o pós-teste de *Tukey* e de *Dunn* para avaliar em quais grupos ocorreu esta diferenciação (DUNN, 1964). A partir desses resultados, foram agrupados os recursos alimentares que não apresentaram diferenças significativas na composição isotópica e que possuíam significado biológico para a espécie avaliada (Tabelas S2-S5). Dessa forma, os grupos de recursos alimentares para as duas espécies foram: ração, vegetal terrestre (inclui vegetal terrestre, MOPG e fezes bovinas e de capivara), vegetal aquático (inclui alga, macrófita e perifíton), organismo aquático (inclui MOPF, Decapoda, Gastropoda, Bivalvia e inseto aquático) e insetos terrestres. Além disso, sedimento compôs um grupo de recurso alimentar apenas para *G. sveni* e peixe (inclui peixes onívoros e carnívoros) apenas para *P. squamosissimus*. Ração não foi consumida em CT2 por *G. sveni* e em nenhum local por *P. squamosissimus*, no entanto, foi incluída aos modelos para avaliar se ocorre assimilação devido à transferência entre os níveis tróficos e/ou movimentação dos peixes entre os locais de amostragem.

Para calcular os fatores de discriminação isotópica (FD) dos grupos de recursos para CT e TR, nos anos 1 e 2, separadamente, foi utilizada a fórmula:

$$\Delta X = \delta X_{\text{tecido}} - \delta X_{\text{dieta}}$$

Onde: ΔX é a taxa discriminante obtida entre o tecido do consumidor e a dieta; e δX se trata da razão isotópica ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ou $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) de uma amostra a um elemento específico (C ou N) do tecido e da dieta (MARTINELLI *et al.*, 2009; PHILIPSEN; BENEDITO, 2013). FD é um fator importante para a assimilação dos recursos alimentares devido a influências externas que podem ocorrer nas composições isotópicas dos recursos alimentares e do consumidor (MARTINELLI *et al.*, 2009). Diante disso, o FD utilizado no modelo de mistura foi calculado a partir das concentrações isotópicas dos consumidores e recursos alimentares coletados na área de estudo (Tabela 1).

Tabela 1. Fator de discriminação isotópico ($\Delta\%$) estimado por meio da diferença entre a razão isotópica ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ou $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) do tecido do consumidor e dos recursos alimentares em cada grupo (CT – locais sem pisciculturas; TR – locais com pisciculturas) e ano (1 e 2) de amostragem. VEGA=vegetal aquático, VEGT=vegetal terrestre, RAC=ração, ORGA=organismo aquático, PEIX=peixe e INST=inseto terrestre.

<i>Geophagus sveni</i>								
	CT_Ano1		TR_Ano1		CT_Ano2		TR_Ano2	
	$\Delta^{13}\text{C} \%$	$\Delta^{15}\text{N} \%$	$\Delta^{13}\text{C} \%$	$\Delta^{15}\text{N} \%$	$\Delta^{13}\text{C} \%$	$\Delta^{15}\text{N} \%$	$\Delta^{13}\text{C} \%$	$\Delta^{15}\text{N} \%$
RAC	-7,3 $\pm$ 3,8	12,5 $\pm$ 1,6	-5,4 $\pm$ 2,3	5,9 $\pm$ 1,5	0,6 $\pm$ 3,7	11,3 $\pm$ 3,1	0,2 $\pm$ 2,4	8,7 $\pm$ 3,6
VEGT	4,3 $\pm$ 6,3	10,9 $\pm$ 1,2	-7,0 $\pm$ 4,0	1,7 $\pm$ 1,8	-14,6 $\pm$ 7,4	1,8 $\pm$ 2,8	-9,4 $\pm$ 6,5	4,0 $\pm$ 3,5

VEGA	-1,3±3,3	14,9±6,2	-1,8±3,0	4,6±4,4	0,4±4,3	9,3±6,8	0,2±3,3	10,6±8,5
ORGA	-4,2±3,9	4,4±1,1	0,9±3,8	1,6±1,7	-5,1±3,9	2,8±3,4	-3,1±3,5	3,6±4,1
INST	-3,9±7,7	9,6±2,4	-1,6±3,6	2,8±3,2	2,7±3,5	5,2±4,0	2,0±4,3	2,6±3,4
SED	-7,4±5,3	11,7±1,3	-6,3±5,7	4,0±3,0	-7,7±3,7	3,9±3,6	-5,3±2,6	5,2±3,3
<i>Plagioscion squamosissimus</i>								
RAC	1,1±2,4	5,5±2,3	-6,9±2,1	10,9±2,1	6,5±7,9	12,5±3,4	-0,02±2,2	10,2±3,9
VEGT	6,0±5,7	12,6±2,4	0,4±4,4	5,7±4,2	6,8±6,0	8,3±5,8	2,3±2,4	5,6±4,1
VEGA	1,5±7,9	9,4±3,9	3,3±5,1	6,1±2,0	4,7±3,7	5,3±3,6	0,5±3,8	7,2±4,5
ORGA	2,8±3,0	5,9±1,9	-2,5±2,4	5,7±1,5	2,2±5,7	5,7±4,3	-4,3±5,0	2,4±5,1
INST	1,5±9,7	10,7±3,5	-3,1±3,4	7,3±3,5	5,5±4,8	6,8±4,3	2,0±3,8	4,5±4,4
PEI	1,1±2,4	14,3±3,3	2,0±1,6	3,1±3,3	1,2±3,2	1,9±3,0	0,9±1,9	-0,73±4,7

Para verificar se a variabilidade isotópica dos consumidores atende a variabilidade de seus recursos assimilados, após a contabilização de FD (PHILLIPS *et al.*, 2014), foram performadas simulações de polígonos de misturas de isótopos utilizando os pacotes sp (PEBESMA; BIVAND, 2005; BIVAND; PEBESMA; GOMEZ-RUBIO, 2013) e splancs (ROWLINGSON; DIGGLE, 2017). Quando consumidores individuais estão localizados fora da região do polígono de mistura de 95%, eles não podem ser explicados com confiança pelas fontes de alimentos disponíveis (PHILLIPS *et al.*, 2014). Diante disso, foi necessária a remoção de três indivíduos em CT-Ano1 dos modelos finais de mistura isotópica do *G. sveni* (Figura S2A), um indivíduo em CT-Ano2 e um indivíduo em TR-Ano2 para *P. squamosissimus* (Figura S3C e D).

Para determinar a assimilação dos recursos alimentares das espécies em cada local e ano de amostragem foram performados modelos de misturas bayesianos (MOORE; SEMMENS, 2008; PARNELL *et al.*, 2010) com auxílio das funções “run_model” e “output_posteriors” do pacote MixSIAR (STOCK; SEMMENS, 2016a). Utilizando os dados da composição isotópica dos recursos alimentares agrupados e dos consumidores, e o FD, foram realizadas simulações de Monte Carlo com base nas cadeias de Markov seguindo os parâmetros pré-definidos *very long* (número de cadeias = 3; comprimento da cadeia = 1000000; burn-in= 500000; thin = 500) e *extreme* (número de cadeias = 3; comprimento da cadeia = 3000000; burn-in= 1500000; thin = 500) e estrutura de erro do modelo 4 (Resíduos*Processos) (STOCK; SEMMENS, 2016b). Esse processo de simulação calcula a contribuição relativa de cada um dos grupos de recursos alimentares para a composição isotópica do consumidor (MARTINELLI *et al.*, 2009), representando então os recursos alimentares assimilados pelos peixes. A determinação dos parâmetros pré-definidos ocorreu baseado no teste de convergência *Gelman–Rubin*, uma vez que modelos de mistura via cadeias de Markov requerem análise do equilíbrio estacionário (GELMAN; RUBIN, 1992). Assim, empregou-se o modelo com parâmetros que apresentaram

fator de redução de escala (R) para todas as variáveis analisadas $< 1,05$, como proposto por Gelman; Rubin (1992) e Gelman *et al.* (2014) (Tabela S6).

Para estimar a posição trófica de ambas as espécies de peixes em cada local e ano de amostragem, as posições tróficas bayesianas foram mensuradas utilizando o pacote *tRophicposition* (QUEZADA-ROMEGIALLI; JACKSON; HARROD, 2019), considerando 20.000 iterações e cinco cadeias de Markov. Para isso considerou-se sedimento como recurso base para *G. sveni* e organismo aquático para *P. squamosissimus*. Em seguida, comparações pareadas utilizando a função “*pairwiseComparisons*” do pacote *tRophicposition* (QUEZADA-ROMEGIALLI; JACKSON; HARROD, 2019) foram calculadas entre os locais de amostragem para cada espécie e ano 1 e 2, separadamente.

Variáveis físicas e químicos da água

Para observar a variação dos aspectos físico-químicos entre os locais e anos de amostragem foi aplicada uma análise de componentes principais (PCA) com auxílio da função “*prcomp*” e pacote *stats* (R CORE TEAM, 2022). Essa análise visa encontrar um conjunto de combinações lineares padronizadas ortogonais para explicar a maior parte das variações originais em menos dimensões (CRAWLEY, 2007). Aqui, esse conjunto de combinações é encontrado a partir das variáveis físico-químicos para explicar a variação ambientais entre os locais e anos de amostragem.

Resultados

A análise do conteúdo estomacal de 582 indivíduos de *G. sveni* (CT-210; TR-372) e 854 indivíduos de *P. squamosissimus* (CT-277; TR-577) revelou o consumo de 34 e 26 itens alimentares, respectivamente (Tabela 2 e 3). Observou-se também que para *G. sveni*, um indivíduo em CT e 115 indivíduos em TR consumiram ração. Nos locais CT, *G. sveni* consumiu maiores porcentagens de Gastropoda, Decapoda, vegetal terrestre, detrito sedimento e larva de Diptera, enquanto nos locais TR ração, detrito sedimento, detrito orgânico, Bivalvia, Gastropoda e vegetal aquático (Tabela 2). Para *P. squamosissimus* observou-se maiores porcentagens de consumo para peixes e Decapoda em todos os locais, e vegetal terrestre em TR (Tabela 3).

Tabela 2. Composição da dieta de *Geophagus sveni* amostrados nos locais sem (CT1, CT2) e com piscicultura (TR1, TR2 e TR3) e anos (1 e 2) de amostragem, no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná, São Paulo, Brasil. Valores em negrito representam os principais itens consumidos. * indica valores menores que 0,01%.

Local_Ano de amostragem	CT1_1	CT1_2	CT2_1	CT2_2	TR1_1	TR1_2	TR2_1	TR2_2	TR3_1	TR3_2
Número de intestinos	44	38	105	23	110	65	90	38	37	32
Valores mínimos e máximos de comprimento padrão (cm)	10,2 - 28	10,5 - 19,5	7 - 20	8 - 19	7 - 19	7 - 27	7 - 19,5	7 - 22	8,9 - 16,5	10,4 - 15,5
Itens alimentares	Porcentagem volumétrica (%)									
Vegetais aquáticos	4,86	2,62	9,52	1,77	5,61	4,38	6,84	6,80	14,27	1,07
Chlorophyceae	*		*		0,12					*
Rodophyceae	0,23		*		0,08		0,03			
Cyanophyceae	0,83		0,02		*					
Zygnematophyceae	0,03	0,06	0,02	*	*	*	*	0,04	*	*
Algas não identificadas		*		*		*		*		*
Ostracoda	0,15								0,33	
Copepoda		*	*	*	*				0,01	0,02
Cladocera	0,01	5,82	0,13	0,77	0,02	1,03	0,03	0,29	0,20	0,01
Conchostraca	0,06	0,25				*		0,05	0,67	
Microcrustáceo não identificado		0,37				0,01		0,04		*
Larva de Odonata	0,05	1,07			0,07	1,50				
Larva de Coleoptera	0,47		0,50							*
Larva de Diptera	2,82	3,01	32,23	5,66	0,26	0,56	3,77	1,04	0,85	2,86
Pupas de Diptera	0,22		10,20		0,01	0,20	0,07			0,01
Larva de Trichoptera	0,02		0,22							0,11
Casulos de Trichoptera			0,08							
Insetos aquáticos não identificados	2,63	0,06	0,85	1,34	0,61	0,22	0,44	0,02	0,48	0,10
Gastropoda	42,93	20,97	13,68	0,45	15,35	1,08	6,01	1,85	18,09	0,33
Bivalvia	11,84	4,67	1,74		17,49	7,81	29,37	18,74	2,31	12,66
Decapoda		25,77			1,24		2,41			2,22

Crustacea		7,73			0,02					
Invertebrados aquáticos não identificados	0,12	1,39	1,17	1,24	0,04	0,55	0,87	0,18	0,01	1,44
Fragmentos de peixe							0,06		0,32	
Escamas	2,68	0,53	0,19	1,24	0,61	0,77	0,84	0,25	0,49	0,82
Vegetais terrestres	1,14	1,24	1,50	60,27	9,17	0,67	5,67	5,73	0,50	2,85
Adultos de Diptera	0,12	2,06	0,75		0,04		0,19		0,16	
Hemiptera										
Hymenoptera		0,01			0,09					
Aranae			0,01						0,02	
Insetos terrestres não identificados		0,15		0,03		0,33	0,08			0,04
Detrito sedimento	24,37	18,49	26,75	25,45	13,10	18,23	9,55	29,09	16,95	23,91
Detrito orgânico	4,14	3,71	0,43	1,76	1,27	25,64	8,33	3,70	5,20	34,02
Ração	0,25				34,77	37,04	25,42	32,18	39,13	17,51

Tabela 3. Composição da dieta de *Plagioscion squamosissimus* amostrados nos locais sem (CT1, CT2) e com piscicultura (TR1, TR2 e TR3) e anos (1 e 2) de amostragem, no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná, São Paulo, Brasil. Valores em negrito representam os principais itens consumidos. * indica valores menores que 0,01 %.

Local_Ano de amostragem	CT1_1	CT1_2	CT2_1	CT2_2	TR1_1	TR1_2	TR2_1	TR2_2	TR3_1	TR3_2
Número de estômagos	43	101	77	56	58	68	138	168	52	93
Valores mínimos e máximos de comprimento padrão (cm)	16,5 - 39,5	12 - 28	11 - 39,2	9,8 - 38	12 - 40	13,5 - 37,2	9,2 - 44,2	10 - 39	10 - 32,5	14 - 37,4
Itens alimentares										
Vegetais aquáticos	0,07	0,68	0,64	0,53	0,65	26,96	0,91	0,39	0,11	1,34
Algas não identificadas	0,29								0,04	
Microcrustáceo não identificado							*	*		
Larva de Odonata	1,90	6,51	4,82	1,50	1,26	0,75	1,84	0,45	0,08	2,19
Larva de Coleoptera			0,19							0,03

Larva de Diptera			*			*				0,03
Pupas de Diptera	0,04		4,42	0,02	0,03	0,02	0,01			0,24
Casulos de Trichoptera										0,02
Insetos aquáticos não identificados		0,03	0,39	0,03		0,09	0,03	0,01		0,07
Gastropoda					0,43		*	0,35		
Bivalvia							0,02	*	0,01	
Decapoda	66,05	46,68	32,39	45,00	47,31	41,50	73,70	26,56	33,88	67,12
Fragmentos de peixe	15,71	24,15	47,64	40,63	23,95	26,92	9,90	20,70	29,32	22,01
Siluriformes							6,25			
Cichliformes	15,71	17,26	8,16	12,24	25,66	2,71	6,87	9,81	36,42	6,66
Characiformes			0,88							
Synbranchiformes		0,42						0,99		
Perciformes		4,01						1,57		
Escamas										
Vegetais terrestres	0,23	0,27	0,43	0,03	0,50	0,84	0,43	37,92	0,01	
Adultos de Diptera			0,02	0,03		0,02				
Hemiptera								0,08		0,23
Hymenoptera			*					1,15	0,02	0,03
Insetos terrestres não identificados									0,08	
Detrito sedimento			0,02		0,21		0,02	0,01	0,04	0,04
Detrito orgânico						0,19				

Diferenças significativas na composição da dieta foram observadas para *G. sveni* e *P. squamosissimus* influenciadas pelos locais e anos de amostragem (Tabela 4). Para *G. sveni* observou-se mudanças significativas apenas para os locais de amostragem e para a interação entre Local:Ano (Tabela 5). Com relação ao efeito do local de amostragem, TR1 apresentou maior mudança na dieta (Tabela 5). Já para a interação entre Local:Ano, TR3:Ano2 apresentou a maior mudança na dieta (Tabela 5). Para *P. squamosissimus*, observou-se mudanças significativa apenas para CT2, TR3 e ano 2 sendo CT2 e ano 2, sem interação, que apresentaram maior mudança na dieta (Tabela 5).

Tabela 4. Estatísticas ANOVA para os modelos com interação (ponto*ano) e sem interação (local+ano) performados para alimentação de *Geophagus sveni* e *Plagioscion squamosissimus* no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná, São Paulo, Brasil. Z e p são baseados em 1.000 permutações aleatórias usando RRPP. Valores em negrito indicam significância estatística.

<i>Geophagus sveni</i>							
Fonte	Df	SS	MS	R ²	F	Z	P
Local	4	30,2	7,54	0,07	11,88	8,78	0,001
Ano	1	0,72	0,72	0,001	1,14	0,52	0,3
Local*Ano	4	6,86	1,71	0,01	2,7	4,11	0,001
Resíduos	570	362	0,63	0,88			
Total	579	411,78					
<i>Plagioscion squamosissimus</i>							
Local	4	11,01	2,75	0,02	5,38	4,14	0,001
Ano	1	8,99	8,99	0,02	17,58	4,31	0,001
Resíduos	848	433,61	0,51	0,95			
Total	853	453,3					

Tabela 5. Mudança na dieta (d) devido aos coeficientes local (CT1, CT2, TR1, TR2, TR3) e ano (1 e 2) de amostragem para *Geophagus sveni* e *Plagioscion squamosissimus* no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná, São Paulo, Brasil. Z e p são baseados em 1000 permutações aleatórias, usando o RRPP. CT - locais sem pisciculturas; TR - locais com pisciculturas. O padrão é a média para CT1 e o ano 1. Valores em negrito indicam significância estatística.

Espécie		<i>Geophagus sveni</i>			
Coeficientes	d	95% IC	Z	p	
CT2	0,36	0,21	3,78	0,001	
TR1	0,55	0,22	5,5	0,001	
TR2	0,44	0,22	4,22	0,001	
TR3	0,4	0,27	3,07	0,003	
Ano2	0,2	0,24	0,55	0,291	
CT2:Ano2	0,34	0,36	1,41	0,08	
TR1:Ano2	0,41	0,3	2,93	0,002	
TR2:Ano2	0,4	0,33	2,13	0,017	
TR3:Ano2	0,5	0,36	2,72	0,002	
Espécie		<i>Plagioscion squamosissimus</i>			
Coeficientes	d	95% IC	Z	p	
CT2	0,22	0,14	2,91	0,002	

TR1	0,11	0,14	1,02	0,156
TR2	0,1	0,11	1,41	0,077
TR3	0,16	0,14	2,2	0,011
Ano2	0,21	0,08	4,3	0,001

Os itens alimentares que contribuíram para as mudanças na dieta foram sedimento, ração, Gastropoda e larva de Diptera para *G. sveni*; e Decapoda e fragmentos de peixes para *P. squamosissimus* (Tabela 6). Desses itens, sedimento, Gastropoda e larva de Diptera apresentaram maiores abundâncias no consumo nos locais CT, enquanto Decapoda em CT1_1, TR2_2 e TR3_2 e fragmentos de peixe em CT2_1, CT2_2 e TR2_2 (Tabela 6).

Tabela 6. Valores percentuais dos principais itens alimentares (obtidos por análise SIMPER) que contribuíram para a dissimilaridade na dieta de *Geophagus sveni* (GS) e *Plagioscion squamosissimus* (PS), amostrados nos locais sem (CT1, CT2) e com pisciculturas (TR1, TR2 e TR3) e anos (1 e 2) de amostragem, no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná, São Paulo, Brasil. * indica valores menores que 0,01. DETS= detrito sedimento, RAC= ração, GAS= Gastropoda, DIPL= larva de Diptera, VEGA= vegetal aquático, DEC= Decapoda e PEI= fragmento de peixe. CT1_1 indica local CT1 no ano 1 e assim sucessivamente.

Espécie		GS					PS	
Item alimentar		DETS	RAC	GAS	DIPL	VEGA	DEC	PEI
Dissimilaridade média geral				88,53			78,36	
Contribuição %		25,09	17,58	12,57	7,79	6,85	52,15	26,98
Abundância média de consumo	CT1_1	0,02	*	0,04	*	*	0,93	0,22
	CT1_2	0,05		0,05	0,01	0,01	0,50	0,26
	CT2_1	0,02		0,01	0,03	0,01	0,48	0,71
	CT2_2	0,03		*	0,01	*	0,72	0,65
	TR1_1	0,01	0,03	0,01	*	*	0,76	0,39
	TR1_2	0,04	0,08	*	*	0,01	0,65	0,42
	TR2_1	0,01	0,02	*	*	*	0,45	0,06
	TR2_2	0,04	0,05	*	*	0,01	0,96	0,75
	TR3_1	0,01	0,01	0,01	*	*	0,78	0,67
	TR3_2	0,07	0,05	*	0,01	*	0,95	0,31

A análise de ordenação realizada para os dados de alimentação de *G. sveni* demonstrou segregação entre os indivíduos dos locais CT e TR. A dispersão dos indivíduos dos locais CT foi relacionada ao consumo de insetos aquáticos e Gastropoda, enquanto a dispersão dos indivíduos dos locais TR ao consumo da ração em ambos os anos de amostragem (Figura 2).

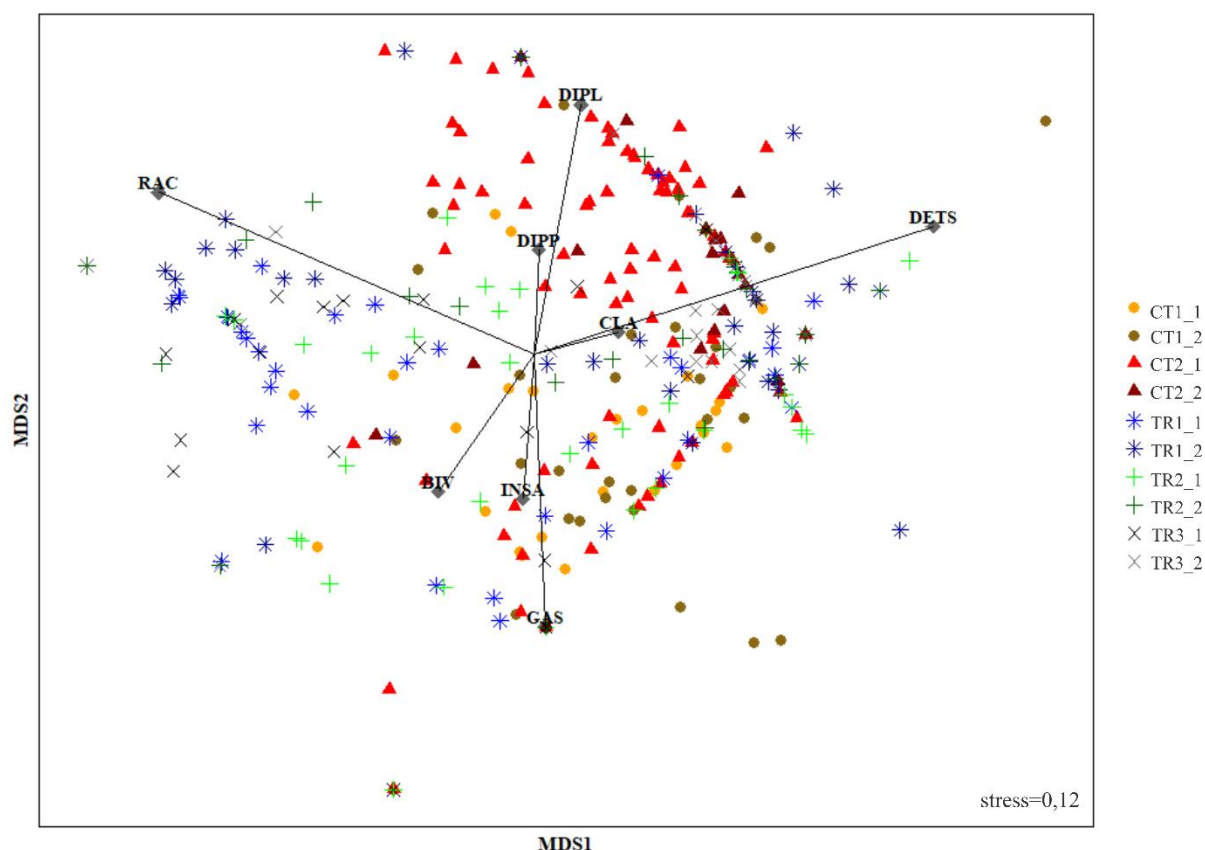


Figura 2. Representação gráfica dos dois primeiros eixos do escalonamento multidimensional não-métrico (nMDS) demonstrando os principais recursos alimentares consumidos por *Geophagus sveni* nos locais sem (CT1, CT2) e com pisciculturas (TR1, TR2 e TR3) e anos (1 e 2) de amostragem, no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná, São Paulo, Brasil. DETS=detrito sedimento; RAC=ração; CLA=Cladocera; INSA=inseto aquático; DIPP=díptera pupa; DIPL=larva de díptera; GAS=gastropoda; BIV=Bivalvia. CT1_1 indica local CT1 no ano 1 e assim sucessivamente.

A mediana da amplitude de nicho trófico (PERMDISP) diferiu entre os locais de amostragem para as duas espécies (*G. sveni* - DF=9; F=5,62; p=0,001; *P. squamosissimus* - DF=9; F=5,52, p=0,001). *Geophagus sveni* demonstrou maiores amplitudes de nicho trófico em TR com relação a CT. No entanto, considerando cada local e ano separadamente, CT2_1, TR1_2, TR2_2 apresentaram maiores medianas (Figura 3A; Tabela S7). Para *P. squamosissimus* não foi observado um padrão entre CT e TR, as maiores medianas da amplitude de nicho trófico foram observadas em CT1_2, CT2_2, TR1_1, TR2_1 e TR3_1 (Figura 3B; Tabela S7).

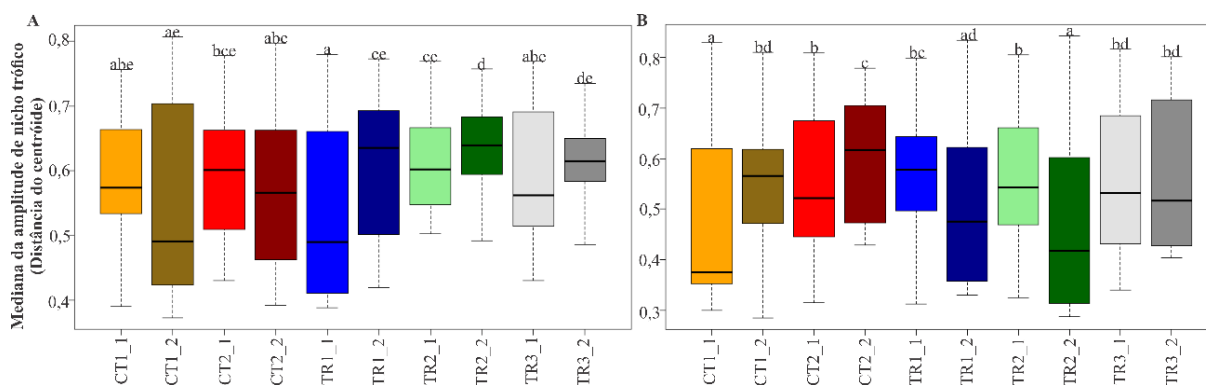


Figura 3. Mediana da amplitude de nicho trófico de *Geophagus sveni* (A) e *Plagioscion squamosissimus* (B) amostrados nos locais sem (CT1, CT2) e com pisciculturas (TR1, TR2 e TR3) e anos (1 e 2) de amostragem, no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná, São Paulo, Brasil. Linhas finais inferiores e superiores da caixa representam o 1º e o 3º quartis, respectivamente, demonstrando a variabilidade individual na amplitude de nicho trófico. A barra horizontal dentro de cada caixa representa a mediana da amplitude de nicho trófico. Letras indicam diferenças estatísticas obtidas por meio do pós-teste de Tukey. Ver tabela S7 para valores. CT1_1 indica local CT1 no ano 1 e assim sucessivamente.

Entre os locais e anos de amostragem, diferenças significativas na composição isotópica foram observadas. Para *G. sveni* ($\delta^{13}\text{C}$ - $\chi^2=33,9$; $\text{df}=9$; $p=9,29\text{e}^{-5}$ / $\delta^{15}\text{N}$ - $\chi^2=59,5$; $\text{df}=9$; $p=1,7\text{e}^{-9}$) foram observados valores mais empobrecidos de $\delta^{13}\text{C}$ em CT2_1 (Figura 4A; Tabela S8) e mais enriquecidos de $\delta^{15}\text{N}$ nos locais CT, principalmente em CT2 (Figura 4B; Tabela S8). Para *P. squamosissimus* ($\delta^{13}\text{C}$ - $\chi^2=24,05$; $\text{df}=9$; $p=0,004$ / $\delta^{15}\text{N}$ - $\chi^2=31,7$; $\text{df}=9$; $p=0,0002$) valores mais empobrecidos de $\delta^{13}\text{C}$ foram observados em CT2_1, CT2_2 e TR1_1 (Figura 4C; Tabela S8) e valores mais enriquecidos de $\delta^{15}\text{N}$ também nos locais CT, principalmente em CT2 (Figura 4D; Tabela S8).

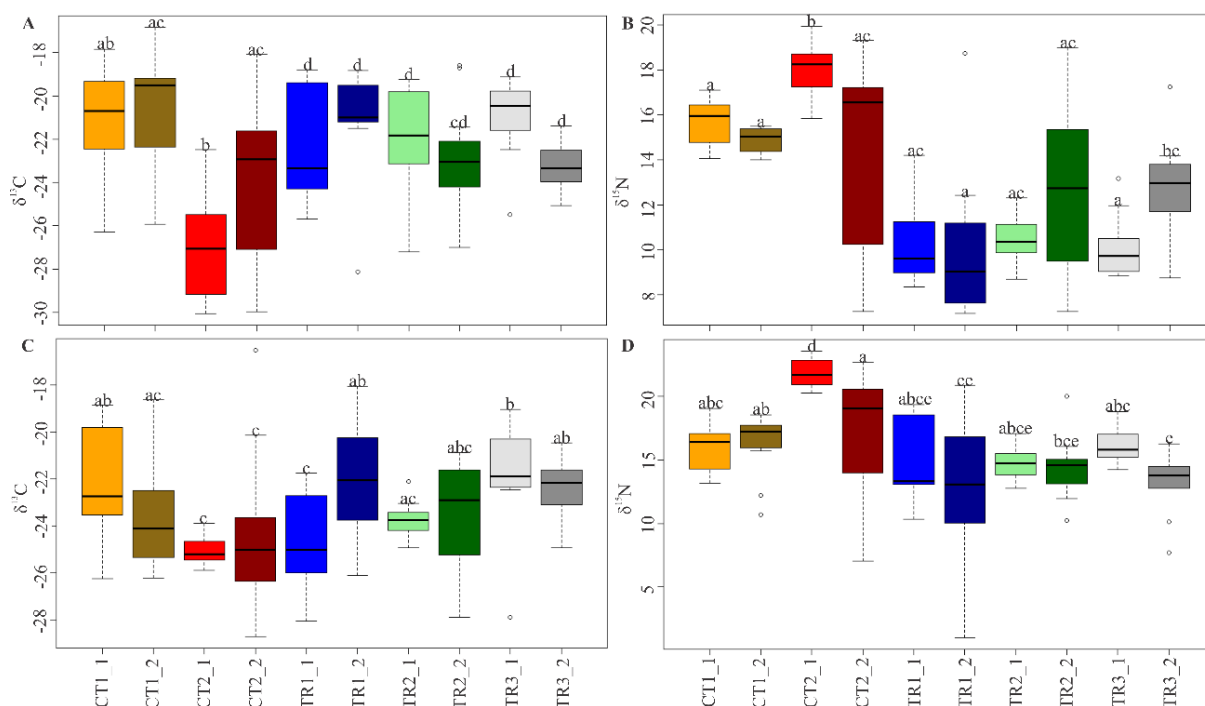


Figura 4. Composição isotópica de $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ de *Geophagus sveni* (A e B) e *Plagioscion squamosissimus* (C e D) amostrados nos locais sem (CT1, CT2) e com pisciculturas (TR1, TR2 e TR3) e anos (1 e 2) de amostragem, no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná, São Paulo, Brasil. As letras indicam os resultados do pós-teste de Dunn e Tukey apenas para diferenças entre os locais de amostragem. Linhas finais inferiores e superiores da caixa representam o 1º e o 3º quartis, respectivamente, demonstrando a variabilidade dentro de cada grupo. A barra horizontal dentro de cada caixa representa a mediana. Letras indicam diferenças estatísticas obtidas por meio do pós-teste de Dunn. Ver tabela S8 para valores. CT1_1 indica local CT1 no ano 1 e assim sucessivamente.

O nicho isotópico das duas espécies também foi diferente entre os locais e anos de amostragem (Figura 5). Em uma visão geral, foram observados nichos isotópicos mais amplos no grupo TR para as duas espécies. No entanto, considerando os locais e anos de amostragem separadamente, para *G. sveni* foram observados nichos isotópicos maiores em CT2 e TR2 no ano 2 (Figura 5B), e para *P. squamosissimus* em CT2 e TR1 no ano 2 (Figura 5D).

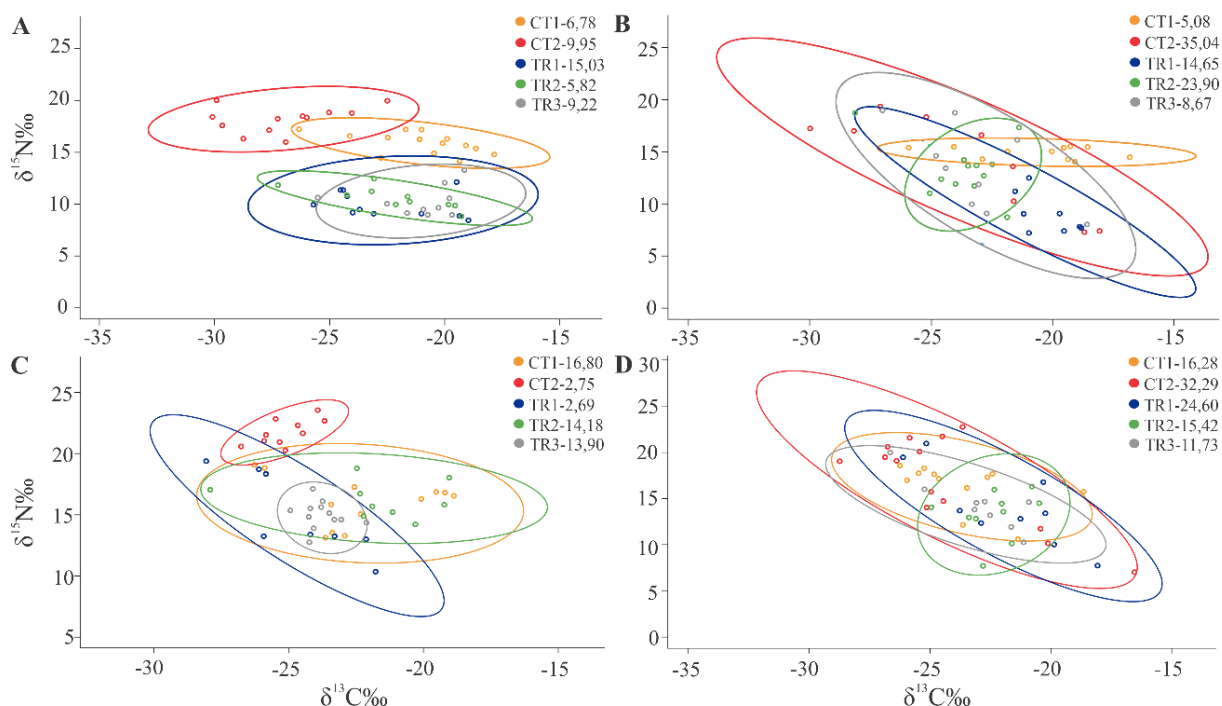


Figura 5. Nicho isotópico e área da elipse padrão corrigida de *Geophagus sveni* (A e B) e *Plagioscion squamosissimus* (C e D) nos locais sem (CT1, CT2) e com pisciculturas (TR1, TR2 e TR3) e anos 1 (A e C) e 2 (B e D) de amostragem, no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná, São Paulo, Brasil.

Geophagus sveni apresentou maiores médias de assimilação de insetos terrestres, ração, sedimento e organismos aquáticos em todos os locais e anos de amostragem (Figura 6; Tabela S9). Em CT1_Ano1 as maiores porcentagens de assimilação foram observadas para inseto terrestre (26%), ração (18%) e sedimento (18%); em CT1_Ano2 foram ração (30,1%), sedimento (22%) e organismo aquático (18%); em CT2_Ano1 foram sedimento (42%) e organismo aquático (24%); em CT2_Ano2 foram inseto terrestre (13%), ração (13%) e sedimento (13%); em TR1_Ano1 foram ração (49%) e organismo aquático (19%); em TR1_Ano2 foram inseto terrestre (40%), sedimento (19%) e ração (19%); em TR2_Ano1 foram ração (63%) e organismo aquático (16%); em TR2_Ano2 foram inseto terrestre (40%), sedimento (19%) e ração (18%); em TR3_Ano1 foram ração (67%) e organismo aquático (14%); e TR3_Ano2 foram ração (32%), sedimento (28%) e inseto terrestre (13%) (Figura 6; Tabela S9).

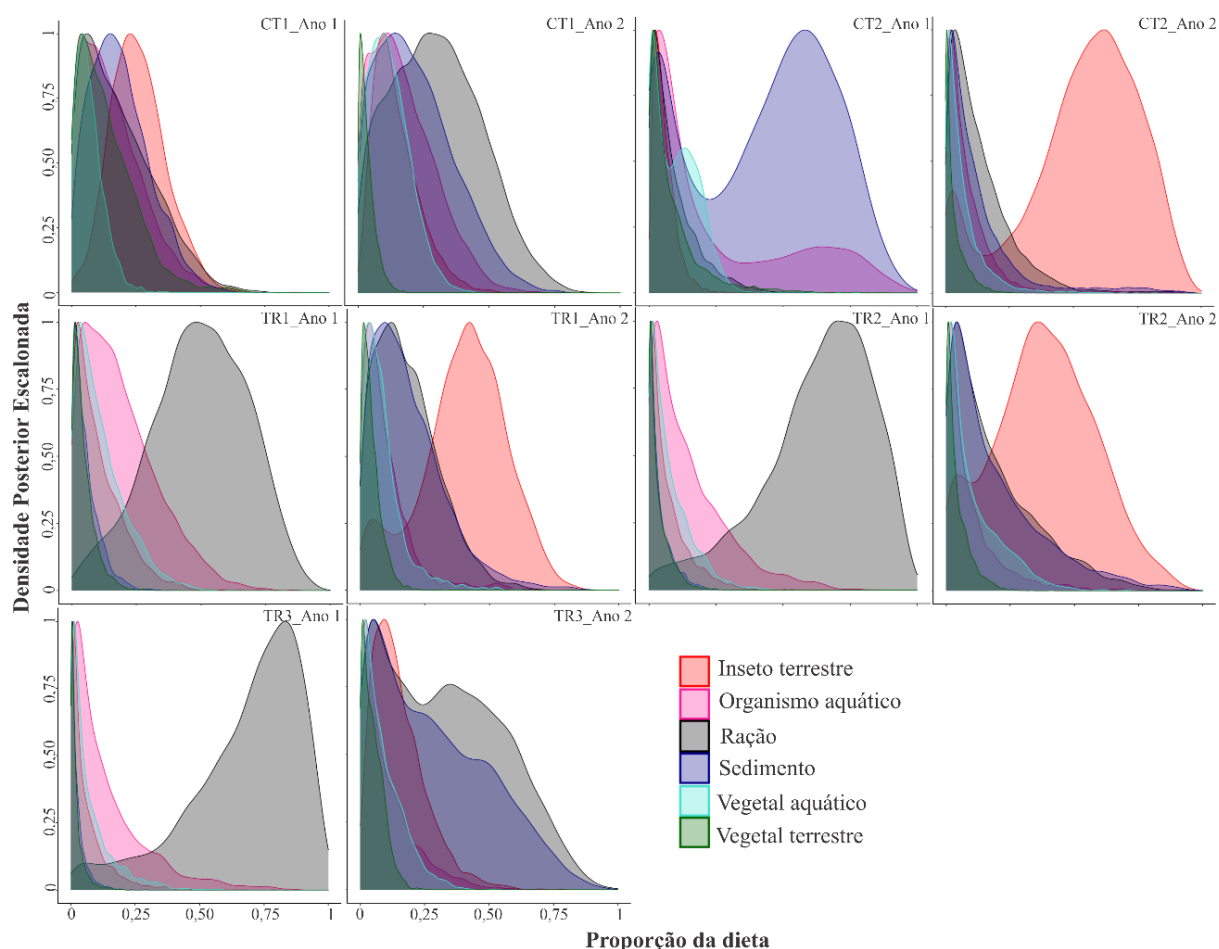


Figura 6. Plotagens de densidade representando a contribuição relativa isotópica dos recursos alimentares para *Geophagus sveni* amostrados nos locais sem (CT1, CT2) e com pisciculturas (TR1, TR2 e TR3) e anos (1 e 2) de amostragem, no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná, São Paulo, Brasil. Ver valores tabela S9.

Para *P. squamosissimus* em CT1_Ano1 as maiores porcentagens de assimilação foram observadas para vegetal terrestre (26%), peixe (21%) e inseto terrestre (15%); em CT1_Ano2 foram vegetal aquático (26%), peixe (23%) e vegetal terrestre (14%); em CT2_Ano1 foram inseto terrestre (36%), vegetal aquático (24%) e vegetal terrestre 15%; em CT2_Ano2 foram vegetal aquático (26%), peixe (25%) e inseto terrestre (19%); em TR1_Ano1 foram inseto terrestre (24%), vegetal aquático (17%), vegetal terrestre (17%) e ração (16%); em TR1_Ano2 foram ração (23%), peixe (22%) e vegetal terrestre (17%); em TR2_Ano1 foram ração (47%), inseto terrestre (12%) e organismo aquático (12%); em TR2_Ano2 foram ração (23%), peixe (22%) e vegetal terrestre (17%); em TR3_Ano1 foram vegetal aquático (46%), organismo aquático (22%) e ração (9%); e TR3_Ano2 foram ração (40%), peixe (16%) e inseto terrestre (13%) (Figura 7; Tabela S10).

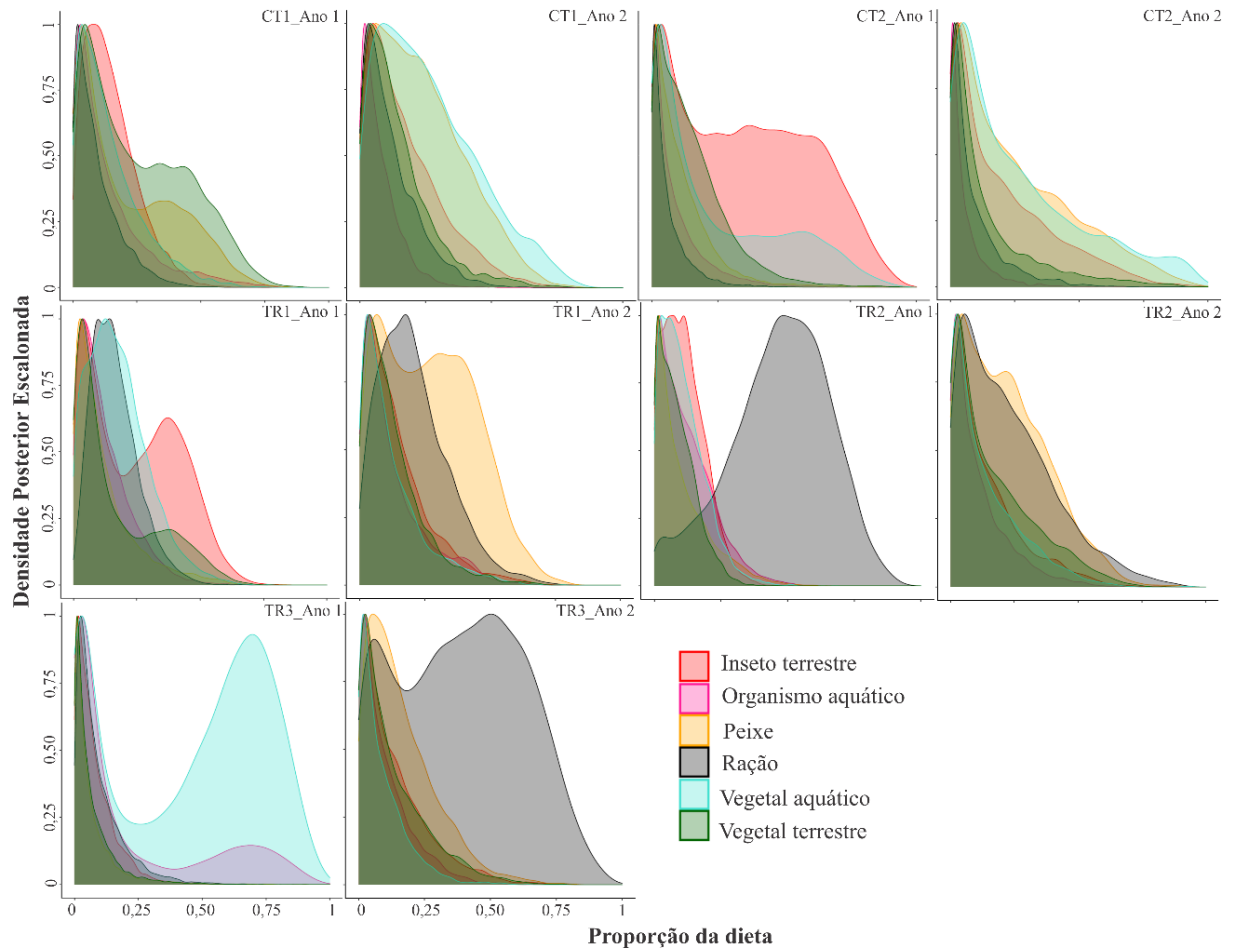


Figura 7. Plotagens de densidade representando a contribuição relativa isotópica dos recursos alimentares para *Plagioscion squamosissimus* amostrados nos locais sem (CT1, CT2) e com pisciculturas (TR1, TR2 e TR3) e anos (1 e 2) de amostragem, no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná, São Paulo, Brasil. Ver valores tabela S10.

Com relação à posição trófica, não foram observadas diferenças significativas entre os locais e anos de amostragem para as ambas as espécies (Tabela 8; Figura 10).

Tabela 8. Comparações pareadas da posição trófica (pacote tRophicposition) de *Geophagus sveni* e *Plagioscion squamosissimus* amostrados em CT1, CT2 (locais sem pisciculturas), TR1, TR2 e TR3 (locais com pisciculturas) e anos (1 e 2) de amostragem, no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná, São Paulo, Brasil. CT1_1 indica local CT1 no ano 1 e assim sucessivamente.

<i>Geophagus sveni</i>					<i>Plagioscion squamosissimus</i>				
	CT2_1	TR1_1	TR2_1	TR3_1		CT2_1	TR1_1	TR2_1	TR3_1
CT1_1	0,451	0,509	0,569	0,525	CT1_1	0,403	0,447	0,426	0,448
CT2_1		0,579	0,621	0,579	CT2_1		0,546	0,532	0,544
TR1_1			0,549	0,494	TR1_1			0,479	0,503
TR2_1				0,45	TR2_1				0,528
	CT2_2	TR1_2	TR2_2	TR3_2		CT2_2	TR1_2	TR2_2	TR3_2
CT1_2	0,485	0,454	0,444	0,408	CT1_2	0,608	0,464	0,477	0,555
CT2_2		0,47	0,466	0,435	CT2_2		0,371	0,373	0,457
TR1_2			0,494	0,464	TR1_2			0,517	0,592
TR2_2				0,466	TR2_2				0,586

Discussão

As pisciculturas em tanques-rede influenciaram a alimentação e a assimilação de recursos alimentares para ambas as espécies (onívora e carnívora), as quais refletiram nas amplitudes de nicho trófico, composições isotópicas e nichos isotópicos observadas. Estudos avaliando apenas o conteúdo estomacal demonstraram que as espécies onívoras são principalmente influenciadas pela disponibilidade de ração como alimento, uma vez que possuem potencial de consumir itens alimentares de origens variadas (NOBILE *et al.*, 2020; KLIEMANN *et al.*, 2018; 2022). Por outro lado, espécies carnívoras são favorecidas pela maior abundância de peixes-presa no entorno dos tanques devido seu potencial atrativo (NOBILE *et al.*, 2020; KLIEMANN *et al.*, 2022). Aqui, por meio dos resultados das análises integradas de conteúdo estomacal e de isótopos estáveis foi possível corroborar essa influência sobre a espécie onívora. Observou-se que a ração apresentou maiores porcentagens médias de assimilação por *G. sveni* em comparação aos seus recursos alimentares naturais. Além disso, observou-se que a espécie carnívora assimilou ração, e que ambas as espécies assimilaram ração em locais onde não há pisciculturas, corroborando a expectativa de transferência de energia entre os níveis tróficos e movimentação dos peixes silvestres entre as áreas de estudo.

A variação no consumo e assimilação de ração e recursos alimentares naturais observada para *G. sveni* sugere relação com a disponibilidade do recurso alimentar, considerando o oportunismo e plasticidade trófica observadas para essa espécie. De acordo com a teoria de forrageamento ótimo (SCHOENER, 1971), a variação na oferta de recursos alimentares favorece a exploração de itens alimentares preferíveis (melhor balanço energético) durante períodos de alta abundância. Associado a isso, o aumento no *status* trófico em áreas de pisciculturas pode explicar a maior disponibilidade de recursos alimentares nessas áreas, e assim as maiores amplitudes de nicho trófico e nicho isotópico observadas nos locais TR para *G. sveni*.

A matéria orgânica contendo ração que dissipa dos tanques de cultivo, além de servir como alimento, promove a proliferação de outros organismos, aumentando a disponibilidade de recursos alimentares no entorno dos tanques (BARRETT; SWEARER; DEMPSTER, 2018; DA SILVA CACHO; TEIXEIRA DE MOURA; HENRY-SILVA, 2020; EDWARDS, 2015). Além disso, as estruturas das pisciculturas fornecem abrigo contra predadores e servem de ponto de fixação para bivalves, favorecendo sua proliferação (CASTRO; SANTIAGO; SANTANA-ORTEGA, 2002). Gonzalez-Silveira *et al.* (2015) avaliaram a influência das pisciculturas sob macroinvertebrados e observaram aumento na abundância nas proximidades dos tanques, bem como assimilação de ração por esses organismos. Dessa forma, em áreas de

pisciculturas a disponibilidade de alimento é maior promovendo expansão de nicho trófico e isotópico como observado para *G. sveni*.

Para *P. squamosissimus*, as menores amplitudes de nicho trófico nos locais TR eram esperadas. As pisciculturas em tanques-rede podem ser consideradas dispositivos agregadores de peixes silvestres, devido à atração proporcionada pela disponibilidade de recursos alimentares no seu entorno (DEMPSTER *et al.*, 2002; KLIEMANN *et al.*, 2022; SANCHEZ-JEREZ *et al.*, 2011). Estudos demonstraram a maior abundância de peixes no entorno dos tanques de cultivo devido esse potencial atrativo (NOBILE *et al.*, 2018; ORLANDI-NETO *et al.*, 2022). Dessa forma, para animais carnívoros, como *P. squamosissimus*, o item alimentar de maior disponibilidade e facilidade de captura nessas áreas são outros peixes silvestres, bem como organismos como Decapoda, principais itens consumidos por essa espécie.

Em contrapartida ao conteúdo estomacal, as análises de isótopos estáveis para *P. squamosissimus* demonstraram altas porcentagens de assimilação de ração, vegetais e insetos terrestres, além da própria assimilação de peixes e organismos aquáticos consumidos. Vegetais e insetos terrestres foram observados no conteúdo estomacal em pequenas porcentagens de consumo. No entanto, ração não foi observada. Infere-se que a assimilação de vegetais, insetos terrestres e ração possa estar relacionada ao consumo de peixes e invertebrados presas que assimilam esses recursos, corroborando os maiores nichos isotópicos observados nos locais TR. Gonzalez-Silvera *et al.* (2015) relataram que invertebrados aquáticos assimilaram ração e fezes de peixes em áreas de piscicultura. Dessa forma, é possível que as espécies carnívoras assimilem tanto a ração como outros recursos alimentares por transferência de energia entre os níveis tróficos, como sugerido por Izquierdo-Gómez *et al.* (2015) e Kliemann *et al.* (2022).

A assimilação de ração também foi observada em locais onde não há a presença de pisciculturas em tanques-rede para ambas as espécies. Confrontando os resultados do conteúdo estomacal, também se observou uma pequena porcentagem de consumo de ração em CT1 para *G. sveni*. Diante disso, sugere-se que possa ocorrer movimentação dos peixes silvestres para alimentação nas áreas de pisciculturas mais próximas (distância mínima de 5 km), corroborando com estudos que demonstram que as pisciculturas em tanques-rede atuam como locais de alimentação (BARRETT; SWEARER; DEMPSTER, 2018; RAMOS; VIDOTTO-MAGNONI; CARVALHO, 2008) *Plagioscion squamosissimus* apresenta padrão migratório descrito na literatura (GRAÇA; PAVANELLI, 2007), mas para *G. sveni* não há dados sobre migração e distância máxima de movimentação. No entanto, devido sua rápida colonização da bacia do Paraná, menos de cinco anos após o seu primeiro registro em 2000 (ORLANDI-NETO *et al.*, em fase de elaboração), juntamente com os resultados aqui relatados, são fortes indicativos de

que possa ocorrer movimentação em torno de 6 a 12 km (distâncias entre as áreas CT e pisciculturas mais próximas) para alimentação nas áreas de pisciculturas.

Os resultados observados para CT2, tanto do conteúdo estomacal quanto dos isótopos estáveis, também podem ter relação com a trofia do ambiente, uma vez que foi observado alta condutividade e sólidos totais nesse local (Figura S4). Segundo Wetzel (2001), há relações positivas entre condutividade e sólidos totais com a presença de grandes quantidades de material dissolvido na água. Além disso, a presença de áreas agrícolas com a criação de animais, bem como cultivo de cana-de-açúcar próximo ao local de coleta (informação pessoal), pode ser responsável pelo material dissolvido na água. Como consequência, ocorre o aumento de produtividade primária e proliferação de outros organismos, bem como a proliferação de macrófitas (OGURA *et al.*, 2022). Ademais, pode ocorrer o enriquecimento de $\delta^{15}\text{N}$ em recursos alimentares e tecidos dos peixes relacionados aos insumos agrícolas (DE CARVALHO *et al.*, 2019; RUIZ-FERNÁNDEZ *et al.*, 2002). Associado a isso, a maior concentração de bancos de macrófitas nesse local (informação pessoal) contribuem para maior disponibilidade de alimento, uma vez que, além de ser um recurso alimentar, os bancos de macrófitas servem como abrigo para outros organismos aquáticos (YOFUKUJI *et al.*, 2021).

Em suma, a combinação das análises de conteúdo estomacal e isótopos estáveis se mostrou eficaz em avaliar as influências das pisciculturas em tanques-rede. As hipóteses e expectativas foram corroboradas, com exceção da posição trófica que não diferiu entre os locais e anos de amostragem. Por meio do conteúdo estomacal observou-se que a dieta mudou entre os locais, indicando o consumo de ração pela espécie onívora e em local sem a presença das pisciculturas. Os isótopos estáveis, por sua vez, demonstraram que apesar de não haver ração no conteúdo intestinal de *G. sveni* em CT2 e no conteúdo estomacal da espécie carnívora, ocorreu a assimilação de ração.

Por fim, pode se observar que as influências das pisciculturas em tanques-rede vão além do consumo de ração ou aumento na abundância de peixes e outros organismos no entorno dos tanques. Os resultados demonstram que ocorreu influência em vários níveis tróficos e em locais onde não há pisciculturas em operação como esperado. Diante disso, as abordagens aqui avaliadas foram eficazes em demonstrar que a ração perdida para o ambiente aquático interfere na alimentação de peixes silvestres indicando que a intensificação dos tanques-rede pode acarretar impactos crescentes sobre a estrutura trófica da ictiofauna local, além de perdas econômicas para os piscicultores com o excessivo desperdício de ração. Sugere-se estudos futuros abrangendo a comunidade como um todo em uma série temporal maior para confirmar essas influências em vários níveis tróficos. Os resultados aqui observados podem ainda fornecer

informações aos piscicultores sobre as consequências da perda de matéria orgânica para o ambiente aquático, como parâmetro para medidas mitigadoras a fim de reduzir tal perda.

Referências

- ABELL *et al.* Freshwater Ecoregions of the World: A New Map of Biogeographic Units for Freshwater Biodiversity Conservation. **BioScience**, v. 58, p. 5, p. 403–414, 2008.
- ANDERSON, M. J. Distance-based tests for homogeneity of multivariate dispersions. **Biometrics**, [s. l.], v. 62, n. 1, p. 245–253, 2006.
- A.O.A.C. **Official Methods of Analysis**. Edn 16. Washington D.C.: Association of Official Analytical Chemists, 1990.
- BARRETT, L. T.; SWEARER, S. E.; DEMPSTER, T. Impacts of marine and freshwater aquaculture on wildlife: a global meta-analysis. **Reviews in Aquaculture**, [s. l.], p. 1–23, 2018.
- BARRIE, A.; PROSSER, S. J. Automated analysis of light-element stable isotopes by isotope ratio mass spectrometry. In: BOUTTON, T. W.; YAMASAKI, S. (eds) *Mass spectrometry of soils*, New York: Marcel Dekker, 1996. p. 1-46.
- BEARHOP, S. *et al.* Determining trophic niche width: A novel approach using stable isotope analysis. **Journal of Animal Ecology**, [s. l.], v. 73, n. 5, p. 1007–1012, 2004.
- BENEDITTO, A. P. M. Di *et al.* Trophic niche comparison between two predators in northern Rio de Janeiro State, Brazil: a stable isotopes approach. **Biota Neotropica**, [s. l.], v. 13, n. 3, p. 29–33, 2013.
- BONATO, K. O. *et al.* Resource partitioning among syntopic Characidae corroborated by gut content and stable isotope analyses. **Hydrobiologia**, [s. l.], v. 805, n. 1, p. 311–324, 2017.
- BICUDO, C. E. M.; BICUDO, R. M. **Algas de águas continentais brasileiras**. São Paulo: Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências, 1970.
- BIVAND, R. S.; PEBESMA, E.; GOMEZ-RUBIO, V. 2013. **Applied spatial data analysis with R**. NY: Springer, 2013.
- BRANDÃO, H. *et al.* Influência de uma piscicultura em tanquesrede na dieta e atributos biológicos de *Galeocharax knerii* na represa de Chavantes, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, [s. l.], v. 39, n. 2, p. 157–167, 2013.
- BRANDÃO *et al.* Influence of cage farming on feeding and reproductive aspects of *Pimelodus maculatus* Lacépède, 1803 (Siluriformes: Pimelodidae) in the Chavantes reservoir, Brazil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 36, n. 1, p. 41-50, 2014
- CARMO, F. J. *et al.* Levantamento das unidades de piscicultura no estado de São Paulo. **Documento Técnico 123**, [s. l.], n. 123, p. 31, 2021.
- CASTRO, J. J.; SANTIAGO, J. A.; SANTANA-ORTEGA, A. T. A general theory on fish aggregation to floating objects: An alternative to the meeting point hypothesis. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, [s. l.], v. 11, n. 3, p. 255–277, 2002.
- CLARKE, K. R. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. **Australian Journal of Ecology**, [s. l.], v. 18, n. 1988, p. 117–143, 1993.
- COLLYER, M. L.; ADAMS, D. C. RRPP: An r package for fitting linear models to high-dimensional data using residual randomization. **Methods in Ecology and Evolution**, [s. l.], v. 9, n. 7, p. 1772–1779, 2018.
- COLLYER, M.L.; ADAMS, D.C. RRPP: Linear Model Evaluation with Randomized Residuals in a Permutation Procedure, 2019. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=RRPP>. Acesso em: 19 jan. 2023.
- CRAWLEY, M. J. **The R Book**. NY: John Wiley & Sons, Ltd, 2007.
- DA SILVA CACHO, J. C.; TEIXEIRA DE MOURA, R. S.; HENRY-SILVA, G. G. Influence of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fish farming in net cages on the nutrient and

- particulate matter sedimentation rates in Umari reservoir, Brazilian semi-arid. **Aquaculture Reports**, [s. l.], v. 17, n. May, p. 100358, 2020.
- DAVIS, A. M. *et al.* Gut content and stable isotope analyses provide complementary understanding of ontogenetic dietary shifts and trophic relationships among fishes in a tropical river. **Freshwater Biology**, [s. l.], v. 57, n. 10, p. 2156–2172, 2012.
- DE CARVALHO, D. R. *et al.* Stable isotopes and stomach content analyses indicate omnivorous habits and opportunistic feeding behavior of an invasive fish. **Aquatic Ecology**, [s. l.], v. 53, n. 3, p. 365–381, 2019.
- DEMPSTER, T. *et al.* Attraction of wild fish to sea-cage fish farms in the south-western Mediterranean Sea: Spatial and short-term temporal variability. **Marine Ecology Progress Series**, [s. l.], v. 242, p. 237–252, 2002.
- DE MENDIBURU, F. *_agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research_*. **R package version 1.3-5**, 2021. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=agricolae>. Acesso em: 14 jan. 2023.
- DENIRO, M. J.; EPSTEIN, S. Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, [s. l.], v. 45, p. 341–351, 1981.
- DINNO, A. *_dunn.test: Dunn's Test of Multiple Comparisons Using Rank Sums_*. **R package version 1.3.5**, 2017. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=dunn.test>. Acesso em: 14 jan. 2023.
- DOS SANTOS, N. C. L. *et al.* Use of food resources by *Plagioscion squamosissimus* - A non-native piscivore in sobradinho reservoir-BA, Brazil. **Boletim do Instituto de Pesca**, [s. l.], v. 40, n. 3, 2014.
- DUCCATI, C. Aplicação dos isótopos estáveis em aquicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 36, 01-10, 2007.
- DUNN, O. J. Multiple Comparisons Using Rank Sums. **Technometrics**, 6, 3, 241-252, 1964.
- EDWARDS, P. Aquaculture environment interactions: Past, present and likely future trends. **Aquaculture**, [s. l.], v. 447, p. 2–14, 2015.
- FRY, B. Stable isotope ecology. **Stable Isotope Ecology**, [s. l.], n. January, p. 1–308, 2006.
- GARCIA, F. *et al.* Emergy assessment of tilapia cage farming in a hydroelectric reservoir. **Ecological Engineering**, [s. l.], v. 68, p. 72–79, 2014.
- GELMAN, A.; RUBIN, D. B. A Single Series from the Gibbs Sampler Provides a False Sense of Security. **Bayesian Statistics 4**, [s. l.], n. July, p. 625–632, 1992.
- GELMAN, A. *et al.* **Bayesian data analysis**. Boca Raton: Chapman and Hall/CRC, 2014.
- GENNER, M. J. *et al.* Niche segregation among Lake Malawi cichlid fishes? Evidence from stable isotope signatures. **Ecology Letters**, [s. l.], v. 2, n. 3, p. 185–190, 1999.
- GONZALEZ-SILVERA, D. *et al.* Mediterranean fouling communities assimilate the organic matter derived from coastal fish farms as a new trophic resource. **Marine Pollution Bulletin**, [s. l.], v. 91, n. 1, p. 45–53, 2015.
- GRAÇA, W. J.; PAVANELLI, C. S. **Peixes da planície de inundação do alto Rio Paraná e áreas adjacentes**. Maringá: EDUEM, 2007.
- HALES, J.; PETRY, P. **Upper Parana. Freshwater ecoregions of the world (FEOW)**, 2019. Disponível em: <http://feow.org/ecoregions/details/344>. Acesso em: 10 de julho de 2022.
- HELLAWELL, J. M.; ABEL, R. A rapid volumetric method for the analysis of the food of fishes. **Journal of Fish Biology**, [s. l.], v. 3, n. 1, p. 29–37, 1971.
- HYSLOP, E. J. Stomach contents analysis—a review of methods and their application. **Journal of Fish Biology**, [s. l.], v. 17, n. 4, p. 411–429, 1980.
- IZQUIERDO-GÓMEZ, D. *et al.* Marine Science. **ICES Journal of Marine Science**, [s. l.], v. 72, n. 3, p. 930–938, 2015.
- JACKSON, A. L. *et al.* Comparing isotopic niche widths among and within communities: SIBER - Stable Isotope Bayesian Ellipses in R. **Journal of Animal Ecology**, [s. l.], v. 80, n.

3, p. 595–602, 2011.

KELLY, L. J.; MARTÍNEZ DEL RIO, C. The fate of carbon in growing fish: An experimental study of isotopic routing. **Physiological and Biochemical Zoology**, [s. l.], v. 83, n. 3, p. 473–480, 2010.

KLIEMANN, B. C. K. *et al.* Dietary changes and histophysiological responses of a wild fish (*Geophagus cf. proximus*) under the influence of tilapia cage farm. **Fisheries Research**, [s. l.], v. 204, n. February, p. 337–347, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2018.03.011>.

KLIEMANN, B. C. K. *et al.* Do cage fish farms promote interference in the trophic niche of wild fish in neotropical reservoir?. **Fisheries Research**, [s. l.], v. 248, n. July 2021, p. 106198, 2022.

KRUSKAL, J. B. Nonmetric Multidimensional Scaling: A Numerical Method.

Psychometrika, [s. l.], v. 29, n. 2, p. 115–129, 1964.

LEGENDRE, P.; GALLAGHER, E. D. Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. **Oecologia**, [s. l.], v. 129, n. 2, p. 271–280, 2001.

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. **Numerical ecology**. 2nd englisled. [S. l.: s. n.], 1998.

LUCINDA, P. H. F.; LUCENA, C. A. S.; ASSIS, N. C. Zootaxa, Two new species of cichlid fish genus *Geophagus* Heckel from the Rio Tocantins. **Zootaxa**, [s. l.], v. 42, n. April, p. 29–42, 2010.

MARTINELLI, L. A. *et al.* **Desvendando questões ambientais com isótopos estáveis**. São Paulo: Oficina de textos, 2009.

MINTENBECK, K. *et al.* How to account for the lipid effect on carbon stable-isotope ratio ($\delta^{13}\text{C}$): Sample treatment effects and model bias. **Journal of Fish Biology**, [s. l.], v. 72, n. 4, p. 815–830, 2008.

MOORE, J. W.; SEMMENS, B. X. Incorporating uncertainty and prior information into stable isotope mixing models. **Ecology Letters**, [s. l.], v. 11, n. 5, p. 470–480, 2008.

MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J. L.; BAPTISTA, D. F. **Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do Estado do Rio de Janeiro**. 1. ed. Rio de Janeiro: Technical Books, 2010.

NEVES, M. P. *et al.* Carnivory during Ontogeny of the *Plagioscion squamosissimus*: A successful non-native fish in a lentic environment of the Upper Paraná River Basin. **PLoS ONE**, [s. l.], v. 10, n. 11, p. 1–15, 2015.

NOBILE, A. B. *et al.* Cage fish farm act as a source of changes in the fish community of a Neotropical reservoir. **Aquaculture**, [s. l.], v. 495, n. June, p. 780–785, 2018.

NOBILE, A. B. *et al.* Status and recommendations for sustainable freshwater aquaculture in Brazil. **Reviews in Aquaculture**, [s. l.], v. 12, n. 3, p. 1495–1517, 2020.

OGLE, D.H. *et al.* FSA: Fisheries Stock Analysis. **R package version 0.9.3**, 2022.

Disponível em: <https://github.com/fishR-Core-Team/FSA>. Acesso em: 14 jan. 2023.

OGURA, A. P. *et al.* Environmental analysis of the eutrophication and spread of aquatic macrophytes in a tropical reservoir: a case study in Brazil. **Environmental Science and Pollution Research**, [s. l.], p. 89426–89437, 2022.

OKSANEN, J. *et al.* **_vegan: Community Ecology Package_**. **R package version 2.6-4**, 2022.

Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>. Acesso em: 17 jan. 2023.

ORLANDI-NETO, A. *et al.* Structure and composition of ichthyofauna associated with cage fish farming and compared to a control area after severe drought in a Neotropical reservoir. **Neotropical Ichthyology**, [s. l.], v. 20, n. 3, p. 1–17, 2022.

OTA, R. R. *et al.* Peixes da planície de inundação do alto rio Paraná e áreas adjacentes: revised, annotated and updated. **Neotropical Ichthyology**, [s. l.], v. 16, n. 2, p. 1–111, 2018.

PARK, H. J. *et al.* Trophic structure in a pilot system for the integrated multi-trophic aquaculture off the east coast of Korean peninsula as determined by stable isotopes. **Marine**

- Pollution Bulletin**, [s. l.], v. 95, n. 1, p. 207–214, 2015.
- PARNELL, A. C. *et al.* Source partitioning using stable isotopes: Coping with too much variation. **PLoS ONE**, [s. l.], v. 5, n. 3, p. 1–5, 2010.
- PEBESMA, E.J.; BIVAND, R.S. Classes and methods for spatial data in R. **R News** 5 (2), 2005. Disponível em: <https://cran.r-project.org/doc/Rnews/>. Acesso em: 14 jan. 2023.
- PETERSON, B. J.; FRY, B. Stable Isotopes in Ecosystem Studies. **Annual Review of Ecology and Systematics**, [s. l.], v. 18, p. 293–320, 1987.
- PHILIPPSSEN, J. S.; BENEDITO, E. Fator de discriminação na ecologia trófica de peixes: Uma revisão sobre as fontes de variação e os métodos de obtenção. **Oecologia Australis**, [s. l.], v. 17, n. 2, p. 15–26, 2013.
- PHILLIPS, D. L. *et al.* Best practices for use of stable isotope mixing models in. **Canadian Journal of Zoology**, [s. l.], v. 835, n. August, p. 823–835, 2014.
- PORTINHO, J. L. *et al.* The pathways influence of agricultural expansion on water quality of fish farming in Ilha Solteira reservoir, São Paulo, Brazil. **Aquaculture**, [s. l.], v. 536, n. January 2020, 2021.
- POST, D. M. *et al.* Getting to the fat of the matter: Models, methods and assumptions for dealing with lipids in stable isotope analyses. **Oecologia**, [s. l.], v. 152, n. 1, p. 179–189, 2007.
- QUEIROZ-SOUSA, J. *et al.* Biology, ecology and biogeography of the South American silver croaker, an important Neotropical fish species in South America. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, [s. l.], v. 28, n. 4, p. 693–714, 2018.
- QUEVEDO, M.; SVANBÄCK, R.; EKLÖAV, P. Intrapopulation niche partitioning in a generalist predator limits food web connectivity. **Ecology**, [s. l.], v. 90, n. 8, p. 2263–2274, 2009.
- QUEZADA-ROMEGIALLI, C.; JACKSON, A.L.; HARROD, C. tRophicPosition: Bayesian trophic position calculation with stable isotopes. **R package version 0.7.7.**, 2019. Disponível em: <https://CRAN.Rproject.org/package=tRophicPosition>. Acesso em: 19 jan. 2023.
- RAMOS, J. K. K. *et al.* Characterization of wild fish diet and trophic guild in a protected area. **Acta Limnologica Brasiliensia**, [s. l.], v. 34, 2022.
- RAMOS, I. P. *et al.* Interference of cage fish farm on diet, condition factor and numeric abundance on wild fish in a Neotropical reservoir. **Aquaculture**, [s. l.], v. 414–415, p. 56–62, 2013.
- RAMOS, I. P.; VIDOTTO-MAGNONI, A. P.; CARVALHO, E. D. Influence of cage fish farming on the diet of dominant fish species of a Brazilian reservoir (Tietê River, High Paraná River basin). **Acta Limnologica Brasiliensia**, [s. l.], v. 20, n. 3, p. 245–252, 2008.
- RAO, C. R. **A review of canonical coordinates and an alternative to correspondence analysis using Hellinger distance**. [S. l.: s. n.], 1995.
- R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2022. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 17 jan. 2023.
- RIBEIRO, P. A. P. *et al.* Manejo nutricional e alimentar de peixes de água doce, 2012. Disponível em: <https://vet.ufmg.br/ARQUIVOS/EDITORIA/20131002140549.pdf>. Acesso em: 19 jan. 2023.
- ROWLINGSON, B.; DIGGLE, P. **_splancs: Spatial and Space-Time Point Pattern Analysis. R package version 2.01-43**, 2022. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=splancs>. Acesso em: 14 jan. 2023.
- RUIZ-FERNÁNDEZ, A. C. *et al.* Recent sedimentary history of anthropogenic impacts on the Culiacan River Estuary, northwestern Mexico: Geochemical evidence from organic matter and nutrients. **Environmental Pollution**, [s. l.], v. 118, n. 3, p. 365–377, 2002.
- SANCHEZ-JEREZ, P. *et al.* Coastal fish farms as fish aggregation devices (FADs). **In:**

- BORTONE, S.A. *et al.* (Eds.), Artificial Reefs in Fishery Management. USA: CRC Press, pp. 187–208, 2011.
- SCHEFFE, H. Corrections: A Method for Judging All Contrasts in the Analysis of Variance. **Biometrika**, [s. l.], v. 40, n. 1, p. 87–110, 1953.
- SCHOENER, T. W. Theory of Feeding Strategies. **Annual Review of Ecology and Systematics**, [s. l.], v. 2, p. 369–404, 1971.
- STOCK, B.C.; SEMMENS, B.X. “**MixSIAR GUI User Manual**”, 2016a. Disponível em: <https://github.com/brianstock/MixSIAR>. Acesso em: 14 jan. 2023
- STOCK, B. C.; SEMMENS, B. X. Unifying error structures in commonly used biotracer mixing models. **Ecology**, [s. l.], v. 97, n. 10, p. 2562–2569, 2016b.
- VIZZINI, S.; MAZZOLA, A. Stable isotope evidence for the environmental impact of a land-based fish farm in the western Mediterranean. **Marine Pollution Bulletin**, [s. l.], v. 49, n. 1–2, p. 61–70, 2004.
- WETZEL, R. G. **Limnology: Lake and River Ecosystems**. Third Edited. California, USA: Academic Press, 2001.
- WITZ, K. *et al.* Applied Statistics for the Behavioral Sciences. **Journal of Educational Statistics**, [s. l.], v. 15, n. 1, p. 84, 1990.
- YOFUKUJI, K. Y. *et al.* Macrophyte diversity alters invertebrate community and fish diet. **Hydrobiologia**, [s. l.], v. 848, n. 4, p. 913–927, 2021.

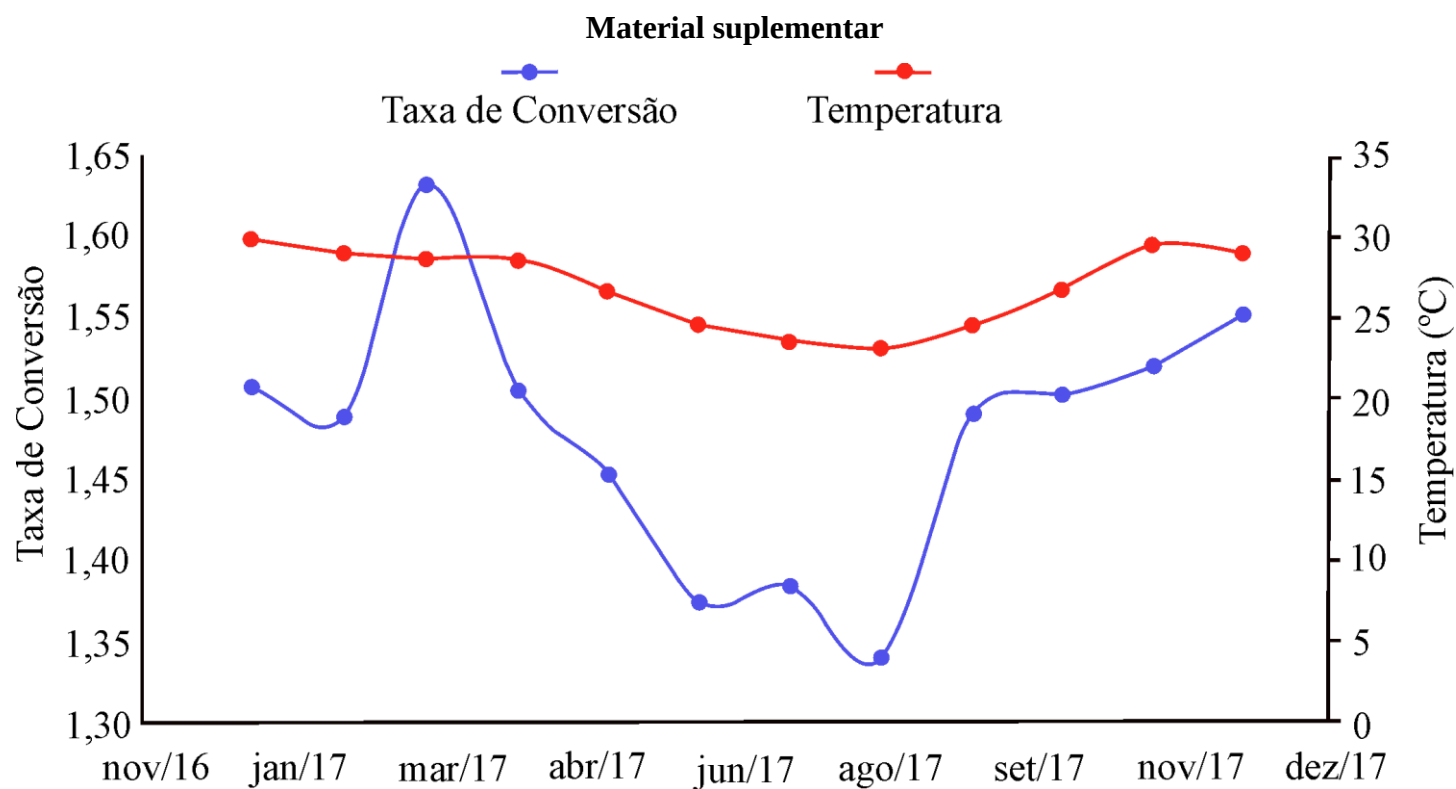


Figura S1. Taxa de conversão alimentar de *Oreochromis niloticus* e temperatura média da água em 2017, em piscicultura no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná, São Paulo, Brasil (Fonte: Dr. Michael Kengo Itagaki).

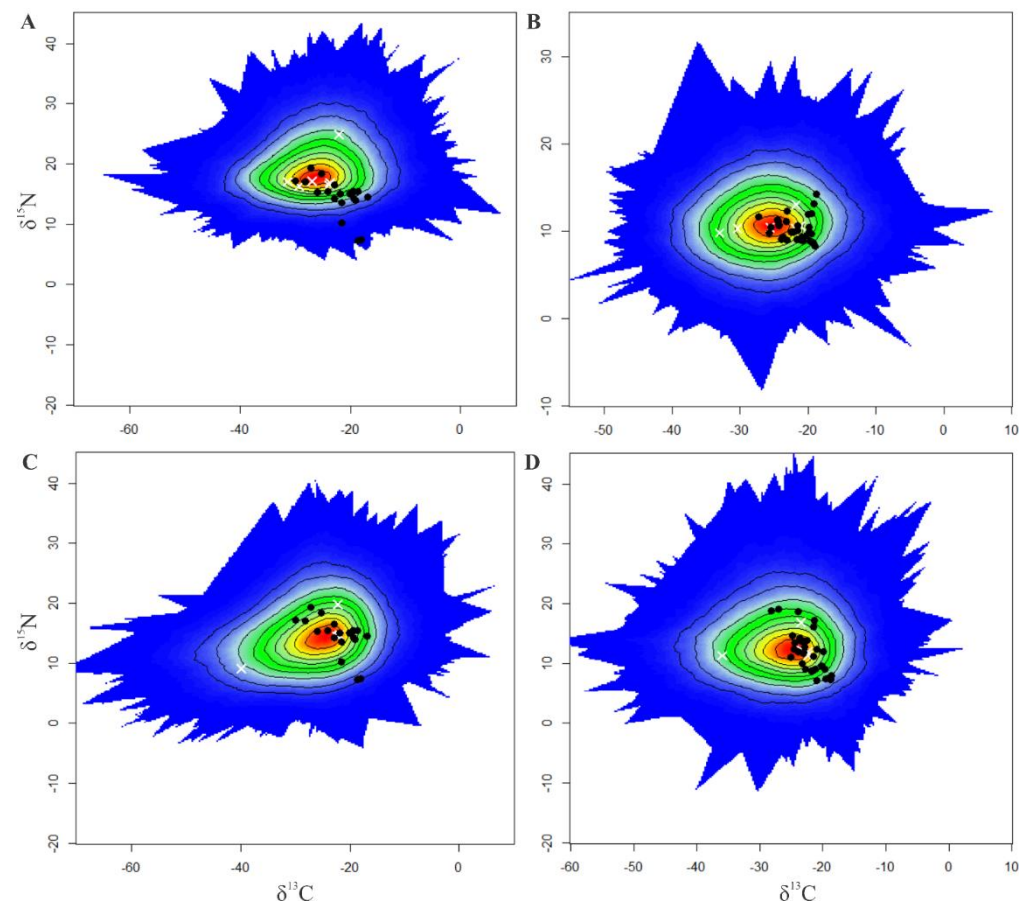


Figura S2. A região de mistura simulada para *Geophagus sveni* considerando os locais (CT- A e C; TR – B e D) e anos de amostragem (ano 1- A e B; ano 2- C e D) no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná, São Paulo, Brasil. As posições dos peixes consumidores (pontos pretos) e as assinaturas médias da fonte (cruzes brancas) são mostradas. Os contornos de probabilidade estão no nível de 5% (contorno mais externo) e a cada nível de 10%. Quando os consumidores individuais estão localizados fora da região do polígono de mistura de 95%, eles não podem ser explicados com segurança pelas fontes de alimentos disponíveis e dessa forma, o modelo de mistura não pode ser utilizado (PHILLIPS *et al.*, 2014).

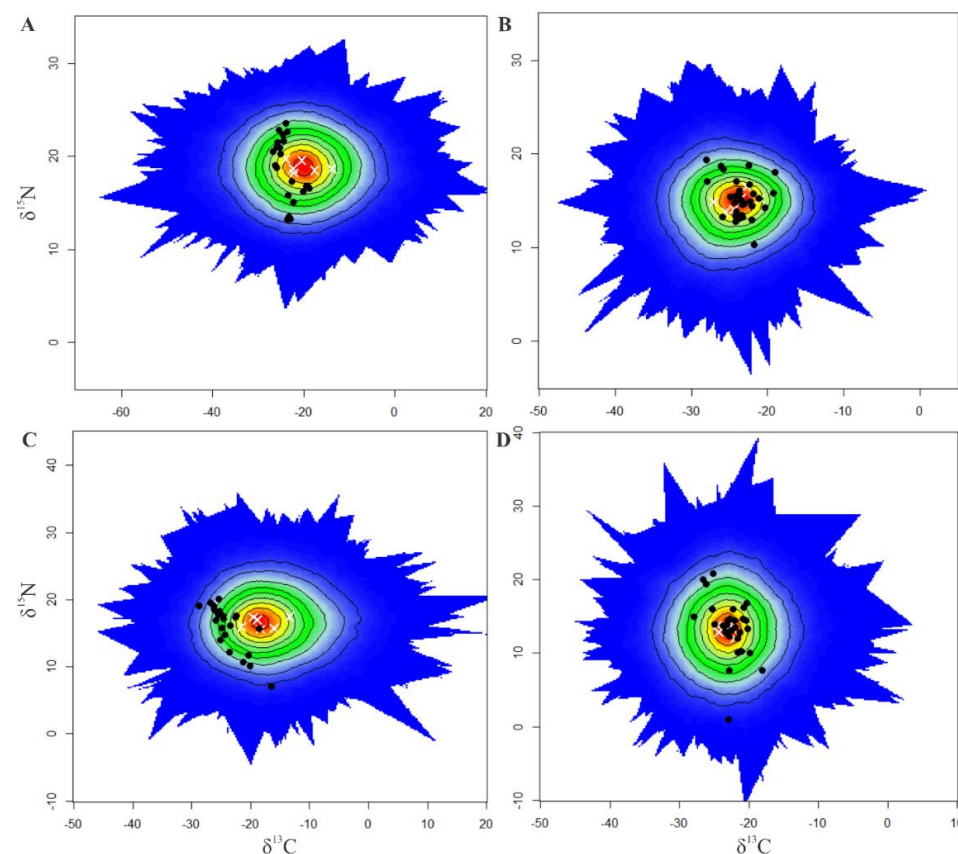


Figura S3. A região de mistura simulada para *Plagioscion squamosissimus* considerando os locais (CT- A e C; TR – B e D) e anos de amostragem (ano 1- A e B; ano 2- C e D) no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná, São Paulo, Brasil. As posições dos peixes consumidores (pontos pretos) e as assinaturas médias da fonte (cruzes brancas) são mostradas. Os contornos de probabilidade estão no nível de 5% (contorno mais externo) e a cada nível de 10%. Quando os consumidores individuais estão localizados fora da região do polígono de mistura de 95%, eles não podem ser explicados com segurança pelas fontes de alimentos disponíveis e dessa forma, o modelo de mistura não pode ser utilizado (PHILLIPS *et al.*, 2014).

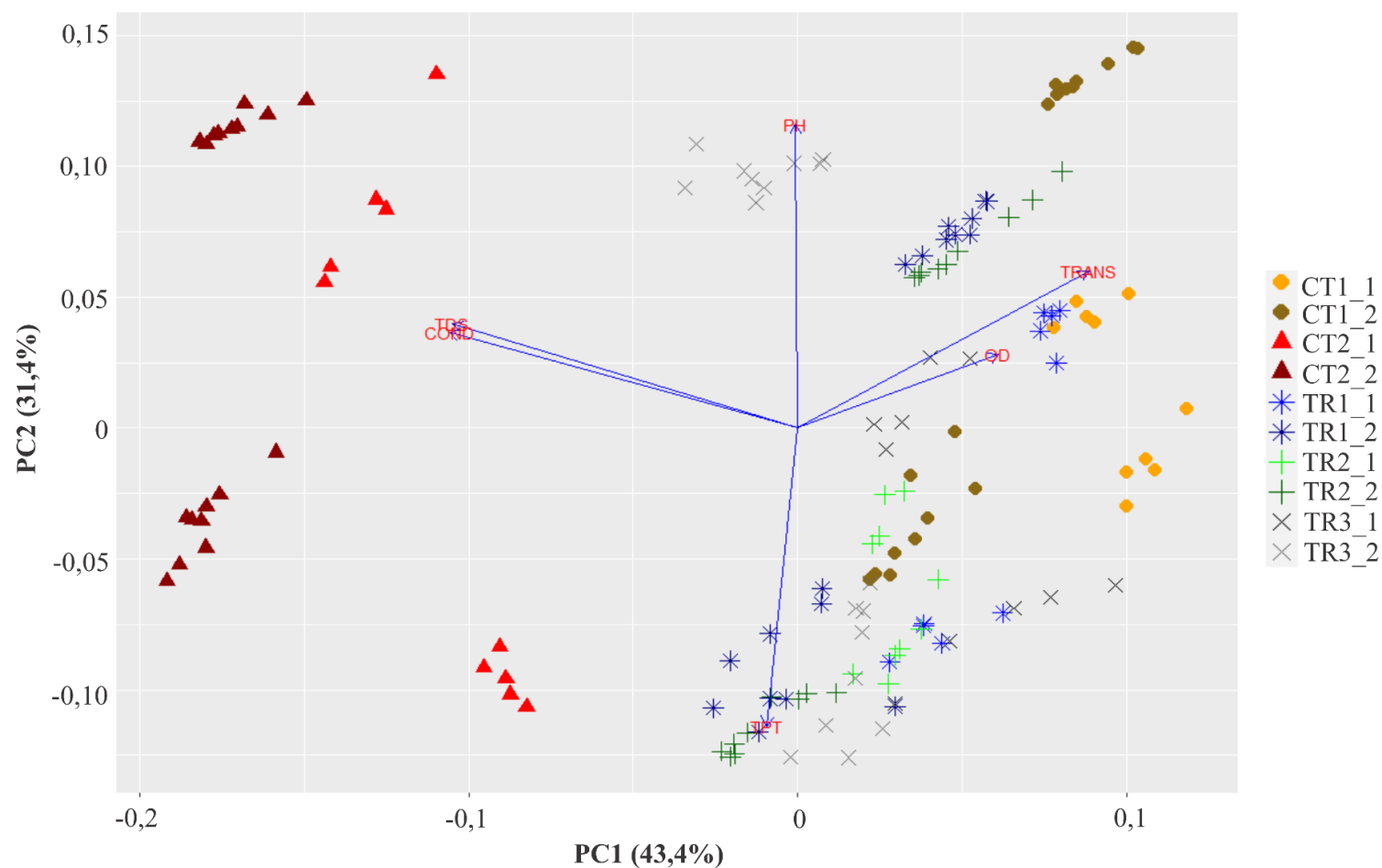


Figura S4. Análise de componentes principais (PC) indicando a relação entre os aspectos físico-químicos e os locais sem (CT1, CT2) e com pisciculturas (TR1, TR2 e TR3) e ano (1 e 2) de amostragem, no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná, São Paulo, Brasil. CT1_1 indica local CT1 no ano 1 e assim sucessivamente. TRANS=transparência, OD=oxigênio dissolvido, TPT=temperatura, COND=condutividade, TDS=sólidos totais dissolvidos.

Tabela S1. Estatísticas ANOVA para modelos de efeitos fixos (local e período) e efeito aleatório (ano), para alimentação de *Geophagus sveni* e *Plagioscion squamosissimus* no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná, São Paulo, Brasil. Z e p são baseados em 1.000 permutações aleatórias usando RRPP. Período:Ano indica interação entre o efeito fixo período e o efeito aleatório Ano. Valores em negrito indicam significância estatística.

<i>Geophagus sveni</i>							
Fonte	Df	SS	MS	R ²	F	Z	p
Local	4	29,71	7,42	0,07	11,92	8,22	0,001
Período	1	6,91	6,91	0,01	0,83	-0,24	0,602
Período:Ano	2	16,61	8,3	0,04	13,33	7,07	0,001
Resíduos	572	356,28	0,62	0,86			
Total	579	411,78					
<i>Plagioscion squamosissimus</i>							
Local	4	10,74	2,68	0,03	5,31	4,19	0,001
Período	1	1,67	1,66	0,003	0,49	-0,75	0,767
Período:Ano	2	6,67	3,33	0,01	6,59	3,87	0,001
Resíduos	846	427,74	0,5	0,94			
Total	853	453,3					

Tabela S2. Comparações pareadas (pós-teste de TukeyHSD* ou Dunn) das razões de isótopos estáveis de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) e nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$) dos recursos alimentares amostrados no grupo CT (locais sem a presença de pisciculturas), ano 1, no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná, São Paulo, Brasil. Valores em negrito correspondem aos pares de recursos alimentares que apresentaram diferenças significativas e não puderam ser agrupados. diff: diferença entre as médias dos grupos; lwr: limite inferior do intervalo de confiança da diferença entre as médias; upr: limite superior do intervalo de confiança da diferença entre as médias; MOPG: matéria orgânica particulada grossa; MOPF: matéria orgânica particulada fina.

$\delta^{13}\text{C}$					$\delta^{15}\text{N}^*$				
Recursos alimentares	χ^2	Z	P	P ajustado	Recursos alimentares	diff	lwr	upr	P ajustado
Alga - Bivalvia	35,42	0,54	0,29	1,00	Vegetal terrestre-Sedimento	0,54	-6,01	7,10	1,00
Alga - Decapoda	35,42	0,59	0,28	1,00	MOPG-Sedimento	0,77	-6,31	7,84	1,00
Bivalvia - Decapoda	35,42	0,07	0,47	1,00	Inseto terrestre-Sedimento	1,39	-5,16	7,94	1,00
Alga - <i>Geophagus</i> sp.	35,42	0,97	0,17	1,00	Alga-Sedimento	4,39	-3,64	12,41	0,81

Bivalvia - <i>Geophagus</i> sp.	35,42	0,58	0,28	1,00
Decapoda - <i>Geophagus</i> sp.	35,42	0,52	0,30	1,00
Alga - MOPG	35,42	2,14	0,02	1,00
Bivalvia - MOPG	35,42	1,95	0,03	1,00
Decapoda - MOPG	35,42	1,89	0,03	1,00
<i>Geophagus</i> sp. - MOPG	35,42	1,08	0,14	1,00
Alga - Crustacea	35,42	1,02	0,15	1,00
Bivalvia - Crustacea	35,42	0,70	0,24	1,00
Decapoda - Crustacea	35,42	0,66	0,26	1,00
<i>Geophagus</i> sp. - Crustacea	35,42	0,23	0,41	1,00
MOPG - Crustacea	35,42	-0,61	0,27	1,00
Alga - Gastropoda	35,42	-0,50	0,31	1,00
Bivalvia - Gastropoda	35,42	-1,12	0,13	1,00
Decapoda - Gastropoda	35,42	-1,17	0,12	1,00
<i>Geophagus</i> sp. - Gastropoda	35,42	-1,47	0,07	1,00
MOPG - Gastropoda	35,42	-2,69	0,00	0,43
Crustacea - Gastropoda	35,42	-1,43	0,08	1,00
Alga - Inseto aquático	35,42	0,16	0,44	1,00
Bivalvia - Inseto aquático	35,42	-0,42	0,34	1,00
Decapoda - Inseto aquático	35,42	-0,48	0,31	1,00
<i>Geophagus</i> sp. - Inseto aquático	35,42	-0,90	0,18	1,00
MOPG - Inseto aquático	35,42	-2,22	0,01	1,00
Crustacea - Inseto aquático	35,42	-0,96	0,17	1,00
Gastropoda - Inseto aquático	35,42	0,71	0,24	1,00
Alga - Inseto terrestre	35,42	0,29	0,39	1,00
Bivalvia - Inseto terrestre	35,42	-0,31	0,38	1,00
Decapoda - Inseto terrestre	35,42	-0,38	0,35	1,00
<i>Geophagus</i> sp. - Inseto terrestre	35,42	-0,83	0,20	1,00
MOPG - Inseto terrestre	35,42	-2,23	0,01	1,00
Crustacea - Inseto terrestre	35,42	-0,89	0,19	1,00

MOPF-Sedimento	4,40	-1,02	9,81	0,23
Perifiton-Sedimento	4,59	-1,96	11,15	0,45
Macrófita C3-Sedimento	4,96	-1,60	11,51	0,33
Bivalvia-Sedimento	7,27	0,71	13,82	0,02
Gastropoda-Sedimento	7,66	-0,37	15,68	0,08
Inseto aquático-Sedimento	7,69	0,61	14,77	0,02
Astyanax sp.-Sedimento	8,34	0,32	16,37	0,03
<i>Phalloceros</i> sp.-Sedimento	8,77	-1,59	19,14	0,18
<i>Geophagus</i> sp.-Sedimento	9,14	1,12	17,17	0,01
Decapoda-Sedimento	10,03	3,48	16,59	0,00
Crustacea-Sedimento	10,15	-0,21	20,52	0,06
MOPG-Vegetal terrestre	0,22	-6,86	7,30	1,00
Inseto terrestre-Vegetal terrestre	0,85	-5,71	7,40	1,00
Alga-Vegetal terrestre	3,85	-4,18	11,87	0,92
MOPF-Vegetal terrestre	3,85	-1,56	9,26	0,43
Perifiton-Vegetal terrestre	4,05	-2,50	10,60	0,65
Macrófita C3-Vegetal terrestre	4,41	-2,14	10,97	0,52
Bivalvia-Vegetal terrestre	6,72	0,17	13,28	0,04
Gastropoda-Vegetal terrestre	7,12	-0,91	15,14	0,13
Inseto aquático-Vegetal terrestre	7,15	0,07	14,23	0,05
<i>Astyanax</i> sp.-Vegetal terrestre	7,80	-0,23	15,83	0,06
<i>Phalloceros</i> sp.-Vegetal terrestre	8,23	-2,13	18,59	0,26
<i>Geophagus</i> sp.-Vegetal terrestre	8,60	0,57	16,63	0,03
Decapoda-Vegetal terrestre	9,49	2,94	16,04	0,00
Crustacea-Vegetal terrestre	9,61	-0,75	19,97	0,09
Inseto terrestre-MOPG	0,62	-6,45	7,70	1,00
Alga-MOPG	3,62	-4,84	12,08	0,97
MOPF-MOPG	3,63	-2,41	9,67	0,69
Perifiton-MOPG	3,83	-3,25	10,91	0,82
Macrófita C3-MOPG	4,19	-2,89	11,27	0,71

Gastropoda - Inseto terrestre	35,42	0,86	0,19	1,00
Inseto aquático - Inseto terrestre	35,42	0,14	0,45	1,00
Alga - <i>Astyanax</i> sp.	35,42	0,41	0,34	1,00
Bivalvia - <i>Astyanax</i> sp.	35,42	-0,07	0,47	1,00
Decapoda - <i>Astyanax</i> sp.	35,42	-0,13	0,45	1,00
<i>Geophagus</i> sp. - <i>Astyanax</i> sp.	35,42	-0,56	0,29	1,00
MOPG - <i>Astyanax</i> sp.	35,42	-1,70	0,04	1,00
Crustacea - <i>Astyanax</i> sp.	35,42	-0,69	0,25	1,00
Gastropoda - <i>Astyanax</i> sp.	35,42	0,91	0,18	1,00
Inseto aquático - <i>Astyanax</i> sp.	35,42	0,28	0,39	1,00
Inseto terrestre - <i>Astyanax</i> sp.	35,42	0,18	0,43	1,00
Alga - Macrófita C3	35,42	1,30	0,10	1,00
Bivalvia - Macrófita C3	35,42	0,93	0,18	1,00
Decapoda - Macrófita C3	35,42	0,86	0,19	1,00
<i>Geophagus</i> sp. - Macrófita C3	35,42	0,18	0,43	1,00
MOPG - Macrófita C3	35,42	-1,09	0,14	1,00
Crustacea - Macrófita C3	35,42	-0,11	0,46	1,00
Gastropoda - Macrófita C3	35,42	1,87	0,03	1,00
Inseto aquático - Macrófita C3	35,42	1,28	0,10	1,00
Inseto terrestre - Macrófita C3	35,42	1,24	0,11	1,00
<i>Astyanax</i> sp. - Macrófita C3	35,42	0,83	0,20	1,00
Alga - Perifiton	35,42	0,07	0,47	1,00
Bivalvia - Perifiton	35,42	-0,57	0,28	1,00
Decapoda - Perifiton	35,42	-0,64	0,26	1,00
<i>Geophagus</i> sp. - Perifiton	35,42	-1,05	0,15	1,00
MOPG - Perifiton	35,42	-2,48	0,01	0,79
Crustacea - Perifiton	35,42	-1,06	0,14	1,00
Gastropoda - Perifiton	35,42	0,65	0,26	1,00
Inseto aquático - Perifiton	35,42	-0,11	0,46	1,00
Inseto terrestre - Perifiton	35,42	-0,26	0,40	1,00

Bivalvia-MOPG	6,50	-0,58	13,58	0,10
Gastropoda-MOPG	6,89	-1,57	15,35	0,22
Inseto aquático-MOPG	6,92	-0,64	14,49	0,10
<i>Astyanax</i> sp.-MOPG	7,58	-0,88	16,04	0,12
<i>Phalloceros</i> sp.-MOPG	8,01	-2,70	18,71	0,35
<i>Geophagus</i> sp.-MOPG	8,38	-0,08	16,84	0,05
Decapoda-MOPG	9,27	2,19	16,35	0,00
Crustacea-MOPG	9,39	-1,32	20,09	0,14
Alga-Inseto terrestre	3,00	-5,03	11,02	0,99
MOPF-Inseto terrestre	3,01	-2,41	8,42	0,79
Perifiton-Inseto terrestre	3,20	-3,35	9,76	0,91
Macrófita C3-Inseto terrestre	3,57	-2,99	10,12	0,82
Bivalvia-Inseto terrestre	5,88	-0,68	12,43	0,12
Gastropoda-Inseto terrestre	6,27	-1,76	14,29	0,28
Inseto aquático-Inseto terrestre	6,30	-0,78	13,38	0,13
<i>Astyanax</i> sp.-Inseto terrestre	6,95	-1,07	14,98	0,15
<i>Phalloceros</i> sp.-Inseto terrestre	7,38	-2,98	17,75	0,42
<i>Geophagus</i> sp.-Inseto terrestre	7,75	-0,27	15,78	0,07
Decapoda-Inseto terrestre	8,64	2,09	15,20	0,00
Crustacea-Inseto terrestre	8,76	-1,60	19,13	0,18
MOPF-Alga	0,01	-7,12	7,13	1,00
Perifiton-Alga	0,20	-7,82	8,23	1,00
Macrófita C3-Alga	0,57	-7,46	8,59	1,00
Bivalvia-Alga	2,88	-5,15	10,90	0,99
Gastropoda-Alga	3,27	-6,00	12,54	0,99
Inseto aquático-Alga	3,30	-5,16	11,76	0,98
<i>Astyanax</i> sp.-Alga	3,96	-5,31	13,22	0,97
<i>Phalloceros</i> sp.-Alga	4,38	-6,97	15,74	0,99
<i>Geophagus</i> sp.-Alga	4,75	-4,51	14,02	0,87
Decapoda-Alga	5,65	-2,38	13,67	0,45

<i>Astyanax</i> sp. - Perifiton	35,42	-0,40	0,35	1,00
Macrófita C3 - Perifiton	35,42	-1,50	0,07	1,00
Alga - <i>Phalloceros</i> sp.	35,42	-0,20	0,42	1,00
Bivalvia - <i>Phalloceros</i> sp.	35,42	-0,64	0,26	1,00
Decapoda - <i>Phalloceros</i> sp.	35,42	-0,68	0,25	1,00
<i>Geophagus</i> sp. - <i>Phalloceros</i> sp.	35,42	-0,99	0,16	1,00
MOPG - <i>Phalloceros</i> sp.	35,42	-1,91	0,03	1,00
Crustacea - <i>Phalloceros</i> sp.	35,42	-1,06	0,14	1,00
Gastropoda - <i>Phalloceros</i> sp.	35,42	0,20	0,42	1,00
Inseto aquático - <i>Phalloceros</i> sp.	35,42	-0,34	0,37	1,00
Inseto terrestre - <i>Phalloceros</i> sp.	35,42	-0,45	0,33	1,00
<i>Astyanax</i> sp. - <i>Phalloceros</i> sp.	35,42	-0,54	0,30	1,00
Macrófita C3 - <i>Phalloceros</i> sp.	35,42	-1,23	0,11	1,00
Perifiton - <i>Phalloceros</i> sp.	35,42	-0,28	0,39	1,00
Alga - MOPF	35,42	2,50	0,01	0,76
Bivalvia - MOPF	35,42	2,48	0,01	0,78
Decapoda - MOPF	35,42	2,40	0,01	0,98
<i>Geophagus</i> sp. - MOPF	35,42	1,24	0,11	1,00
MOPG - MOPF	35,42	-0,06	0,48	1,00
Crustacea - MOPF	35,42	0,64	0,26	1,00
Gastropoda - MOPF	35,42	3,14	0,00	0,10
Inseto aquático - MOPF	35,42	2,72	0,00	0,39
Inseto terrestre - MOPF	35,42	2,86	0,00	0,26
<i>Astyanax</i> sp. - MOPF	35,42	1,97	0,02	1,00
Macrófita C3 - MOPF	35,42	1,36	0,09	1,00
Perifiton - MOPF	35,42	3,18	0,00	0,09
<i>Phalloceros</i> sp. - MOPF	35,42	2,08	0,02	1,00
Alga - Sedimento	35,42	-0,23	0,41	1,00
Bivalvia - Sedimento	35,42	-0,95	0,17	1,00
Decapoda - Sedimento	35,42	-1,02	0,16	1,00

Crustacea-Alga	5,76	-5,59	17,12	0,88
Perifiton-MOPF	0,20	-5,21	5,61	1,00
Macrófita C3-MOPF	0,56	-4,85	5,97	1,00
Bivalvia-MOPF	2,87	-2,54	8,28	0,84
Gastropoda-MOPF	3,26	-3,86	10,39	0,94
Inseto aquático-MOPF	3,29	-2,74	9,33	0,81
<i>Astyanax</i> sp.-MOPF	3,95	-3,18	11,07	0,80
<i>Phalloceros</i> sp.-MOPF	4,38	-5,30	14,06	0,95
<i>Geophagus</i> sp.-MOPF	4,75	-2,38	11,87	0,53
Decapoda-MOPF	5,64	0,23	11,05	0,03
Crustacea-MOPF	5,76	-3,92	15,44	0,71
Macrófita C3-Perifiton	0,36	-6,19	6,92	1,00
Bivalvia-Perifiton	2,67	-3,88	9,23	0,98
Gastropoda-Perifiton	3,07	-4,96	11,09	0,99
Inseto aquático-Perifiton	3,10	-3,98	10,18	0,96
<i>Astyanax</i> sp.-Perifiton	3,75	-4,28	11,78	0,93
<i>Phalloceros</i> sp.-Perifiton	4,18	-6,18	14,54	0,98
<i>Geophagus</i> sp.-Perifiton	4,55	-3,48	12,58	0,77
Decapoda-Perifiton	5,44	-1,11	11,99	0,20
Crustacea-Perifiton	5,56	-4,80	15,92	0,83
Bivalvia-Macrófita C3	2,31	-4,24	8,86	0,99
Gastropoda-Macrófita C3	2,70	-5,32	10,73	1,00
Inseto aquático-Macrófita C3	2,73	-4,34	9,81	0,99
<i>Astyanax</i> sp.-Macrófita C3	3,39	-4,64	11,41	0,97
<i>Phalloceros</i> sp.-Macrófita C3	3,82	-6,55	14,18	0,99
<i>Geophagus</i> sp.-Macrófita C3	4,19	-3,84	12,21	0,86
Decapoda-Macrófita C3	5,08	-1,48	11,63	0,29
Crustacea-Macrófita C3	5,20	-5,17	15,56	0,89
Gastropoda-Bivalvia	0,39	-7,63	8,42	1,00
Inseto aquático-Bivalvia	0,42	-6,65	7,50	1,00

<i>Geophagus</i> sp. - Sedimento	35,42	-1,35	0,09	1,00	<i>Astyanax</i> sp.-Bivalvia	1,08	-6,95	9,10	1,00
MOPG - Sedimento	35,42	-2,83	0,00	0,28	<i>Phalloceros</i> sp.-Bivalvia	1,51	-8,86	11,87	1,00
Crustacea - Sedimento	35,42	-1,30	0,10	1,00	<i>Geophagus</i> sp.-Bivalvia	1,88	-6,15	9,90	1,00
Gastropoda - Sedimento	35,42	0,34	0,37	1,00	Decapoda-Bivalvia	2,77	-3,79	9,32	0,97
Inseto aquático - Sedimento	35,42	-0,46	0,32	1,00	Crustacea-Bivalvia	2,89	-7,48	13,25	1,00
Inseto terrestre - Sedimento	35,42	-0,64	0,26	1,00	Inseto aquático-Gastropoda	0,03	-8,43	8,49	1,00
<i>Astyanax</i> sp. - Sedimento	35,42	-0,70	0,24	1,00	<i>Astyanax</i> sp.-Gastropoda	0,69	-8,58	9,95	1,00
Macrófita C3 - Sedimento	35,42	-1,88	0,03	1,00	<i>Phalloceros</i> sp.-Gastropoda	1,12	-10,24	12,47	1,00
Perifiton - Sedimento	35,42	-0,38	0,35	1,00	<i>Geophagus</i> sp.-Gastropoda	1,48	-7,78	10,75	1,00
<i>Phalloceros</i> sp. - Sedimento	35,42	0,04	0,48	1,00	Decapoda-Gastropoda	2,38	-5,65	10,40	1,00
MOPF - Sedimento	35,42	-3,63	0,00	0,02	Crustacea-Gastropoda	2,50	-8,86	13,85	1,00
Alga - Vegetal terrestre	35,42	1,62	0,05	1,00	<i>Astyanax</i> sp.-Inseto aquático	0,65	-7,81	9,11	1,00
Bivalvia - Vegetal terrestre	35,42	1,32	0,09	1,00	<i>Phalloceros</i> sp.-Inseto aquático	1,08	-9,62	11,79	1,00
Decapoda - Vegetal terrestre	35,42	1,26	0,10	1,00	<i>Geophagus</i> sp.-Inseto aquático	1,45	-7,01	9,91	1,00
<i>Geophagus</i> sp. - Vegetal terrestre	35,42	0,50	0,31	1,00	Decapoda-Inseto aquático	2,34	-4,74	9,42	1,00
MOPG - Vegetal terrestre	35,42	-0,72	0,24	1,00	Crustacea-Inseto aquático	2,46	-8,24	13,17	1,00
Crustacea - Vegetal terrestre	35,42	0,14	0,44	1,00	<i>Phalloceros</i> sp.- <i>Astyanax</i> sp.	0,43	-10,92	11,78	1,00
Gastropoda - Vegetal terrestre	35,42	2,20	0,01	1,00	<i>Geophagus</i> sp.- <i>Astyanax</i> sp.	0,80	-8,47	10,07	1,00
Inseto aquático - Vegetal terrestre	35,42	1,65	0,05	1,00	Decapoda- <i>Astyanax</i> sp.	1,69	-6,34	9,72	1,00
Inseto terrestre - Vegetal terrestre	35,42	1,63	0,05	1,00	Crustacea- <i>Astyanax</i> sp.	1,81	-9,54	13,16	1,00
<i>Astyanax</i> sp. - Vegetal terrestre	35,42	1,15	0,12	1,00	<i>Geophagus</i> sp.- <i>Phalloceros</i> sp.	0,37	-10,98	11,72	1,00
Macrófita C3 - Vegetal terrestre	35,42	0,40	0,35	1,00	Decapoda- <i>Phalloceros</i> sp.	1,26	-9,10	11,62	1,00
Perifiton - Vegetal terrestre	35,42	1,90	0,03	1,00	Crustacea- <i>Phalloceros</i> sp.	1,38	-11,73	14,49	1,00
<i>Phalloceros</i> sp. - Vegetal terrestre	35,42	1,48	0,07	1,00	Decapoda- <i>Geophagus</i> sp.	0,89	-7,14	8,92	1,00
MOPF - Vegetal terrestre	35,42	-0,88	0,19	1,00	Crustacea- <i>Geophagus</i> sp.	1,01	-10,34	12,36	1,00
Sedimento - Vegetal terrestre	35,42	2,27	0,01	1,00	Crustacea-Decapoda	0,12	-10,24	10,48	1,00

Tabela S3. Comparações pareadas (TukeyHSD* ou Dunn) das razões de isótopos estáveis de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) e nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$) dos recursos alimentares amostrados no grupo CT (loais sem a presença de pisciculturas), ano 2, no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná, São Paulo, Brasil. Valores em negrito correspondem aos pares de recursos alimentares que apresentaram diferenças significativas e não puderam ser agrupados. diff: diferença entre as médias dos grupos; lwr: limite inferior do intervalo de confiança da diferença entre as médias; upr: limite superior do intervalo de confiança da diferença entre as médias; MOPG: matéria orgânica particulada grossa; MOPF: matéria orgânica particulada fina.

$\delta^{13}\text{C}$					$\delta^{15}\text{N}$ *				
Recursos alimentares	χ^2	Z	P	P ajustado	Recursos alimentares	diff	lwr	upr	P ajustado
Alga - Bivalvia	33,03	-0,38	0,35	1,00	Fezes bovinas-Vegetal terrestre	0,32	-7,95	8,60	1,00
Alga - Decapoda	33,03	0,64	0,26	1,00	Inseto terrestre-Vegetal terrestre	2,90	-2,75	8,55	0,85
Bivalvia - Decapoda	33,03	1,02	0,15	1,00	Alga-Vegetal terrestre	5,00	-0,65	10,65	0,13
Alga - MOPG	33,03	2,42	0,01	0,71	MOPG-Vegetal terrestre	5,26	-1,15	11,67	0,21
Bivalvia - MOPG	33,03	2,76	0,00	0,26	Macrófita C4-Vegetal terrestre	5,54	-0,87	11,95	0,15
Decapoda - MOPG	33,03	1,85	0,03	1,00	Sedimento-Vegetal terrestre	5,55	0,32	10,78	0,03
Alga - Fezes bovinas	33,03	0,29	0,39	1,00	MOPF-Vegetal terrestre	5,62	1,35	9,90	0,00
Bivalvia - Fezes bovinas	33,03	0,56	0,29	1,00	Macrófita C3-Vegetal terrestre	5,63	1,25	10,01	0,00
Decapoda - Fezes bovinas	33,03	-0,16	0,44	1,00	Inseto aquático-Vegetal terrestre	6,31	-0,10	12,72	0,06
MOPG - Fezes bovinas	33,03	-1,53	0,06	1,00	Decapoda-Vegetal terrestre	7,04	1,38	12,69	0,00
Alga - MOPF	33,03	1,40	0,08	1,00	Bivalvia-Vegetal terrestre	7,42	1,77	13,07	0,00
Bivalvia - MOPF	33,03	1,89	0,03	1,00	Gastropoda-Vegetal terrestre	7,83	2,17	13,48	0,00
Decapoda - MOPF	33,03	0,60	0,28	1,00	Geophagus sp.-Vegetal terrestre	10,40	4,75	16,06	0,00
MOPG - MOPF	33,03	-1,70	0,04	1,00	Inseto terrestre-Fezes bovinas	2,58	-5,97	11,12	1,00
Fezes bovinas - MOPF	33,03	0,55	0,29	1,00	Alga-Fezes bovinas	4,68	-3,87	13,22	0,79
Alga - Gastropoda	33,03	-0,46	0,32	1,00	MOPG-Fezes bovinas	4,94	-4,13	14,01	0,79
Bivalvia - Gastropoda	33,03	-0,08	0,47	1,00	Macrófita C4-Fezes bovinas	5,22	-3,85	14,28	0,73
Decapoda - Gastropoda	33,03	-1,10	0,14	1,00	Sedimento-Fezes bovinas	5,23	-3,05	13,50	0,60
MOPG - Gastropoda	33,03	-2,83	0,00	0,21	MOPF-Fezes bovinas	5,30	-2,41	13,00	0,46
Fezes bovinas - Gastropoda	33,03	-0,61	0,27	1,00	Macrófita C3-Fezes bovinas	5,31	-2,46	13,07	0,48
MOPF - Gastropoda	33,03	-1,98	0,02	1,00	Inseto aquático-Fezes bovinas	5,99	-3,08	15,06	0,53
Alga - Inseto aquático	33,03	0,88	0,19	1,00	Decapoda-Fezes bovinas	6,71	-1,83	15,26	0,27

Bivalvia - Inseto aquático	33,03	1,22	0,11	1,00	Bivalvia-Fezes bovinas	7,10	-1,45	15,64	0,20
Decapoda - Inseto aquático	33,03	0,31	0,38	1,00	Gastropoda-Fezes bovinas	7,50	-1,04	16,05	0,14
MOPG - Inseto aquático	33,03	-1,40	0,08	1,00	Geophagus sp.-Fezes bovinas	10,08	1,53	18,63	0,01
Fezes bovinas - Inseto aquático	33,03	0,38	0,35	1,00	Alga-Inseto terrestre	2,10	-3,94	8,14	0,99
MOPF - Inseto aquático	33,03	-0,14	0,45	1,00	MOPG-Inseto terrestre	2,36	-4,39	9,12	0,99
Gastropoda - Inseto aquático	33,03	1,29	0,10	1,00	Macrófita C4-Inseto terrestre	2,64	-4,12	9,40	0,98
Alga - Inseto terrestre	33,03	1,33	0,09	1,00	Sedimento-Inseto terrestre	2,65	-3,00	8,30	0,91
Bivalvia - Inseto terrestre	33,03	1,71	0,04	1,00	MOPF-Inseto terrestre	2,72	-2,06	7,50	0,74
Decapoda - Inseto terrestre	33,03	0,69	0,25	1,00	Macrófita C3-Inseto terrestre	2,73	-2,14	7,60	0,76
MOPG - Inseto terrestre	33,03	-1,23	0,11	1,00	Inseto aquático-Inseto terrestre	3,41	-3,34	10,17	0,86
Fezes bovinas - Inseto terrestre	33,03	0,65	0,26	1,00	Decapoda-Inseto terrestre	4,14	-1,91	10,18	0,47
MOPF - Inseto terrestre	33,03	0,27	0,39	1,00	Bivalvia-Inseto terrestre	4,52	-1,52	10,56	0,34
Gastropoda - Inseto terrestre	33,03	1,78	0,04	1,00	Gastropoda-Inseto terrestre	4,93	-1,12	10,97	0,22
Inseto aquático - Inseto terrestre	33,03	0,31	0,38	1,00	Geophagus sp.-Inseto terrestre	7,50	1,46	13,55	0,00
Alga - Macrófita C3	33,03	2,72	0,00	0,30	MOPG-Alga	0,26	-6,49	7,02	1,00
Bivalvia - Macrófita C3	33,03	3,19	0,00	0,06	Macrófita C4-Alga	0,54	-6,22	7,30	1,00
Decapoda - Macrófita C3	33,03	1,92	0,03	1,00	Sedimento-Alga	0,55	-5,10	6,20	1,00
MOPG - Macrófita C3	33,03	-0,54	0,29	1,00	MOPF-Alga	0,62	-4,16	5,40	1,00
Fezes bovinas - Macrófita C3	33,03	1,39	0,08	1,00	Macrófita C3-Alga	0,63	-4,24	5,50	1,00
MOPF - Macrófita C3	33,03	2,06	0,02	1,00	Inseto aquático-Alga	1,31	-5,44	8,07	1,00
Gastropoda - Macrófita C3	33,03	3,28	0,00	0,05	Decapoda-Alga	2,04	-4,01	8,08	0,99
Inseto aquático - Macrófita C3	33,03	1,27	0,10	1,00	Bivalvia-Alga	2,42	-3,62	8,46	0,97
Inseto terrestre - Macrófita C3	33,03	1,07	0,14	1,00	Gastropoda-Alga	2,83	-3,22	8,87	0,92
Alga - Macrófita C4	33,03	2,11	0,02	1,00	<i>Geophagus sp.</i> -Alga	5,40	-0,64	11,45	0,12
Bivalvia - Macrófita C4	33,03	2,45	0,01	0,65	Macrófita C4-MOPG	0,27	-7,13	7,68	1,00
Decapoda - Macrófita C4	33,03	1,54	0,06	1,00	Sedimento-MOPG	0,29	-6,12	6,70	1,00
MOPG - Macrófita C4	33,03	-0,28	0,39	1,00	MOPF-MOPG	0,36	-5,29	6,01	1,00
Fezes bovinas - Macrófita C4	33,03	1,30	0,10	1,00	Macrófita C3-MOPG	0,37	-5,37	6,10	1,00
MOPF - Macrófita C4	33,03	1,33	0,09	1,00	Inseto aquático-MOPG	1,05	-6,35	8,45	1,00
Gastropoda - Macrófita C4	33,03	2,52	0,01	0,54	Decapoda-MOPG	1,77	-4,98	8,53	1,00

Inseto aquático - Macrófita C4	33,03	1,12	0,13	1,00	Bivalvia-MOPG	2,16	-4,60	8,91	1,00
Inseto terrestre - Macrófita C4	33,03	0,92	0,18	1,00	Gastropoda-MOPG	2,56	-4,19	9,32	0,98
Macrófita C3 - Macrófita C4	33,03	0,18	0,43	1,00	<i>Geophagus</i> sp.-MOPG	5,14	-1,62	11,90	0,31
Alga - <i>Geophagus</i> sp.	33,03	1,04	0,15	1,00	Sedimento-Macrófita C4	0,01	-6,40	6,42	1,00
Bivalvia - <i>Geophagus</i> sp.	33,03	1,43	0,08	1,00	MOPF-Macrófita C4	0,08	-5,57	5,74	1,00
Decapoda - <i>Geophagus</i> sp.	33,03	0,41	0,34	1,00	Macrófita C3-Macrófita C4	0,09	-5,64	5,82	1,00
MOPG - <i>Geophagus</i> sp.	33,03	-1,48	0,07	1,00	Inseto aquático-Macrófita C4	0,78	-6,63	8,18	1,00
Fezes bovinas - <i>Geophagus</i> sp.	33,03	0,45	0,33	1,00	Decapoda-Macrófita C4	1,50	-5,26	8,26	1,00
MOPF - <i>Geophagus</i> sp.	33,03	-0,08	0,47	1,00	Bivalvia-Macrófita C4	1,88	-4,88	8,64	1,00
Gastropoda - <i>Geophagus</i> sp.	33,03	1,50	0,07	1,00	Gastropoda-Macrófita C4	2,29	-4,47	9,05	0,99
Inseto aquático - <i>Geophagus</i> sp.	33,03	0,06	0,48	1,00	<i>Geophagus</i> sp.-Macrófita C4	4,87	-1,89	11,62	0,39
Inseto terrestre - <i>Geophagus</i> sp.	33,03	-0,28	0,39	1,00	MOPF-Sedimento	0,07	-4,20	4,35	1,00
Macrófita C3 - <i>Geophagus</i> sp.	33,03	-1,42	0,08	1,00	Macrófita C3-Sedimento	0,08	-4,30	4,46	1,00
Macrófita C4 - <i>Geophagus</i> sp.	33,03	-1,17	0,12	1,00	Inseto aquático-Sedimento	0,76	-5,65	7,17	1,00
Alga - Sedimento	33,03	-0,36	0,36	1,00	Decapoda-Sedimento	1,49	-4,17	7,14	1,00
Bivalvia - Sedimento	33,03	0,05	0,48	1,00	Bivalvia-Sedimento	1,87	-3,78	7,52	0,99
Decapoda - Sedimento	33,03	-1,04	0,15	1,00	Gastropoda-Sedimento	2,28	-3,38	7,93	0,97
MOPG - Sedimento	33,03	-2,86	0,00	0,19	<i>Geophagus</i> sp.-Sedimento	4,85	-0,80	10,51	0,16
Fezes bovinas - Sedimento	33,03	-0,54	0,29	1,00	Macrófita C3-MOPF	0,01	-3,16	3,18	1,00
MOPF - Sedimento	33,03	-2,05	0,02	1,00	Inseto aquático-MOPF	0,69	-4,96	6,34	1,00
Gastropoda - Sedimento	33,03	0,13	0,45	1,00	Decapoda-MOPF	1,41	-3,36	6,19	1,00
Inseto aquático - Sedimento	33,03	-1,24	0,11	1,00	Bivalvia-MOPF	1,80	-2,98	6,58	0,98
Inseto terrestre - Sedimento	33,03	-1,78	0,04	1,00	Gastropoda-MOPF	2,20	-2,57	6,98	0,92
Macrófita C3 - Sedimento	33,03	-3,49	0,00	0,02	<i>Geophagus</i> sp.-MOPF	4,78	0,00	9,56	0,05
Macrófita C4 - Sedimento	33,03	-2,54	0,01	0,50	Inseto aquático-Macrófita C3	0,69	-5,05	6,42	1,00
<i>Geophagus</i> sp. - Sedimento	33,03	-1,48	0,07	1,00	Decapoda-Macrófita C3	1,41	-3,46	6,28	1,00
Alga - Vegetal terrestre	33,03	1,99	0,02	1,00	Bivalvia-Macrófita C3	1,79	-3,08	6,66	0,99
Bivalvia - Vegetal terrestre	33,03	2,40	0,01	0,75	Gastropoda-Macrófita C3	2,20	-2,67	7,07	0,93
Decapoda - Vegetal terrestre	33,03	1,31	0,10	1,00	<i>Geophagus</i> sp.-Macrófita C3	4,78	-0,10	9,65	0,06
MOPG - Vegetal terrestre	33,03	-0,79	0,21	1,00	Decapoda-Inseto aquático	0,72	-6,03	7,48	1,00

Fezes bovinas - Vegetal terrestre	33,03	1,06	0,14	1,00	Bivalvia-Inseto aquático	1,11	-5,65	7,86	1,00
MOPF - Vegetal terrestre	33,03	1,06	0,14	1,00	Gastropoda-Inseto aquático	1,51	-5,24	8,27	1,00
Gastropoda - Vegetal terrestre	33,03	2,48	0,01	0,60	<i>Geophagus</i> sp.-Inseto aquático	4,09	-2,67	10,85	0,66
Inseto aquático - Vegetal terrestre	33,03	0,83	0,20	1,00	Bivalvia-Decapoda	0,38	-5,66	6,43	1,00
Inseto terrestre - Vegetal terrestre	33,03	0,57	0,28	1,00	Gastropoda-Decapoda	0,79	-5,25	6,83	1,00
Macrófita C3 - Vegetal terrestre	33,03	-0,45	0,33	1,00	<i>Geophagus</i> sp.-Decapoda	3,37	-2,68	9,41	0,77
Macrófita C4 - Vegetal terrestre	33,03	-0,47	0,32	1,00	Gastropoda-Bivalvia	0,41	-5,64	6,45	1,00
<i>Geophagus</i> sp. - Vegetal terrestre	33,03	0,87	0,19	1,00	<i>Geophagus</i> sp.-Bivalvia	2,98	-3,06	9,03	0,88
Sedimento - Vegetal terrestre	33,03	2,54	0,01	0,51	<i>Geophagus</i> sp.-Gastropoda	2,58	-3,47	8,62	0,96

Tabela S4. Comparações pareadas (TukeyHSD* ou Dunn) das razões de isótopos estáveis de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) e nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$) dos recursos alimentares amostrados no grupo TR (loais com a presença de pisciculturas), ano 1, no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná, São Paulo, Brasil. Valores em negrito correspondem aos pares de recursos alimentares que apresentaram diferenças significativas e não puderam ser agrupados. diff: diferença entre as médias dos grupos; lwr: limite inferior do intervalo de confiança da diferença entre as médias; upr: limite superior do intervalo de confiança da diferença entre as médias; MOPG: matéria orgânica particulada grossa; MOPF: matéria orgânica particulada fina.

$\delta^{13}\text{C}$					$\delta^{15}\text{N}$ *				
Recursos alimentares	χ^2	Z	P	P ajustado	Recursos alimentares	diff	lwr	upr	P ajustado
Alga - Bivalvia	66,07	0,28	0,39	1,00	Inseto aquático-Ração	1,12	-10,19	12,43	1,00
Alga - Decapoda	66,07	0,62	0,27	1,00	Sedimento-Ração	1,96	-4,09	8,00	1,00
Bivalvia - Decapoda	66,07	0,48	0,32	1,00	MOPG-Ração	2,34	-4,42	9,10	1,00
Alga - MOPG	66,07	-0,29	0,39	1,00	Perifiton-Ração	2,84	-3,21	8,88	0,95
Bivalvia - MOPG	66,07	-0,74	0,23	1,00	Inseto terrestre-Ração	3,23	-2,82	9,27	0,88
Decapoda - MOPG	66,07	-1,17	0,12	1,00	MOPF-Ração	3,80	-1,11	8,70	0,32
Alga - Crustacea	66,07	0,71	0,24	1,00	Bivalvia-Ração	3,86	-2,19	9,90	0,66
Bivalvia - Crustacea	66,07	0,58	0,28	1,00	Gastropoda-Ração	4,49	-2,27	11,25	0,59
Decapoda - Crustacea	66,07	0,25	0,40	1,00	Vegetal terrestre-Ração	4,68	-1,37	10,72	0,33
MOPG - Crustacea	66,07	1,10	0,14	1,00	Alga-Ração	4,73	-3,82	13,28	0,84
Alga - Gastropoda	66,07	-0,47	0,32	1,00	Macrófita C3-Ração	5,14	-0,90	11,19	0,19
Bivalvia - Gastropoda	66,07	-0,98	0,16	1,00	<i>Synbranchus</i> sp.-Ração	6,14	-5,17	17,45	0,86

Decapoda - Gastropoda	66,07	-1,41	0,08	1,00
MOPG - Gastropoda	66,07	-0,22	0,41	1,00
Crustacea - Gastropoda	66,07	-1,28	0,10	1,00
Alga - Inseto aquático	66,07	0,42	0,34	1,00
Bivalvia - Inseto aquático	66,07	0,27	0,39	1,00
Decapoda - Inseto aquático	66,07	0,01	0,49	1,00
MOPG - Inseto aquático	66,07	0,69	0,25	1,00
Crustacea - Inseto aquático	66,07	-0,15	0,44	1,00
Gastropoda - Inseto aquático	66,07	0,83	0,20	1,00
Alga - Inseto terrestre	66,07	0,49	0,31	1,00
Bivalvia - Inseto terrestre	66,07	0,30	0,38	1,00
Decapoda - Inseto terrestre	66,07	-0,18	0,43	1,00
MOPG - Inseto terrestre	66,07	1,01	0,16	1,00
Crustacea - Inseto terrestre	66,07	-0,37	0,35	1,00
Gastropoda - Inseto terrestre	66,07	1,25	0,11	1,00
Inseto aquático - Inseto terrestre	66,07	-0,11	0,46	1,00
Alga - <i>Astyanax</i> sp.	66,07	1,81	0,03	1,00
Bivalvia - <i>Astyanax</i> sp.	66,07	1,84	0,03	1,00
Decapoda - <i>Astyanax</i> sp.	66,07	1,59	0,06	1,00
MOPG - <i>Astyanax</i> sp.	66,07	2,21	0,01	1,00
Crustacea - <i>Astyanax</i> sp.	66,07	1,24	0,11	1,00
Gastropoda - <i>Astyanax</i> sp.	66,07	2,35	0,01	1,00
Inseto aquático - <i>Astyanax</i> sp.	66,07	1,20	0,11	1,00
Inseto terrestre - <i>Astyanax</i> sp.	66,07	1,68	0,05	1,00
Alga - Macrófita C3	66,07	1,78	0,04	1,00
Bivalvia - Macrófita C3	66,07	2,12	0,02	1,00
Decapoda - Macrófita C3	66,07	1,64	0,05	1,00
MOPG - Macrófita C3	66,07	2,64	0,00	0,57
Crustacea - Macrófita C3	66,07	0,91	0,18	1,00
Gastropoda - Macrófita C3	66,07	2,88	0,00	0,27

Decapoda-Ração	6,78	0,74	12,83	0,01
Crustacea-Ração	7,07	-1,48	15,62	0,23
<i>Astyanax</i> sp.-Ração	7,15	-4,16	18,46	0,67
<i>Phalloceros</i> sp.-Ração	11,63	0,32	22,94	0,04
Sedimento-Inseto aquático	0,84	-10,48	12,15	1,00
MOPG-Inseto aquático	1,22	-10,49	12,92	1,00
Perifiton-Inseto aquático	1,71	-9,60	13,02	1,00
Inseto terrestre-Inseto aquático	2,10	-9,21	13,41	1,00
MOPF-Inseto aquático	2,67	-8,07	13,42	1,00
Bivalvia-Inseto aquático	2,74	-8,58	14,05	1,00
Gastropoda-Inseto aquático	3,36	-8,35	15,07	1,00
Vegetal terrestre-Inseto aquático	3,55	-7,76	14,86	1,00
Alga-Inseto aquático	3,61	-9,22	16,43	1,00
Macrófita C3-Inseto aquático	4,02	-7,29	15,33	1,00
<i>Synbranchus</i> sp.-Inseto aquático	5,02	-9,79	19,83	1,00
Decapoda-Inseto aquático	5,66	-5,65	16,97	0,92
Crustacea-Inseto aquático	5,95	-6,88	18,77	0,96
<i>Astyanax</i> sp.-Inseto aquático	6,03	-8,78	20,84	0,99
<i>Phalloceros</i> sp.-Inseto aquático	10,51	-4,30	25,32	0,48
MOPG-Sedimento	0,38	-6,38	7,14	1,00
Perifiton-Sedimento	0,88	-5,17	6,92	1,00
Inseto terrestre-Sedimento	1,27	-4,78	7,31	1,00
MOPF-Sedimento	1,84	-3,06	6,74	0,99
Bivalvia-Sedimento	1,90	-4,15	7,95	1,00
Gastropoda-Sedimento	2,53	-4,23	9,29	0,99
Vegetal terrestre-Sedimento	2,72	-3,33	8,76	0,97
Alga-Sedimento	2,77	-5,78	11,32	1,00
Macrófita C3-Sedimento	3,18	-2,86	9,23	0,89
<i>Synbranchus</i> sp.-Sedimento	4,19	-7,13	15,50	1,00
Decapoda-Sedimento	4,83	-1,22	10,87	0,28

Inseto aquático - Macrófita C3	66,07	0,86	0,19	1,00
Inseto terrestre - Macrófita C3	66,07	1,82	0,03	1,00
<i>Astyanax</i> sp. - Macrófita C3	66,07	-0,71	0,24	1,00
Alga - <i>Synbranchus</i> sp.	66,07	0,73	0,23	1,00
Bivalvia - <i>Synbranchus</i> sp.	66,07	0,61	0,27	1,00
Decapoda - <i>Synbranchus</i> sp.	66,07	0,36	0,36	1,00
MOPG - <i>Synbranchus</i> sp.	66,07	1,02	0,15	1,00
Crustacea - <i>Synbranchus</i> sp.	66,07	0,15	0,44	1,00
Gastropoda - <i>Synbranchus</i> sp.	66,07	1,16	0,12	1,00
Inseto aquático - <i>Synbranchus</i> sp.	66,07	0,26	0,40	1,00
Inseto terrestre - <i>Synbranchus</i> sp.	66,07	0,45	0,32	1,00
<i>Astyanax</i> sp. - <i>Synbranchus</i> sp.	66,07	-0,94	0,17	1,00
Macrófita C3 - <i>Synbranchus</i> sp.	66,07	-0,52	0,30	1,00
Alga - Perifiton	66,07	0,08	0,47	1,00
Bivalvia - Perifiton	66,07	-0,28	0,39	1,00
Decapoda - Perifiton	66,07	-0,75	0,23	1,00
MOPG - Perifiton	66,07	0,49	0,31	1,00
Crustacea - Perifiton	66,07	-0,78	0,22	1,00
Gastropoda - Perifiton	66,07	0,73	0,23	1,00
Inseto aquático - Perifiton	66,07	-0,42	0,34	1,00
Inseto terrestre - Perifiton	66,07	-0,57	0,28	1,00
<i>Astyanax</i> sp. - Perifiton	66,07	-1,99	0,02	1,00
Macrófita C3 - Perifiton	66,07	-2,40	0,01	1,00
<i>Synbranchus</i> sp. - Perifiton	66,07	-0,76	0,22	1,00
Alga - <i>Phalloceros</i> sp.	66,07	0,83	0,20	1,00
Bivalvia - <i>Phalloceros</i> sp.	66,07	0,73	0,23	1,00
Decapoda - <i>Phalloceros</i> sp.	66,07	0,47	0,32	1,00
MOPG - <i>Phalloceros</i> sp.	66,07	1,13	0,13	1,00
Crustacea - <i>Phalloceros</i> sp.	66,07	0,25	0,40	1,00
Gastropoda - <i>Phalloceros</i> sp.	66,07	1,27	0,10	1,00

Crustacea-Sedimento	5,11	-3,44	13,66	0,75
<i>Astyanax</i> sp.-Sedimento	5,19	-6,12	16,51	0,96
<i>Phalloceros</i> sp.-Sedimento	9,68	-1,64	20,99	0,18
Perifiton-MOPG	0,50	-6,26	7,26	1,00
Inseto terrestre-MOPG	0,89	-5,87	7,65	1,00
MOPF-MOPG	1,46	-4,30	7,22	1,00
Bivalvia-MOPG	1,52	-5,24	8,28	1,00
Gastropoda-MOPG	2,15	-5,26	9,55	1,00
Vegetal terrestre-MOPG	2,34	-4,42	9,10	1,00
Alga-MOPG	2,39	-6,68	11,46	1,00
Macrófita C3-MOPG	2,80	-3,96	9,56	0,98
<i>Synbranchus</i> sp.-MOPG	3,81	-7,90	15,51	1,00
Decapoda-MOPG	4,45	-2,31	11,20	0,61
Crustacea-MOPG	4,73	-4,34	13,80	0,90
<i>Astyanax</i> sp.-MOPG	4,81	-6,89	16,52	0,99
<i>Phalloceros</i> sp.-MOPG	9,30	-2,41	21,00	0,29
Inseto terrestre-Perifiton	0,39	-5,66	6,44	1,00
MOPF-Perifiton	0,96	-3,94	5,87	1,00
Bivalvia-Perifiton	1,02	-5,02	7,07	1,00
Gastropoda-Perifiton	1,65	-5,11	8,41	1,00
Vegetal terrestre-Perifiton	1,84	-4,21	7,89	1,00
Alga-Perifiton	1,89	-6,66	10,44	1,00
Macrófita C3-Perifiton	2,31	-3,74	8,35	0,99
<i>Synbranchus</i> sp.-Perifiton	3,31	-8,00	14,62	1,00
Decapoda-Perifiton	3,95	-2,10	9,99	0,62
Crustacea-Perifiton	4,23	-4,32	12,78	0,93
<i>Astyanax</i> sp.-Perifiton	4,32	-6,99	15,63	0,99
<i>Phalloceros</i> sp.-Perifiton	8,80	-2,51	20,11	0,32
MOPF-Inseto terrestre	0,57	-4,33	5,48	1,00
Bivalvia-Inseto terrestre	0,63	-5,41	6,68	1,00

Inseto aquático - <i>Phalloceros</i> sp.	66,07	0,35	0,36	1,00
Inseto terrestre - <i>Phalloceros</i> sp.	66,07	0,57	0,28	1,00
<i>Astyanax</i> sp. - <i>Phalloceros</i> sp.	66,07	-0,85	0,20	1,00
Macrófita C3 - <i>Phalloceros</i> sp.	66,07	-0,40	0,34	1,00
<i>Synbranchus</i> sp. - <i>Phalloceros</i> sp.	66,07	0,09	0,46	1,00
Perifiton - <i>Phalloceros</i> sp.	66,07	0,88	0,19	1,00
Alga - MOPF	66,07	2,61	0,00	0,62
Bivalvia - MOPF	66,07	3,66	0,00	0,02
Decapoda - MOPF	66,07	3,06	0,00	0,15
MOPG - MOPF	66,07	3,98	0,00	0,00
Crustacea - MOPF	66,07	1,66	0,05	1,00
Gastropoda - MOPF	66,07	4,26	0,00	0,00
Inseto aquático - MOPF	66,07	1,39	0,08	1,00
Inseto terrestre - MOPF	66,07	3,29	0,00	0,07
<i>Astyanax</i> sp. - MOPF	66,07	-0,27	0,39	1,00
Macrófita C3 - MOPF	66,07	1,04	0,15	1,00
<i>Synbranchus</i> sp. - MOPF	66,07	1,02	0,15	1,00
Perifiton - MOPF	66,07	4,00	0,00	0,00
<i>Phalloceros</i> sp. - MOPF	66,07	0,90	0,18	1,00
Alga - Ração	66,07	-0,25	0,40	1,00
Bivalvia - Ração	66,07	-0,75	0,23	1,00
Decapoda - Ração	66,07	-1,23	0,11	1,00
MOPG - Ração	66,07	0,06	0,47	1,00
Crustacea - Ração	66,07	-1,12	0,13	1,00
Gastropoda - Ração	66,07	0,31	0,38	1,00
Inseto aquático - Ração	66,07	-0,67	0,25	1,00
Inseto terrestre - Ração	66,07	-1,05	0,15	1,00
<i>Astyanax</i> sp. - Ração	66,07	-2,25	0,01	1,00
Macrófita C3 - Ração	66,07	-2,87	0,00	0,28
<i>Synbranchus</i> sp. - Ração	66,07	-1,02	0,15	1,00

Gastropoda-Inseto terrestre	1,26	-5,50	8,02	1,00
Vegetal terrestre-Inseto terrestre	1,45	-4,60	7,50	1,00
Alga-Inseto terrestre	1,50	-7,05	10,05	1,00
Macrófita C3-Inseto terrestre	1,92	-4,13	7,96	1,00
<i>Synbranchus</i> sp.-Inseto terrestre	2,92	-8,39	14,23	1,00
Decapoda-Inseto terrestre	3,56	-2,49	9,60	0,77
Crustacea-Inseto terrestre	3,84	-4,71	12,39	0,97
<i>Astyanax</i> sp.-Inseto terrestre	3,93	-7,38	15,24	1,00
<i>Phalloceros</i> sp.-Inseto terrestre	8,41	-2,90	19,72	0,39
Bivalvia-MOPF	0,06	-4,84	4,96	1,00
Gastropoda-MOPF	0,69	-5,07	6,45	1,00
Vegetal terrestre-MOPF	0,88	-4,03	5,78	1,00
Alga-MOPF	0,93	-6,85	8,72	1,00
Macrófita C3-MOPF	1,34	-3,56	6,25	1,00
<i>Synbranchus</i> sp.-MOPF	2,35	-8,40	13,09	1,00
Decapoda-MOPF	2,99	-1,92	7,89	0,73
Crustacea-MOPF	3,27	-4,51	11,06	0,98
<i>Astyanax</i> sp.-MOPF	3,36	-7,39	14,10	1,00
<i>Phalloceros</i> sp.-MOPF	7,84	-2,91	18,58	0,43
Gastropoda-Bivalvia	0,63	-6,13	7,39	1,00
Vegetal terrestre-Bivalvia	0,82	-5,23	6,86	1,00
Alga-Bivalvia	0,87	-7,68	9,42	1,00
Macrófita C3-Bivalvia	1,28	-4,76	7,33	1,00
<i>Synbranchus</i> sp.-Bivalvia	2,28	-9,03	13,60	1,00
Decapoda-Bivalvia	2,93	-3,12	8,97	0,94
Crustacea-Bivalvia	3,21	-5,34	11,76	0,99
<i>Astyanax</i> sp.-Bivalvia	3,29	-8,02	14,61	1,00
<i>Phalloceros</i> sp.-Bivalvia	7,78	-3,54	19,09	0,53
Vegetal terrestre-Gastropoda	0,19	-6,57	6,95	1,00
Alga-Gastropoda	0,24	-8,83	9,31	1,00

Perifiton - Ração	66,07	-0,48	0,32	1,00
<i>Phalloceros</i> sp. - Ração	66,07	-1,13	0,13	1,00
MOPF - Ração	66,07	-4,59	0,00	0,00
Alga - Sedimento	66,07	-0,65	0,26	1,00
Bivalvia - Sedimento	66,07	-1,32	0,09	1,00
Decapoda - Sedimento	66,07	-1,80	0,04	1,00
MOPG - Sedimento	66,07	-0,44	0,33	1,00
Crustacea - Sedimento	66,07	-1,52	0,06	1,00
Gastropoda - Sedimento	66,07	-0,20	0,42	1,00
Inseto aquático - Sedimento	66,07	-0,97	0,17	1,00
Inseto terrestre - Sedimento	66,07	-1,62	0,05	1,00
<i>Astyanax</i> sp. - Sedimento	66,07	-2,55	0,01	0,74
Macrófita C3 - Sedimento	66,07	-3,44	0,00	0,04
<i>Synbranchus</i> sp. - Sedimento	66,07	-1,32	0,09	1,00
Perifiton - Sedimento	66,07	-1,04	0,15	1,00
<i>Phalloceros</i> sp. - Sedimento	66,07	-1,43	0,08	1,00
MOPF - Sedimento	66,07	-5,28	0,00	0,00
Ração - Sedimento	66,07	-0,56	0,29	1,00
Alga - Vegetal terrestre	66,07	1,73	0,04	1,00
Bivalvia - Vegetal terrestre	66,07	2,05	0,02	1,00
Decapoda - Vegetal terrestre	66,07	1,57	0,06	1,00
MOPG - Vegetal terrestre	66,07	2,57	0,01	0,69
Crustacea - Vegetal terrestre	66,07	0,86	0,19	1,00
Gastropoda - Vegetal terrestre	66,07	2,81	0,00	0,33
Inseto aquático - Vegetal terrestre	66,07	0,83	0,20	1,00
Inseto terrestre - Vegetal terrestre	66,07	1,75	0,04	1,00
<i>Astyanax</i> sp. - Vegetal terrestre	66,07	-0,75	0,23	1,00
Macrófita C3 - Vegetal terrestre	66,07	-0,07	0,47	1,00
<i>Synbranchus</i> sp. - Vegetal terrestre	66,07	0,48	0,32	1,00
Perifiton - Vegetal terrestre	66,07	2,32	0,01	1,00

Macrófita C3-Gastropoda	0,66	-6,10	7,42	1,00
<i>Synbranchus</i> sp.-Gastropoda	1,66	-10,05	13,37	1,00
Decapoda-Gastropoda	2,30	-4,46	9,06	1,00
Crustacea-Gastropoda	2,58	-6,49	11,65	1,00
<i>Astyanax</i> sp.-Gastropoda	2,67	-9,04	14,38	1,00
<i>Phalloceros</i> sp.-Gastropoda	7,15	-4,56	18,86	0,72
Alga-Vegetal terrestre	0,05	-8,50	8,60	1,00
Macrófita C3-Vegetal terrestre	0,47	-5,58	6,51	1,00
<i>Synbranchus</i> sp.-Vegetal terrestre	1,47	-9,84	12,78	1,00
Decapoda-Vegetal terrestre	2,11	-3,94	8,15	1,00
Crustacea-Vegetal terrestre	2,39	-6,16	10,94	1,00
<i>Astyanax</i> sp.-Vegetal terrestre	2,48	-8,83	13,79	1,00
<i>Phalloceros</i> sp.-Vegetal terrestre	6,96	-4,35	18,27	0,71
Macrófita C3-Alga	0,41	-8,14	8,96	1,00
<i>Synbranchus</i> sp.-Alga	1,42	-11,41	14,24	1,00
Decapoda-Alga	2,06	-6,50	10,61	1,00
Crustacea-Alga	2,34	-8,13	12,81	1,00
<i>Astyanax</i> sp.-Alga	2,42	-10,40	15,25	1,00
<i>Phalloceros</i> sp.-Alga	6,91	-5,92	19,73	0,87
<i>Synbranchus</i> sp.-Macrófita C3	1,00	-10,31	12,31	1,00
Decapoda-Macrófita C3	1,64	-4,40	7,69	1,00
Crustacea-Macrófita C3	1,93	-6,62	10,48	1,00
<i>Astyanax</i> sp.-Macrófita C3	2,01	-9,30	13,32	1,00
<i>Phalloceros</i> sp.-Macrófita C3	6,49	-4,82	17,80	0,80
Decapoda- <i>Synbranchus</i> sp.	0,64	-10,67	11,95	1,00
Crustacea- <i>Synbranchus</i> sp.	0,93	-11,90	13,75	1,00
<i>Astyanax</i> sp.- <i>Synbranchus</i> sp.	1,01	-13,80	15,82	1,00
<i>Phalloceros</i> sp.- <i>Synbranchus</i> sp.	5,49	-9,32	20,30	1,00
Crustacea-Decapoda	0,29	-8,27	8,84	1,00
<i>Astyanax</i> sp.-Decapoda	0,37	-10,94	11,68	1,00

<i>Phalloceros</i> sp. - Vegetal terrestre	66,07	0,36	0,36	1,00	<i>Phalloceros</i> sp.-Decapoda	4,85	-6,46	16,16	0,98
MOPF - Vegetal terrestre	66,07	-1,13	0,13	1,00	<i>Astyanax</i> sp.-Crustacea	0,08	-12,74	12,91	1,00
Ração - Vegetal terrestre	66,07	2,80	0,00	0,34	<i>Phalloceros</i> sp.-Crustacea	4,57	-8,26	17,39	1,00
Sedimento - Vegetal terrestre	66,07	3,37	0,00	0,05	<i>Phalloceros</i> sp.- <i>Astyanax</i> sp.	4,48	-10,33	19,29	1,00

Tabela S5. Comparações pareadas (TukeyHSD* ou Dunn) das razões de isótopos estáveis de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) e nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$) dos recursos alimentares amostrados no grupo TR (loais com a presença de pisciculturas), ano 2, no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná, São Paulo, Brasil. Valores em negrito correspondem aos pares de recursos alimentares que apresentaram diferenças significativas e não puderam ser agrupados. diff: diferença entre as médias dos grupos; lwr: limite inferior do intervalo de confiança da diferença entre as médias; upr: limite superior do intervalo de confiança da diferença entre as médias; MOPG: matéria orgânica particulada grossa; MOPF: matéria orgânica particulada fina.

$\delta^{13}\text{C}$					$\delta^{15}\text{N}^*$				
Recursos alimentares	χ^2	Z	P	P ajustado	Recursos alimentares	chi2	Z	P	P ajustado
Alga - Bivalvia	60,32	-0,37	0,36	1,00	Alga - Bivalvia	56,00	-0,80	0,21	1,00
Alga - Decapoda	60,32	0,42	0,34	1,00	Alga - Decapoda	56,00	-2,55	0,01	1,00
Bivalvia - Decapoda	60,32	0,93	0,18	1,00	Bivalvia - Decapoda	56,00	-2,29	0,01	1,00
Alga - <i>Plagioscion</i> sp.	60,32	1,37	0,09	1,00	Alga - <i>Plagioscion</i> sp.	56,00	-2,47	0,01	1,00
Bivalvia - <i>Plagioscion</i> sp.	60,32	1,89	0,03	1,00	Bivalvia - <i>Plagioscion</i> sp.	56,00	-2,17	0,02	1,00
Decapoda - <i>Plagioscion</i> sp.	60,32	1,07	0,14	1,00	Decapoda - <i>Plagioscion</i> sp.	56,00	-0,36	0,36	1,00
Alga - MOPG	60,32	1,92	0,03	1,00	Alga - MOPG	56,00	-0,80	0,21	1,00
Bivalvia - MOPG	60,32	2,33	0,01	1,00	Bivalvia - MOPG	56,00	-0,36	0,36	1,00
Decapoda - MOPG	60,32	1,70	0,04	1,00	Decapoda - MOPG	56,00	0,91	0,18	1,00
<i>Plagioscion</i> sp.- MOPG	60,32	0,80	0,21	1,00	<i>Plagioscion</i> sp.- MOPG	56,00	1,09	0,14	1,00
Alga - Fezes bovinas	60,32	-0,28	0,39	1,00	Alga - Fezes bovinas	56,00	0,40	0,34	1,00
Bivalvia - Fezes bovinas	60,32	-0,07	0,47	1,00	Bivalvia - Fezes bovinas	56,00	0,94	0,17	1,00
Decapoda - Fezes bovinas	60,32	-0,58	0,28	1,00	Decapoda - Fezes bovinas	56,00	2,15	0,02	1,00
<i>Plagioscion</i> sp.- Fezes bovinas	60,32	-1,28	0,10	1,00	<i>Plagioscion</i> sp.- Fezes bovinas	56,00	2,22	0,01	1,00
MOPG - Fezes bovinas	60,32	-1,80	0,04	1,00	MOPG - Fezes bovinas	56,00	0,98	0,16	1,00
Alga - Fezes capivara	60,32	1,15	0,13	1,00	Alga - Fezes capivara	56,00	-1,55	0,06	1,00
Bivalvia - Fezes capivara	60,32	1,48	0,07	1,00	Bivalvia - Fezes capivara	56,00	-1,17	0,12	1,00

Decapoda - Fezes capivara	60,32	0,90	0,19	1,00
<i>Plagioscion</i> sp.- Fezes capivara	60,32	0,06	0,48	1,00
MOPG - Fezes capivara	60,32	-0,64	0,26	1,00
Fezes bovinas - Fezes capivara	60,32	1,17	0,12	1,00
Alga - MOPF	60,32	1,61	0,05	1,00
Bivalvia - MOPF	60,32	2,96	0,00	0,29
Decapoda - MOPF	60,32	1,24	0,11	1,00
<i>Plagioscion</i> sp.- MOPF	60,32	-0,32	0,37	1,00
MOPG - MOPF	60,32	-1,18	0,12	1,00
Fezes bovinas - MOPF	60,32	1,30	0,10	1,00
Fezes capivara - MOPF	60,32	-0,31	0,38	1,00
Alga - Gastropoda	60,32	-0,56	0,29	1,00
Bivalvia - Gastropoda	60,32	-0,29	0,39	1,00
Decapoda - Gastropoda	60,32	-1,06	0,14	1,00
<i>Plagioscion</i> sp.- Gastropoda	60,32	-1,94	0,03	1,00
MOPG - Gastropoda	60,32	-2,37	0,01	1,00
Fezes bovinas - Gastropoda	60,32	-0,09	0,46	1,00
Fezes capivara - Gastropoda	60,32	-1,57	0,06	1,00
MOPF - Gastropoda	60,32	-2,60	0,00	0,90
Alga - Inseto aquático	60,32	0,84	0,20	1,00
Bivalvia - Inseto aquático	60,32	1,38	0,08	1,00
Decapoda - Inseto aquático	60,32	0,48	0,32	1,00
<i>Plagioscion</i> sp.- Inseto aquático	60,32	-0,62	0,27	1,00
MOPG - Inseto aquático	60,32	-1,33	0,09	1,00
Fezes bovinas - Inseto aquático	60,32	0,88	0,19	1,00
Fezes capivara - Inseto aquático	60,32	-0,55	0,29	1,00
MOPF - Inseto aquático	60,32	-0,51	0,30	1,00
Gastropoda - Inseto aquático	60,32	1,46	0,07	1,00
Alga - Inseto terrestre	60,32	1,39	0,08	1,00
Bivalvia - Inseto terrestre	60,32	2,29	0,01	1,00

Decapoda - Fezes capivara	56,00	0,14	0,44	1,00
<i>Plagioscion</i> sp.- Fezes capivara	56,00	0,38	0,35	1,00
MOPG - Fezes capivara	56,00	-0,61	0,27	1,00
Fezes bovinas - Fezes capivara	56,00	-1,59	0,06	1,00
Alga - MOPF	56,00	-0,54	0,29	1,00
Bivalvia - MOPF	56,00	0,47	0,32	1,00
Decapoda - MOPF	56,00	2,90	0,00	0,35
<i>Plagioscion</i> sp.- MOPF	56,00	2,57	0,01	0,97
MOPG - MOPF	56,00	0,57	0,28	1,00
Fezes bovinas - MOPF	56,00	-0,78	0,22	1,00
Fezes capivara - MOPF	56,00	1,41	0,08	1,00
Alga - Gastropoda	56,00	-1,15	0,13	1,00
Bivalvia - Gastropoda	56,00	-0,55	0,29	1,00
Decapoda - Gastropoda	56,00	1,51	0,07	1,00
<i>Plagioscion</i> sp.- Gastropoda	56,00	1,59	0,06	1,00
MOPG - Gastropoda	56,00	0,04	0,48	1,00
Fezes bovinas - Gastropoda	56,00	-1,20	0,12	1,00
Fezes capivara - Gastropoda	56,00	0,81	0,21	1,00
MOPF - Gastropoda	56,00	-0,97	0,17	1,00
Alga - Inseto aquático	56,00	-2,40	0,01	1,00
Bivalvia - Inseto aquático	56,00	-2,10	0,02	1,00
Decapoda - Inseto aquático	56,00	-0,02	0,49	1,00
<i>Plagioscion</i> sp.- Inseto aquático	56,00	0,32	0,37	1,00
MOPG - Inseto aquático	56,00	-0,90	0,18	1,00
Fezes bovinas - Inseto aquático	56,00	-2,10	0,02	1,00
Fezes capivara - Inseto aquático	56,00	-0,15	0,44	1,00
MOPF - Inseto aquático	56,00	-2,60	0,00	0,89
Gastropoda - Inseto aquático	56,00	-1,42	0,08	1,00
Alga - Inseto terrestre	56,00	-1,67	0,05	1,00
Bivalvia - Inseto terrestre	56,00	-1,18	0,12	1,00

Decapoda - Inseto terrestre	60,32	1,03	0,15	1,00
<i>Plagioscion</i> sp.- Inseto terrestre	60,32	-0,32	0,37	1,00
MOPG - Inseto terrestre	60,32	-1,14	0,13	1,00
Fezes bovinas - Inseto terrestre	60,32	1,21	0,11	1,00
Fezes capivara - Inseto terrestre	60,32	-0,31	0,38	1,00
MOPF - Inseto terrestre	60,32	-0,04	0,48	1,00
Gastropoda - Inseto terrestre	60,32	2,19	0,01	1,00
Inseto aquático - Inseto terrestre	60,32	0,42	0,34	1,00
Alga - Macrófita C3	60,32	2,82	0,00	0,45
Bivalvia - Macrófita C3	60,32	4,38	0,00	0,00
Decapoda - Macrófita C3	60,32	2,59	0,00	0,90
<i>Plagioscion</i> sp.- Macrófita C3	60,32	0,81	0,21	1,00
MOPG - Macrófita C3	60,32	-0,32	0,37	1,00
Fezes bovinas - Macrófita C3	60,32	2,09	0,02	1,00
Fezes capivara - Macrófita C3	60,32	0,53	0,30	1,00
MOPF - Macrófita C3	60,32	2,14	0,02	1,00
Gastropoda - Macrófita C3	60,32	3,84	0,00	0,01
Inseto aquático - Macrófita C3	60,32	1,79	0,04	1,00
Inseto terrestre - Macrófita C3	60,32	1,70	0,04	1,00
Alga - Macrófita C4	60,32	0,31	0,38	1,00
Bivalvia - Macrófita C4	60,32	0,74	0,23	1,00
Decapoda - Macrófita C4	60,32	-0,09	0,46	1,00
<i>Plagioscion</i> sp.- Macrófita C4	60,32	-1,09	0,14	1,00
MOPG - Macrófita C4	60,32	-1,71	0,04	1,00
Fezes bovinas - Macrófita C4	60,32	0,50	0,31	1,00
Fezes capivara - Macrófita C4	60,32	-0,93	0,18	1,00
MOPF - Macrófita C4	60,32	-1,21	0,11	1,00
Gastropoda - Macrófita C4	60,32	0,89	0,19	1,00
Inseto aquático - Macrófita C4	60,32	-0,54	0,30	1,00
Inseto terrestre - Macrófita C4	60,32	-1,04	0,15	1,00

Decapoda - Inseto terrestre	56,00	1,18	0,12	1,00
<i>Plagioscion</i> sp.- Inseto terrestre	56,00	1,31	0,09	1,00
MOPG - Inseto terrestre	56,00	-0,24	0,41	1,00
Fezes bovinas - Inseto terrestre	56,00	-1,52	0,06	1,00
Fezes capivara - Inseto terrestre	56,00	0,56	0,29	1,00
MOPF - Inseto terrestre	56,00	-1,78	0,04	1,00
Gastropoda - Inseto terrestre	56,00	-0,47	0,32	1,00
Inseto aquático - Inseto terrestre	56,00	1,10	0,13	1,00
Alga - Macrófita C3	56,00	-0,95	0,17	1,00
Bivalvia - Macrófita C3	56,00	-0,19	0,42	1,00
Decapoda - Macrófita C3	56,00	2,18	0,01	1,00
<i>Plagioscion</i> sp.- Macrófita C3	56,00	2,07	0,02	1,00
MOPG - Macrófita C3	56,00	0,28	0,39	1,00
Fezes bovinas - Macrófita C3	56,00	-1,04	0,15	1,00
Fezes capivara - Macrófita C3	56,00	1,09	0,14	1,00
MOPF - Macrófita C3	56,00	-0,72	0,24	1,00
Gastropoda - Macrófita C3	56,00	0,41	0,34	1,00
Inseto aquático - Macrófita C3	56,00	1,99	0,02	1,00
Inseto terrestre - Macrófita C3	56,00	1,04	0,15	1,00
Alga - Macrófita C4	56,00	-1,31	0,09	1,00
Bivalvia - Macrófita C4	56,00	-0,79	0,22	1,00
Decapoda - Macrófita C4	56,00	1,14	0,13	1,00
<i>Plagioscion</i> sp.- Macrófita C4	56,00	1,29	0,10	1,00
MOPG - Macrófita C4	56,00	-0,13	0,45	1,00
Fezes bovinas - Macrófita C4	56,00	-1,33	0,09	1,00
Fezes capivara - Macrófita C4	56,00	0,62	0,27	1,00
MOPF - Macrófita C4	56,00	-1,18	0,12	1,00
Gastropoda - Macrófita C4	56,00	-0,26	0,40	1,00
Inseto aquático - Macrófita C4	56,00	1,09	0,14	1,00
Inseto terrestre - Macrófita C4	56,00	0,15	0,44	1,00

Macrófita C3 - Macrófita C4	60,32	-2,45	0,01	1,00
Alga - Perifiton	60,32	2,12	0,02	1,00
Bivalvia - Perifiton	60,32	2,54	0,01	1,00
Decapoda - Perifiton	60,32	1,90	0,03	1,00
<i>Plagioscion</i> sp.- Perifiton	60,32	0,98	0,16	1,00
MOPG - Perifiton	60,32	0,16	0,44	1,00
Fezes bovinas - Perifiton	60,32	1,96	0,03	1,00
Fezes capivara - Perifiton	60,32	0,79	0,21	1,00
MOPF - Perifiton	60,32	1,40	0,08	1,00
Gastropoda - Perifiton	60,32	2,57	0,01	0,96
Inseto aquático - Perifiton	60,32	1,52	0,06	1,00
Inseto terrestre - Perifiton	60,32	1,35	0,09	1,00
Macrófita C3 - Perifiton	60,32	0,54	0,30	1,00
Macrófita C4 - Perifiton	60,32	1,90	0,03	1,00
Alga - <i>Geophagus</i> sp.	60,32	0,95	0,17	1,00
Bivalvia - <i>Geophagus</i> sp.	60,32	1,27	0,10	1,00
Decapoda - <i>Geophagus</i> sp.	60,32	0,70	0,24	1,00
<i>Plagioscion</i> sp.- <i>Geophagus</i> sp.	60,32	-0,12	0,45	1,00
MOPG - <i>Geophagus</i> sp.	60,32	-0,79	0,21	1,00
Fezes bovinas - <i>Geophagus</i> sp.	60,32	1,01	0,16	1,00
Fezes capivara - <i>Geophagus</i> sp.	60,32	-0,16	0,44	1,00
MOPF - <i>Geophagus</i> sp.	60,32	0,09	0,46	1,00
Gastropoda - <i>Geophagus</i> sp.	60,32	1,36	0,09	1,00
Inseto aquático - <i>Geophagus</i> sp.	60,32	0,36	0,36	1,00
Inseto terrestre - <i>Geophagus</i> sp.	60,32	0,10	0,46	1,00
Macrófita C3 - <i>Geophagus</i> sp.	60,32	-0,74	0,23	1,00
Macrófita C4 - <i>Geophagus</i> sp.	60,32	0,74	0,23	1,00
Perifiton - <i>Geophagus</i> sp.	60,32	-0,95	0,17	1,00
Alga - Ração	60,32	0,79	0,22	1,00
Bivalvia - Ração	60,32	1,64	0,05	1,00

Macrófita C3 - Macrófita C4	56,00	-0,66	0,25	1,00
Alga - Perifiton	56,00	0,08	0,47	1,00
Bivalvia - Perifiton	56,00	0,59	0,28	1,00
Decapoda - Perifiton	56,00	1,82	0,03	1,00
<i>Plagioscion</i> sp.- Perifiton	56,00	1,91	0,03	1,00
MOPG - Perifiton	56,00	0,72	0,24	1,00
Fezes bovinas - Perifiton	56,00	-0,26	0,40	1,00
Fezes capivara - Perifiton	56,00	1,32	0,09	1,00
MOPF - Perifiton	56,00	0,42	0,34	1,00
Gastropoda - Perifiton	56,00	0,86	0,19	1,00
Inseto aquático - Perifiton	56,00	1,77	0,04	1,00
Inseto terrestre - Perifiton	56,00	1,17	0,12	1,00
Macrófita C3 - Perifiton	56,00	0,68	0,25	1,00
Macrófita C4 - Perifiton	56,00	1,01	0,16	1,00
Alga - <i>Geophagus</i> sp.	56,00	-2,00	0,02	1,00
Bivalvia - <i>Geophagus</i> sp.	56,00	-1,67	0,05	1,00
Decapoda - <i>Geophagus</i> sp.	56,00	-0,33	0,37	1,00
<i>Plagioscion</i> sp.- <i>Geophagus</i> sp.	56,00	-0,05	0,48	1,00
MOPG - <i>Geophagus</i> sp.	56,00	-0,98	0,16	1,00
Fezes bovinas - <i>Geophagus</i> sp.	56,00	-1,96	0,03	1,00
Fezes capivara - <i>Geophagus</i> sp.	56,00	-0,37	0,36	1,00
MOPF - <i>Geophagus</i> sp.	56,00	-1,92	0,03	1,00
Gastropoda - <i>Geophagus</i> sp.	56,00	-1,28	0,10	1,00
Inseto aquático - <i>Geophagus</i> sp.	56,00	-0,30	0,38	1,00
Inseto terrestre - <i>Geophagus</i> sp.	56,00	-1,05	0,15	1,00
Macrófita C3 - <i>Geophagus</i> sp.	56,00	-1,59	0,06	1,00
Macrófita C4 - <i>Geophagus</i> sp.	56,00	-1,07	0,14	1,00
Perifiton - <i>Geophagus</i> sp.	56,00	-1,69	0,05	1,00
Alga - Ração	56,00	1,20	0,11	1,00
Bivalvia - Ração	56,00	2,84	0,00	0,42

Decapoda - Ração	60,32	0,33	0,37	1,00
<i>Plagioscion</i> sp.- Ração	60,32	-0,96	0,17	1,00
MOPG - Ração	60,32	-1,64	0,05	1,00
Fezes bovinas - Ração	60,32	0,80	0,21	1,00
Fezes capivara - Ração	60,32	-0,78	0,22	1,00
MOPF - Ração	60,32	-1,29	0,10	1,00
Gastropoda - Ração	60,32	1,61	0,05	1,00
Inseto aquático - Ração	60,32	-0,27	0,39	1,00
Inseto terrestre - Ração	60,32	-0,93	0,18	1,00
Macrófita C3 - Ração	60,32	-3,04	0,00	0,22
Macrófita C4 - Ração	60,32	0,40	0,34	1,00
Perifiton - Ração	60,32	-1,85	0,03	1,00
<i>Geophagus</i> sp. - Ração	60,32	-0,56	0,29	1,00
Alga - <i>Triportheus</i>	60,32	-0,18	0,43	1,00
Bivalvia - <i>Triportheus</i>	60,32	0,04	0,49	1,00
Decapoda - <i>Triportheus</i>	60,32	-0,48	0,32	1,00
<i>Plagioscion</i> sp.- <i>Triportheus</i>	60,32	-1,19	0,12	1,00
MOPG - <i>Triportheus</i>	60,32	-1,72	0,04	1,00
Fezes bovinas - <i>Triportheus</i>	60,32	0,08	0,47	1,00
Fezes capivara - <i>Triportheus</i>	60,32	-1,09	0,14	1,00
MOPF - <i>Triportheus</i>	60,32	-1,19	0,12	1,00
Gastropoda - <i>Triportheus</i>	60,32	0,19	0,42	1,00
Inseto aquático - <i>Triportheus</i>	60,32	-0,78	0,22	1,00
Inseto terrestre - <i>Triportheus</i>	60,32	-1,11	0,13	1,00
Macrófita C3 - <i>Triportheus</i>	60,32	-1,99	0,02	1,00
Macrófita C4 - <i>Triportheus</i>	60,32	-0,40	0,34	1,00
Perifiton - <i>Triportheus</i>	60,32	-1,88	0,03	1,00
<i>Geophagus</i> sp. - <i>Triportheus</i>	60,32	-0,93	0,18	1,00
Ração - <i>Triportheus</i>	60,32	-0,69	0,24	1,00
Alga - Sedimento	60,32	-0,55	0,29	1,00

Decapoda - Ração	56,00	4,67	0,00	0,00
<i>Plagioscion</i> sp.- Ração	56,00	3,95	0,00	0,01
MOPG - Ração	56,00	1,63	0,05	1,00
Fezes bovinas - Ração	56,00	0,31	0,38	1,00
Fezes capivara - Ração	56,00	2,46	0,01	1,00
MOPF - Ração	56,00	2,93	0,00	0,32
Gastropoda - Ração	56,00	2,84	0,00	0,43
Inseto aquático - Ração	56,00	4,21	0,00	0,00
Inseto terrestre - Ração	56,00	3,87	0,00	0,01
Macrófita C3 - Ração	56,00	3,15	0,00	0,16
Macrófita C4 - Ração	56,00	2,85	0,00	0,42
Perifiton - Ração	56,00	0,66	0,25	1,00
<i>Geophagus</i> sp. - Ração	56,00	2,96	0,00	0,29
Alga - <i>Triportheus</i>	56,00	-0,74	0,23	1,00
Bivalvia - <i>Triportheus</i>	56,00	-0,29	0,39	1,00
Decapoda - <i>Triportheus</i>	56,00	0,98	0,16	1,00
<i>Plagioscion</i> sp.- <i>Triportheus</i>	56,00	1,15	0,13	1,00
MOPG - <i>Triportheus</i>	56,00	0,05	0,48	1,00
Fezes bovinas - <i>Triportheus</i>	56,00	-0,93	0,18	1,00
Fezes capivara - <i>Triportheus</i>	56,00	0,66	0,25	1,00
MOPF - <i>Triportheus</i>	56,00	-0,50	0,31	1,00
Gastropoda - <i>Triportheus</i>	56,00	0,03	0,49	1,00
Inseto aquático - <i>Triportheus</i>	56,00	0,96	0,17	1,00
Inseto terrestre - <i>Triportheus</i>	56,00	0,31	0,38	1,00
Macrófita C3 - <i>Triportheus</i>	56,00	-0,21	0,42	1,00
Macrófita C4 - <i>Triportheus</i>	56,00	0,19	0,42	1,00
Perifiton - <i>Triportheus</i>	56,00	-0,66	0,25	1,00
<i>Geophagus</i> sp. - <i>Triportheus</i>	56,00	1,03	0,15	1,00
Ração - <i>Triportheus</i>	56,00	-1,56	0,06	1,00
Alga - Sedimento	56,00	-0,47	0,32	1,00

Bivalvia - Sedimento	60,32	-0,25	0,40	1,00
Decapoda - Sedimento	60,32	-1,10	0,14	1,00
<i>Plagioscion</i> sp.- Sedimento	60,32	-2,00	0,02	1,00
MOPG - Sedimento	60,32	-2,42	0,01	1,00
Fezes bovinas - Sedimento	60,32	-0,06	0,48	1,00
Fezes capivara - Sedimento	60,32	-1,58	0,06	1,00
MOPF - Sedimento	60,32	-2,96	0,00	0,30
Gastropoda - Sedimento	60,32	0,06	0,47	1,00
Inseto aquático - Sedimento	60,32	-1,52	0,06	1,00
Inseto terrestre - Sedimento	60,32	-2,38	0,01	1,00
Macrófita C3 - Sedimento	60,32	-4,30	0,00	0,00
Macrófita C4 - Sedimento	60,32	-0,90	0,18	1,00
Perifiton - Sedimento	60,32	-2,62	0,00	0,83
<i>Geophagus</i> sp. - Sedimento	60,32	-1,38	0,08	1,00
Ração - Sedimento	60,32	-1,77	0,04	1,00
<i>Triportheus</i> - Sedimento	60,32	-0,16	0,44	1,00
Alga - <i>Cichla</i> sp.	60,32	2,23	0,01	1,00
Bivalvia - <i>Cichla</i> sp.	60,32	2,89	0,00	0,37
Decapoda - <i>Cichla</i> sp.	60,32	1,98	0,02	1,00
<i>Plagioscion</i> sp.- <i>Cichla</i> sp.	60,32	0,79	0,22	1,00
MOPG - <i>Cichla</i> sp.	60,32	-0,15	0,44	1,00
Fezes bovinas - <i>Cichla</i> sp.	60,32	1,93	0,03	1,00
Fezes capivara - <i>Cichla</i> sp.	60,32	0,58	0,28	1,00
MOPF - <i>Cichla</i> sp.	60,32	1,38	0,08	1,00
Gastropoda - <i>Cichla</i> sp.	60,32	2,84	0,00	0,42
Inseto aquático - <i>Cichla</i> sp.	60,32	1,48	0,07	1,00
Inseto terrestre - <i>Cichla</i> sp.	60,32	1,28	0,10	1,00
Macrófita C3 - <i>Cichla</i> sp.	60,32	0,20	0,42	1,00
Macrófita C4 - <i>Cichla</i> sp.	60,32	1,96	0,03	1,00
Perifiton - <i>Cichla</i> sp.	60,32	-0,34	0,37	1,00

Bivalvia - Sedimento	56,00	0,39	0,35	1,00
Decapoda - Sedimento	56,00	2,50	0,01	1,00
<i>Plagioscion</i> sp.- Sedimento	56,00	2,35	0,01	1,00
MOPG - Sedimento	56,00	0,55	0,29	1,00
Fezes bovinas - Sedimento	56,00	-0,73	0,23	1,00
Fezes capivara - Sedimento	56,00	1,35	0,09	1,00
MOPF - Sedimento	56,00	0,02	0,49	1,00
Gastropoda - Sedimento	56,00	0,85	0,20	1,00
Inseto aquático - Sedimento	56,00	2,30	0,01	1,00
Inseto terrestre - Sedimento	56,00	1,47	0,07	1,00
Macrófita C3 - Sedimento	56,00	0,57	0,28	1,00
Macrófita C4 - Sedimento	56,00	1,05	0,15	1,00
Perifiton - Sedimento	56,00	-0,39	0,35	1,00
<i>Geophagus</i> sp. - Sedimento	56,00	1,83	0,03	1,00
Ração - Sedimento	56,00	-2,19	0,01	1,00
<i>Triportheus</i> - Sedimento	56,00	0,48	0,32	1,00
Alga - <i>Cichla</i> sp.	56,00	-2,37	0,01	1,00
Bivalvia - <i>Cichla</i> sp.	56,00	-2,05	0,02	1,00
Decapoda - <i>Cichla</i> sp.	56,00	-0,25	0,40	1,00
<i>Plagioscion</i> sp.- <i>Cichla</i> sp.	56,00	0,09	0,46	1,00
MOPG - <i>Cichla</i> sp.	56,00	-1,01	0,16	1,00
Fezes bovinas - <i>Cichla</i> sp.	56,00	-2,14	0,02	1,00
Fezes capivara - <i>Cichla</i> sp.	56,00	-0,31	0,38	1,00
MOPF - <i>Cichla</i> sp.	56,00	-2,44	0,01	1,00
Gastropoda - <i>Cichla</i> sp.	56,00	-1,48	0,07	1,00
Inseto aquático - <i>Cichla</i> sp.	56,00	-0,22	0,41	1,00
Inseto terrestre - <i>Cichla</i> sp.	56,00	-1,20	0,12	1,00
Macrófita C3 - <i>Cichla</i> sp.	56,00	-1,95	0,03	1,00
Macrófita C4 - <i>Cichla</i> sp.	56,00	-1,19	0,12	1,00
Perifiton - <i>Cichla</i> sp.	56,00	-1,83	0,03	1,00

<i>Geophagus</i> sp. - <i>Cichla</i> sp.	60,32	0,76	0,22	1,00	<i>Geophagus</i> sp. - <i>Cichla</i> sp.	56,00	0,12	0,45	1,00
Ração - <i>Cichla</i> sp.	60,32	1,98	0,02	1,00	Ração - <i>Cichla</i> sp.	56,00	-3,83	0,00	0,01
<i>Triportheus</i> - <i>Cichla</i> sp.	60,32	1,83	0,03	1,00	<i>Triportheus</i> - <i>Cichla</i> sp.	56,00	-1,07	0,14	1,00
Sedimento - <i>Cichla</i> sp.	60,32	2,97	0,00	0,29	Sedimento - <i>Cichla</i> sp.	56,00	-2,24	0,01	1,00
Alga - Vegetal terrestre	60,32	2,89	0,00	0,36	Alga - Vegetal terrestre	56,00	-0,95	0,17	1,00
Bivalvia - Vegetal terrestre	60,32	4,34	0,00	0,00	Bivalvia - Vegetal terrestre	56,00	-0,22	0,41	1,00
Decapoda - Vegetal terrestre	60,32	2,67	0,00	0,71	Decapoda - Vegetal terrestre	56,00	2,05	0,02	1,00
<i>Plagioscion</i> sp.- Vegetal terrestre	60,32	0,93	0,18	1,00	<i>Plagioscion</i> sp.- Vegetal terrestre	56,00	1,99	0,02	1,00
MOPG - Vegetal terrestre	60,32	-0,21	0,42	1,00	MOPG - Vegetal terrestre	56,00	0,25	0,40	1,00
Fezes bovinas - Vegetal terrestre	60,32	2,17	0,01	1,00	Fezes bovinas - Vegetal terrestre	56,00	-1,05	0,15	1,00
Fezes capivara - Vegetal terrestre	60,32	0,63	0,26	1,00	Fezes capivara - Vegetal terrestre	56,00	1,06	0,15	1,00
MOPF - Vegetal terrestre	60,32	2,22	0,01	1,00	MOPF - Vegetal terrestre	56,00	-0,71	0,24	1,00
Gastropoda - Vegetal terrestre	60,32	3,87	0,00	0,01	Gastropoda - Vegetal terrestre	56,00	0,35	0,36	1,00
Inseto aquático - Vegetal terrestre	60,32	1,90	0,03	1,00	Inseto aquático - Vegetal terrestre	56,00	1,89	0,03	1,00
Inseto terrestre - Vegetal terrestre	60,32	1,82	0,03	1,00	Inseto terrestre - Vegetal terrestre	56,00	0,94	0,17	1,00
Macrófita C3 - Vegetal terrestre	60,32	0,23	0,41	1,00	Macrófita C3 - Vegetal terrestre	56,00	-0,05	0,48	1,00
Macrófita C4 - Vegetal terrestre	60,32	2,53	0,01	1,00	Macrófita C4 - Vegetal terrestre	56,00	0,60	0,27	1,00
Perifiton - Vegetal terrestre	60,32	-0,42	0,34	1,00	Perifiton - Vegetal terrestre	56,00	-0,70	0,24	1,00
<i>Geophagus</i> sp. - Vegetal terrestre	60,32	0,84	0,20	1,00	<i>Geophagus</i> sp. - Vegetal terrestre	56,00	1,55	0,06	1,00
Ração - Vegetal terrestre	60,32	3,07	0,00	0,20	Ração - Vegetal terrestre	56,00	-2,97	0,00	0,28
<i>Triportheus</i> - Vegetal terrestre	60,32	2,07	0,02	1,00	<i>Triportheus</i> - Vegetal terrestre	56,00	0,18	0,43	1,00
Sedimento - Vegetal terrestre	60,32	4,29	0,00	0,00	Sedimento - Vegetal terrestre	56,00	-0,58	0,28	1,00
<i>Cichla</i> sp. - Vegetal terrestre	60,32	-0,05	0,48	1,00	<i>Cichla</i> sp. - Vegetal terrestre	56,00	1,88	0,03	1,00

Tabela S6. Resultados dos testes de convergência Gelman-Rubin para os modelos de mistura via cadeias de Markov aplicados para *Geophagus sveni* e *Plagioscion squamosissimus* nos locais sem (CT1, CT2) e com pisciculturas (TR1, TR2 e TR3) e períodos (chuvoso e seco) de amostragem, no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná, São Paulo, Brasil. Obs. Para uma boa convergência, geralmente os valores devem ser $< 1,05$.

<i>Geophagus sveni</i>		<i>Plagioscion squamosissimus</i>	
Número de variáveis analisadas	Grupo CT_Ano1	Número de variáveis analisadas	Grupo CT_Ano1
57	2 > 1.01	54	0 > 1.01
	0 > 1.05		0 > 1.05
	0 > 1.1		0 > 1.1
Número de variáveis analisadas	Grupo CT_Ano2	Número de variáveis analisadas	Grupo CT_Ano2
51	0 > 1.01	52	0 > 1.01
	0 > 1.05		0 > 1.05
	0 > 1.1		0 > 1.1
Número de variáveis analisadas	Grupo TR_Ano1	Número de variáveis analisadas	Grupo TR_Ano1
74	1 > 1.01	73	0 > 1.01
	0 > 1.05		0 > 1.05
	0 > 1.1		0 > 1.1
Número de variáveis analisadas	Grupo TR_Ano2	Número de variáveis analisadas	Grupo TR_Ano2
72	0 > 1.01	71	0 > 1.01
	0 > 1.05		0 > 1.05
	0 > 1.1		0 > 1.1

Tabela S7. Resumo da PERMDISP – valores p das comparações par a par da amplitude de nicho trófico para *Geophagus sveni* e *Plagioscion squamosissimus* amostrados nos locais sem (CT1, CT2) e com pisciculturas (TR1, TR2 e TR3) e anos (1 e 2) de amostragem, no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná, São Paulo, Brasil. Valores em negrito indicam significância estatística ($p < 0,05$). CT1_1 indica **local** CT1 no ano 1 e assim sucessivamente.

Comparações par a par	<i>Geophagus sveni</i>	<i>Plagioscion squamosissimus</i>
	p valor	p valor
CT1_1-CT1_2	0,195	0,013
CT1_1-CT2_1	0,423	0,004
CT1_1-CT2_2	0,435	0,001
CT1_1-TR1_1	0,151	0,007
CT1_1-TR1_2	0,117	0,48
CT1_1-TR2_1	0,083	0,003
CT1_1-TR2_2	0,001	0,96
CT1_1-TR3_1	0,781	0,012
CT1_1-TR3_2	0,047	0,022
CT1_2-CT2_1	0,049	0,707
CT1_2-CT2_2	0,388	0,012
CT1_2-TR1_1	0,842	0,401
CT1_2-TR1_2	0,008	0,053
CT1_2-TR2_1	0,002	0,562
CT1_2-TR2_2	0,001	0,006
CT1_2-TR3_1	0,167	0,829
CT1_2-TR3_2	0,013	0,708
CT2_1-CT2_2	0,091	0,035
CT2_1-TR1_1	0,047	0,607
CT2_1-TR1_2	0,589	0,029
CT2_1-TR2_1	0,481	0,822
CT2_1-TR2_2	0,005	0,001
CT2_1-TR3_1	0,577	0,538

CT2_1-TR3_2	0,292	0,963
CT2_2-TR1_1	0,283	0,118
CT2_2-TR1_2	0,004	0,001
CT2_2-TR2_1	0,004	0,055
CT2_2-TR2_2	0,001	0,001
CT2_2-TR3_1	0,326	0,01
CT2_2-TR3_2	0,013	0,078
TR1_1-TR1_2	0,006	0,02
TR1_1-TR2_1	0,002	0,774
TR1_1-TR2_2	0,001	0,002
TR1_1-TR3_1	0,133	0,308
TR1_1-TR3_2	0,002	0,701
TR1_2-TR2_1	0,95	0,025
TR1_2-TR2_2	0,025	0,448
TR1_2-TR3_1	0,242	0,079
TR1_2-TR3_2	0,555	0,077
TR2_1-TR2_2	0,01	0,001
TR2_1-TR3_1	0,169	0,428
TR2_1-TR3_2	0,562	0,88
TR2_2-TR3_1	0,002	0,003
TR2_2-TR3_2	0,131	0,01
TR3_1-TR3_2	0,11	0,598

Tabela S8. Valores p das comparações par a par (teste de Dunn) da composição isotópica de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ de *Geophagus sveni* e *Plagioscion squamosissimus* nos locais sem (CT1, CT2) e com piscicultura (TR1, TR2 e TR3) no ano 1 e 2, no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná, São Paulo, Brasil. CT1_1 indica **local** CT1 no ano 1 e assim sucessivamente.

Comparações	<i>Geophagus sveni</i>						<i>Plagioscion squamosissimus</i>					
	Z	$\delta^{13}\text{C}$		Z	$\delta^{15}\text{N}$		Z	$\delta^{13}\text{C}$		Z	$\delta^{15}\text{N}$	
		P	P ajustado		P	P ajustado		P	P ajustado		P	P ajustado
CT1_1 - CT1_2	-0,30	0,77	0,77	0,70	0,49	0,49	1,50	0,13	0,13	-0,41	0,69	0,69
CT1_1 - CT2_1	4,42	0,00	0,00	-1,45	0,15	0,15	2,54	0,01	0,01	-2,77	0,01	0,01
CT1_2 - CT2_1	4,45	0,00	0,00	-2,04	0,04	0,04	1,31	0,19	0,19	-2,44	0,01	0,01
CT1_1 - CT2_2	1,77	0,08	0,08	1,17	0,24	0,24	2,32	0,02	0,02	-0,60	0,55	0,55
CT1_2 - CT2_2	1,95	0,05	0,05	0,49	0,63	0,63	0,76	0,45	0,45	-0,18	0,86	0,86
CT2_1 - CT2_2	-2,22	0,03	0,03	2,43	0,02	0,02	-0,73	0,47	0,47	2,35	0,02	0,02
CT1_1 - TR1_1	1,17	0,24	0,24	4,03	0,00	0,00	1,99	0,05	0,05	0,98	0,32	0,32
CT1_2 - TR1_1	1,39	0,17	0,17	3,13	0,00	0,00	0,65	0,52	0,52	1,35	0,18	0,18
CT2_1 - TR1_1	-3,13	0,00	0,00	5,28	0,00	0,00	-0,66	0,51	0,51	3,39	0,00	0,00
CT2_2 - TR1_1	-0,67	0,50	0,50	2,46	0,01	0,01	-0,01	0,99	0,99	1,55	0,12	0,12
CT1_1 - TR1_2	-0,13	0,90	0,90	3,80	0,00	0,00	-0,22	0,83	0,83	1,75	0,08	0,08
CT1_2 - TR1_2	0,14	0,89	0,89	2,99	0,00	0,00	-1,65	0,10	0,10	2,14	0,03	0,03
CT2_1 - TR1_2	-4,06	0,00	0,00	4,98	0,00	0,00	-2,64	0,01	0,01	4,13	0,00	0,00
CT2_2 - TR1_2	-1,72	0,08	0,08	2,38	0,02	0,02	-2,43	0,01	0,01	2,38	0,02	0,02
TR1_1 - TR1_2	-1,17	0,24	0,24	0,09	0,93	0,93	-2,11	0,03	0,03	0,64	0,52	0,52
CT1_1 - TR2_1	1,00	0,32	0,32	3,55	0,00	0,00	1,53	0,13	0,13	1,26	0,21	0,21
CT1_2 - TR2_1	1,22	0,22	0,22	2,72	0,01	0,01	-0,03	0,97	0,97	1,68	0,09	0,09
CT2_1 - TR2_1	-3,09	0,00	0,00	4,77	0,00	0,00	-1,37	0,17	0,17	3,85	0,00	0,00
CT2_2 - TR2_1	-0,75	0,45	0,45	2,11	0,03	0,03	-0,83	0,41	0,41	1,94	0,05	0,05
TR1_1 - TR2_1	-0,11	0,91	0,91	-0,27	0,79	0,79	-0,70	0,49	0,49	0,10	0,92	0,92
TR1_2 - TR2_1	1,02	0,31	0,31	-0,33	0,74	0,74	1,68	0,09	0,09	-0,62	0,54	0,54
CT1_1 - TR2_2	1,58	0,11	0,11	2,15	0,03	0,03	0,81	0,42	0,42	1,40	0,16	0,16
CT1_2 - TR2_2	1,78	0,08	0,08	1,38	0,17	0,17	-0,62	0,53	0,53	1,78	0,07	0,07
CT2_1 - TR2_2	-2,63	0,01	0,01	3,45	0,00	0,00	-1,78	0,07	0,07	3,84	0,00	0,00

CT2_2 - TR2_2	-0,26	0,79	0,79	0,82	0,41	0,41	-1,37	0,17	0,17	2,02	0,04	0,04
TR1_1 - TR2_2	0,43	0,67	0,67	-1,72	0,09	0,09	-1,18	0,24	0,24	0,31	0,75	0,75
TR1_2 - TR2_2	1,54	0,12	0,12	-1,68	0,09	0,09	0,99	0,32	0,32	-0,34	0,73	0,73
TR2_1 - TR2_2	0,52	0,61	0,61	-1,38	0,17	0,17	-0,61	0,54	0,54	0,25	0,80	0,80
CT1_1 - TR3_1	0,01	0,99	0,99	3,83	0,00	0,00	-0,78	0,43	0,43	-0,22	0,83	0,83
CT1_2 - TR3_1	0,28	0,78	0,78	2,99	0,00	0,00	-2,18	0,03	0,03	0,16	0,88	0,88
CT2_1 - TR3_1	-4,05	0,00	0,00	5,04	0,00	0,00	-3,06	0,00	0,00	2,44	0,01	0,01
CT2_2 - TR3_1	-1,64	0,10	0,10	2,37	0,02	0,02	-2,95	0,00	0,00	0,33	0,74	0,74
TR1_1 - TR3_1	-1,07	0,29	0,29	0,00	1,00	1,00	-2,58	0,01	0,01	-1,12	0,26	0,26
TR1_2 - TR3_1	0,13	0,90	0,90	-0,08	0,94	0,94	-0,55	0,58	0,58	-1,85	0,06	0,06
TR2_1 - TR3_1	-0,92	0,36	0,36	0,26	0,79	0,79	-2,22	0,03	0,03	-1,39	0,17	0,17
TR2_2 - TR3_1	-1,45	0,15	0,15	1,65	0,10	0,10	-1,51	0,13	0,13	-1,51	0,13	0,13
CT1_1 - TR3_2	2,21	0,03	0,03	2,09	0,04	0,04	-0,39	0,69	0,69	2,10	0,04	0,04
CT1_2 - TR3_2	2,37	0,02	0,02	1,34	0,18	0,18	-1,83	0,07	0,07	2,48	0,01	0,01
CT2_1 - TR3_2	-1,92	0,05	0,05	3,36	0,00	0,00	-2,78	0,01	0,01	4,42	0,00	0,00
CT2_2 - TR3_2	0,34	0,73	0,73	0,80	0,43	0,43	-2,62	0,01	0,01	2,74	0,01	0,01
TR1_1 - TR3_2	1,06	0,29	0,29	-1,68	0,09	0,09	-2,27	0,02	0,02	0,94	0,35	0,35
TR1_2 - TR3_2	2,11	0,03	0,03	-1,65	0,10	0,10	-0,17	0,87	0,87	0,33	0,74	0,74
TR2_1 - TR3_2	1,12	0,26	0,26	-1,35	0,18	0,18	-1,86	0,06	0,06	0,97	0,33	0,33
TR2_2 - TR3_2	0,63	0,53	0,53	0,00	1,00	1,00	-1,16	0,25	0,25	0,67	0,50	0,50
TR3_1 - TR3_2	2,04	0,04	0,04	-1,61	0,11	0,11	0,39	0,70	0,70	2,16	0,03	0,03

Tabela S9. Contribuição isotópica relativa dos recursos alimentares assimilados por *Geophagus sveni* estimada por um modelo MixSIAR Bayesiano de mistura nos locais sem (CT1, CT2) e com piscicultura (TR1, TR2 e TR3) nos anos 1 e 2, no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná, São Paulo, Brasil. CT1_1 indica local CT1 no ano 1 e assim sucessivamente.

Ano 1										
DIC= 225,38		Média	Desvio padrão	2,5%	5%	25%	50%	75%	95%	97,5%
	Epsilon.1	0,271	0,163	0,078	0,09	0,165	0,237	0,335	0,564	0,697
	Epsilon.2	0,56	0,315	0,177	0,208	0,347	0,486	0,687	1,186	1,404
CT1_1	Inseto terrestre	0,26	0,108	0,07	0,097	0,183	0,251	0,328	0,452	0,492
CT1_1	Ração	0,185	0,138	0,007	0,013	0,073	0,159	0,272	0,447	0,497
CT1_1	Sedimento	0,187	0,114	0,014	0,026	0,099	0,173	0,258	0,394	0,442
CT1_1	Organismo aquático	0,158	0,119	0,005	0,011	0,062	0,136	0,229	0,389	0,448
CT1_1	Vegetal terrestre	0,139	0,114	0,004	0,009	0,051	0,114	0,199	0,349	0,423
CT1_1	Vegetal aquático	0,072	0,052	0,003	0,007	0,033	0,061	0,1	0,171	0,193
CT2_1	Sedimento	0,425	0,261	0,004	0,009	0,171	0,477	0,633	0,792	0,832
CT2_1	Organismo aquático	0,239	0,271	0,002	0,004	0,028	0,1	0,441	0,779	0,838
CT2_1	Vegetal aquático	0,101	0,08	0,001	0,002	0,026	0,093	0,161	0,239	0,263
CT2_1	Ração	0,089	0,087	0,002	0,004	0,025	0,061	0,125	0,27	0,325
CT2_1	Vegetal terrestre	0,088	0,109	0,002	0,003	0,018	0,05	0,114	0,307	0,405
CT2_1	Inseto terrestre	0,059	0,055	0,007	0,01	0,026	0,046	0,077	0,139	0,173
DIC=445,74		Média	Desvio padrão	2,5%	5%	25%	50%	75%	95%	97,5%
	Epsilon.1	1,073	0,461	0,315	0,406	0,763	1,021	1,321	1,862	2,113
	Epsilon.2	1,086	0,416	0,405	0,498	0,805	1,034	1,305	1,842	2,087
TR1_1	Ração	0,494	0,185	0,1	0,162	0,371	0,501	0,633	0,779	0,82
TR1_1	Organismo aquático	0,189	0,141	0,008	0,015	0,075	0,161	0,271	0,462	0,523
TR1_1	Vegetal aquático	0,114	0,095	0,003	0,006	0,039	0,089	0,165	0,3	0,353
TR1_1	Inseto terrestre	0,103	0,093	0,003	0,005	0,03	0,078	0,152	0,287	0,339
TR1_1	Sedimento	0,055	0,051	0,002	0,003	0,017	0,04	0,078	0,155	0,192
TR1_1	Vegetal terrestre	0,046	0,042	0,002	0,003	0,015	0,033	0,064	0,129	0,16

TR2_1	Ração	0,631	0,204	0,12	0,219	0,522	0,667	0,78	0,905	0,926
TR2_1	Organismo aquático	0,148	0,141	0,003	0,005	0,038	0,108	0,217	0,44	0,527
TR2_1	Vegetal aquático	0,077	0,077	0,001	0,002	0,019	0,053	0,115	0,229	0,278
TR2_1	Inseto terrestre	0,068	0,075	0,001	0,002	0,015	0,042	0,097	0,221	0,268
TR2_1	Sedimento	0,039	0,045	0,001	0,001	0,008	0,023	0,055	0,132	0,163
TR2_1	Vegetal terrestre	0,037	0,042	0	0,001	0,007	0,021	0,053	0,121	0,149
TR3_1	Ração	0,677	0,219	0,095	0,205	0,563	0,732	0,841	0,936	0,954
TR3_1	Organismo aquático	0,139	0,15	0,002	0,004	0,03	0,089	0,195	0,454	0,564
TR3_1	Vegetal aquático	0,074	0,086	0,001	0,002	0,014	0,041	0,103	0,261	0,322
TR3_1	Inseto terrestre	0,061	0,077	0,001	0,001	0,011	0,032	0,083	0,214	0,279
TR3_1	Sedimento	0,026	0,032	0	0,001	0,005	0,015	0,034	0,091	0,119
TR3_1	Vegetal terrestre	0,023	0,028	0	0,001	0,004	0,013	0,028	0,079	0,105
Ano 2										
DIC=261,96		Média	Desvio padrão	2,5%	5%	25%	50%	75%	95%	97,5%
	Epsilon.1	1,338	0,751	0,382	0,466	0,825	1,194	1,657	2,735	3,304
	Epsilon.2	0,391	0,49	0,031	0,044	0,11	0,221	0,466	1,329	1,775
CT1_2	Ração	0,301	0,17	0,02	0,039	0,166	0,293	0,422	0,593	0,649
CT1_2	Sedimento	0,221	0,146	0,011	0,022	0,105	0,201	0,315	0,49	0,545
CT1_2	Organismo aquático	0,175	0,122	0,007	0,015	0,079	0,154	0,252	0,404	0,449
CT1_2	Inseto terrestre	0,147	0,089	0,025	0,036	0,081	0,128	0,195	0,318	0,365
CT1_2	Vegetal aquático	0,121	0,078	0,007	0,013	0,06	0,111	0,17	0,263	0,297
CT1_2	Vegetal terrestre	0,036	0,031	0,001	0,003	0,013	0,027	0,05	0,095	0,114
CT2_2	Inseto terrestre	0,537	0,226	0,015	0,039	0,42	0,572	0,701	0,844	0,876
CT2_2	Ração	0,136	0,128	0,005	0,01	0,047	0,101	0,186	0,372	0,451
CT2_2	Sedimento	0,13	0,159	0,004	0,007	0,033	0,079	0,157	0,494	0,693
CT2_2	Organismo aquático	0,09	0,112	0,002	0,005	0,025	0,058	0,115	0,265	0,387
CT2_2	Vegetal aquático	0,071	0,082	0,002	0,004	0,019	0,045	0,092	0,223	0,299
CT2_2	Vegetal terrestre	0,036	0,043	0	0,001	0,006	0,019	0,051	0,124	0,154
DIC=407,23		Média	Desvio padrão	2,5%	5%	25%	50%	75%	95%	97,5%

	Epsilon.1	0,431	0,316	0,096	0,12	0,228	0,346	0,536	1,043	1,305
	Epsilon.2	1,41	0,718	0,463	0,547	0,893	1,255	1,789	2,742	3,167
TR1_2	Inseto terrestre	0,398	0,167	0,03	0,063	0,304	0,413	0,513	0,656	0,691
TR1_2	Sedimento	0,187	0,14	0,011	0,021	0,083	0,158	0,259	0,454	0,539
TR1_2	Ração	0,181	0,121	0,011	0,02	0,087	0,162	0,256	0,407	0,461
TR1_2	Organismo aquático	0,1	0,1	0,004	0,008	0,036	0,072	0,13	0,282	0,412
TR1_2	Vegetal aquático	0,089	0,083	0,004	0,007	0,034	0,069	0,115	0,253	0,326
TR1_2	Vegetal terrestre	0,044	0,037	0,002	0,004	0,017	0,035	0,062	0,115	0,134
TR2_2	Inseto terrestre	0,383	0,198	0,015	0,041	0,248	0,38	0,52	0,712	0,771
TR2_2	Sedimento	0,191	0,185	0,005	0,009	0,048	0,128	0,278	0,587	0,688
TR2_2	Ração	0,185	0,168	0,005	0,009	0,051	0,134	0,275	0,534	0,607
TR2_2	Vegetal aquático	0,103	0,107	0,002	0,003	0,02	0,063	0,157	0,316	0,367
TR2_2	Organismo aquático	0,095	0,114	0,002	0,003	0,019	0,054	0,125	0,335	0,439
TR2_2	Vegetal terrestre	0,043	0,047	0,001	0,002	0,009	0,026	0,063	0,142	0,171
TR3_2	Ração	0,326	0,226	0,006	0,014	0,122	0,316	0,501	0,715	0,772
TR3_2	Sedimento	0,282	0,216	0,006	0,012	0,092	0,246	0,444	0,679	0,744
TR3_2	Inseto terrestre	0,152	0,105	0,014	0,026	0,075	0,13	0,207	0,353	0,416
TR3_2	Organismo aquático	0,103	0,106	0,002	0,004	0,025	0,068	0,149	0,321	0,388
TR3_2	Vegetal aquático	0,087	0,078	0,002	0,003	0,025	0,066	0,13	0,238	0,285
TR3_2	Vegetal terrestre	0,05	0,041	0,001	0,002	0,016	0,041	0,075	0,125	0,148

Tabela S10. Contribuição isotópica relativa dos recursos alimentares assimilados por *Plagioscion squamosissimus* estimada por um modelo MixSIAR Bayesiano de mistura nos locais sem (CT1, CT2) e com piscicultura (TR1, TR2 e TR3) nos anos 1 e 2, no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná, São Paulo, Brasil. CT1_1 indica local CT1 no ano 1 e assim sucessivamente.

Ano 1										
DIC=219,55		Média	Desvio padrão	2,50%	5%	25%	50%	75%	95%	97,50%
	Epsilon.1	0,23	0,139	0,057	0,073	0,136	0,2	0,289	0,494	0,586
	Epsilon.2	0,199	0,127	0,064	0,076	0,122	0,17	0,24	0,411	0,5
CT1_1	Vegetal terrestre	0,256	0,194	0,007	0,014	0,082	0,218	0,41	0,602	0,649
CT1_1	Peixe	0,217	0,186	0,004	0,008	0,051	0,158	0,366	0,56	0,606
CT1_1	Inseto terrestre	0,147	0,101	0,01	0,018	0,069	0,128	0,205	0,342	0,385
CT1_1	Vegetal aquático	0,144	0,123	0,005	0,01	0,051	0,111	0,205	0,398	0,461
CT1_1	Organismo aquático	0,141	0,145	0,003	0,007	0,038	0,092	0,193	0,473	0,555
CT1_1	Ração	0,095	0,087	0,003	0,005	0,028	0,069	0,136	0,273	0,319
CT2_1	Inseto terrestre	0,351	0,247	0,004	0,01	0,119	0,341	0,555	0,764	0,811
CT2_1	Vegetal aquático	0,242	0,239	0,002	0,005	0,039	0,139	0,427	0,704	0,756
CT2_1	Vegetal terrestre	0,147	0,132	0,003	0,006	0,046	0,116	0,21	0,401	0,488
CT2_1	Peixe	0,109	0,116	0,002	0,003	0,028	0,075	0,151	0,324	0,421
CT2_1	Organismo aquático	0,09	0,104	0,001	0,003	0,018	0,052	0,124	0,307	0,387
CT2_1	Ração	0,061	0,073	0,001	0,002	0,013	0,036	0,083	0,206	0,266
DIC=267,2525		Média	Desvio padrão	2,5%	5%	25%	50%	75%	95%	97,5%
	Epsilon.1	0,326	0,162	0,103	0,127	0,217	0,296	0,4	0,624	0,729
	Epsilon.2	0,999	0,465	0,357	0,422	0,674	0,907	1,233	1,877	2,159
TR1_1	Inseto terrestre	0,244	0,174	0,007	0,013	0,076	0,239	0,388	0,527	0,568
TR1_1	Vegetal aquático	0,177	0,119	0,009	0,017	0,087	0,161	0,246	0,4	0,459
TR1_1	Vegetal terrestre	0,17	0,164	0,004	0,007	0,038	0,099	0,289	0,496	0,54
TR1_1	Ração	0,163	0,092	0,027	0,04	0,094	0,149	0,216	0,336	0,381
TR1_1	Peixe	0,123	0,123	0,003	0,007	0,036	0,083	0,166	0,393	0,477
TR1_1	Organismo aquático	0,122	0,101	0,005	0,01	0,045	0,096	0,173	0,321	0,373

TR2_1	Ração	0,469	0,186	0,05	0,115	0,353	0,485	0,604	0,749	0,791
TR2_1	Inseto terrestre	0,112	0,076	0,004	0,008	0,051	0,103	0,161	0,25	0,281
TR2_1	Organismo aquático	0,12	0,1	0,002	0,005	0,039	0,099	0,179	0,311	0,363
TR2_1	Peixe	0,104	0,103	0,001	0,003	0,024	0,07	0,154	0,318	0,368
TR2_1	Vegetal aquático	0,108	0,081	0,004	0,009	0,045	0,093	0,154	0,261	0,304
TR2_1	Vegetal terrestre	0,086	0,069	0,002	0,004	0,031	0,073	0,128	0,219	0,251
TR3_1	Vegetal aquático	0,46	0,297	0,003	0,007	0,126	0,546	0,709	0,85	0,884
TR3_1	Organismo aquático	0,225	0,277	0,001	0,003	0,02	0,075	0,416	0,789	0,84
TR3_1	Ração	0,096	0,096	0,005	0,008	0,03	0,065	0,131	0,284	0,36
TR3_1	Inseto terrestre	0,081	0,08	0,002	0,004	0,023	0,057	0,114	0,233	0,287
TR3_1	Vegetal terrestre	0,07	0,088	0,001	0,002	0,014	0,04	0,092	0,239	0,322
TR3_1	Peixe	0,069	0,097	0,001	0,002	0,013	0,036	0,086	0,25	0,35
Ano 2										
DIC=203,18		Média	Desvio padrão	2,5%	5%	25%	50%	75%	95%	97,5%
	Epsilon.1	0,246	0,213	0,025	0,038	0,102	0,188	0,32	0,652	0,79
	Epsilon.2	1,405	0,874	0,261	0,366	0,783	1,25	1,813	2,96	3,39
CT1_2	Vegetal aquático	0,262	0,184	0,011	0,023	0,11	0,229	0,382	0,628	0,68
CT1_2	Peixe	0,231	0,163	0,007	0,016	0,096	0,208	0,338	0,534	0,589
CT1_2	Vegetal terrestre	0,143	0,126	0,005	0,01	0,051	0,11	0,195	0,395	0,491
CT1_2	Inseto terrestre	0,172	0,141	0,006	0,012	0,06	0,136	0,251	0,455	0,522
CT1_2	Ração	0,116	0,101	0,003	0,007	0,039	0,089	0,168	0,319	0,371
CT1_2	Organismo aquático	0,076	0,069	0,002	0,004	0,023	0,057	0,108	0,21	0,257
CT2_2	Vegetal aquático	0,267	0,248	0,005	0,009	0,062	0,188	0,411	0,801	0,88
CT2_2	Peixe	0,249	0,221	0,003	0,006	0,059	0,188	0,394	0,69	0,768
CT2_2	Inseto terrestre	0,194	0,193	0,002	0,004	0,032	0,132	0,306	0,594	0,665
CT2_2	Vegetal terrestre	0,143	0,172	0,002	0,004	0,025	0,075	0,194	0,537	0,653
CT2_2	Ração	0,09	0,106	0,001	0,002	0,018	0,051	0,124	0,312	0,398
CT2_2	Organismo aquático	0,057	0,075	0,001	0,002	0,01	0,03	0,073	0,208	0,268
DIC=338,14		Média	Desvio padrão	2,5%	5%	25%	50%	75%	95%	97,5%

	Epsilon.1	0,715	0,363	0,217	0,267	0,463	0,64	0,899	1,409	1,651
	Epsilon.2	1,107	0,488	0,403	0,465	0,753	1,025	1,377	2,023	2,248
TR1_2	Peixe	0,269	0,172	0,012	0,022	0,114	0,262	0,4	0,554	0,614
TR1_2	Ração	0,207	0,132	0,015	0,028	0,107	0,186	0,282	0,454	0,52
TR1_2	Inseto terrestre	0,143	0,126	0,006	0,01	0,048	0,109	0,198	0,403	0,49
TR1_2	Organismo aquático	0,129	0,123	0,004	0,008	0,038	0,087	0,183	0,398	0,442
TR1_2	Vegetal terrestre	0,129	0,114	0,005	0,009	0,046	0,098	0,176	0,361	0,445
TR1_2	Vegetal aquático	0,124	0,12	0,003	0,007	0,036	0,086	0,171	0,379	0,453
TR2_2	Ração	0,228	0,179	0,007	0,015	0,08	0,191	0,333	0,589	0,661
TR2_2	Peixe	0,222	0,163	0,006	0,013	0,084	0,201	0,332	0,53	0,589
TR2_2	Vegetal terrestre	0,167	0,158	0,002	0,005	0,035	0,117	0,258	0,487	0,553
TR2_2	Inseto terrestre	0,139	0,138	0,002	0,005	0,033	0,093	0,201	0,431	0,504
TR2_2	Vegetal aquático	0,135	0,135	0,002	0,003	0,028	0,09	0,205	0,412	0,478
TR2_2	Organismo aquático	0,109	0,112	0,002	0,004	0,025	0,073	0,155	0,343	0,42
TR3_2	Ração	0,389	0,234	0,01	0,024	0,191	0,397	0,571	0,759	0,806
TR3_2	Peixe	0,163	0,132	0,006	0,012	0,063	0,131	0,234	0,417	0,492
TR3_2	Inseto terrestre	0,13	0,126	0,002	0,005	0,031	0,09	0,191	0,393	0,467
TR3_2	Vegetal terrestre	0,13	0,128	0,002	0,004	0,03	0,089	0,193	0,391	0,463
TR3_2	Organismo aquático	0,1	0,098	0,001	0,003	0,025	0,071	0,146	0,301	0,354
TR3_2	Vegetal aquático	0,088	0,09	0,001	0,003	0,021	0,059	0,128	0,267	0,32

Capítulo 2

Ecofisiologia e relações tróficas em peixes silvestres onívoro e carnívoro sob influência de pisciculturas em tanques-redes

Resumo

A assimilação da ração proveniente de pisciculturas em tanques-rede por peixes silvestres pode interferir nas concentrações de proteínas, lipídeos e glicogênio e composição isotópica, uma vez que a composição nutricional dos alimentos determina a composição das reservas energéticas teciduais. Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi avaliar as influências das pisciculturas em tanques-rede (criação de *Oreochromis niloticus*) sobre a composição energética e isotópica de *Geophagus sveni* e *Plagioscion squamosissimus*. Testou-se a hipótese de que as concentrações dos substratos energéticos, a composição isotópica e a assimilação dos recursos alimentares para as duas espécies variaram em decorrência da influência das pisciculturas em tanques-rede nas fontes de recursos alimentares. Para isso, foram realizadas quatro coletas (abril/2019, junho/2019, agosto/2021 e março/2022), em locais com e sem presença de pisciculturas em tanques-rede em um reservatório Neotropical. Além da quantificação dos substratos energéticos (proteína, lipídeo e glicogênio) nos tecidos hepático, gonadal e muscular e isótopos estáveis de ^{13}C e ^{15}N , foi calculado o índice hepatossomático (IHS). A concentração dos substratos energéticos, composição isotópica e assimilação dos recursos variou entre os locais e períodos sazonais. Apesar de haver diferenças na assimilação dos recursos alimentares entre os períodos, ração foi um dos recursos com maiores médias de assimilação em ambos os períodos e espécies. As altas porcentagens de proteína na ração influenciaram a metabolização dos substratos energéticos e assim a composição isotópica e assimilação dos recursos alimentares. Valores maiores de IHS para os peixes nos locais onde ocorreu maiores porcentagens de assimilação de ração indicaram maiores reservas de energia no fígado, corroborando o potencial energético da ração. Por fim, esse estudo traz importantes apontamentos sobre os efeitos da ingestão da ração disponibilizada no ecossistema aquático sobre a assimilação dos recursos alimentares naturais e quantificação dos substratos energéticos de peixes silvestre onívoro e carnívoro, integrando fisiologia e isótopos estáveis.

Palavras-chave: aquicultura de água doce, cultivo intensivo de peixes, impactos, proteína, lipídeo, glicogênio, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, *Geophagus sveni*, *Plagioscion squamosissimus*.

Abstract

The assimilation of pelleted feed from cage fish farms by wild fish may interfere in the concentrations of proteins, lipids and glycogen and isotopic composition, once the nutritional composition of food determines the composition of tissue energy reserves. Thus, the objective of the present study was to evaluate the influences of cage fish farms (*Oreochromis niloticus* farming) on the energetic and isotopic composition of *Geophagus sveni* and *Plagioscion squamosissimus*. We tested the hypothesis that concentrations of energetic substrates, isotopic composition and assimilation of food resources for the two species varied as a result of the influence of cage fish farms on food resource sources. To this end, four samples were collected (April/2019, June/2019, August/2021 and

March/2022) at sites with and without the presence of cage fish farms in a Neotropical reservoir. In addition to the quantification of energy substrates (protein, lipid and glycogen) in liver, gonadal and muscle tissues and stable ^{13}C and ^{15}N isotopes, the hepatosomatic index (HSI) was calculated. Energy substrate concentration, isotopic composition, and resource assimilation varied among sites and seasonal periods. Although there were differences in assimilation of food resources between periods, pelleted feed was one of the resources with the highest mean assimilation in both periods and species. The high percentages of protein in pelleted feed influenced the metabolization of energetic substrates and thus the isotopic composition and assimilation of food resources. Higher HSI values for fish where higher percentages of pelleted feed assimilation occurred indicated higher energy reserves in the liver, corroborating the energetic potential of the pelleted feed. Finally, this study provides important insights into the effects of pelleted feed intake in the aquatic ecosystem on the assimilation of natural food resources and quantification of energetic substrates in omnivorous and carnivorous wild fish, integrating physiology and stable isotopes.

Keywords: aquaculture, intensive fish farming, freshwater, impacts, energy substrates, stable isotopes, wild fish.

Introdução

A produção de peixes em sistemas de pisciculturas em tanques-rede apresenta grande potencial, e seu constante crescimento a torna uma importante atividade econômica (FAO, 2020; NUNES; ROCHA, 2015). Arelado a esse potencial, alterações ambientais tais como *input* de matéria orgânica contendo ração no ecossistema aquático e o consumo de ração proveniente dos tanques de cultivo por peixes silvestres são relatadas (HENRY-SILVA *et al.*, 2022; KLIEMANN *et al.*, 2022; NOBILE *et al.*, 2020; RAMOS *et al.*, 2022). Contudo, informações sobre a assimilação efetiva dessa ração e as consequências desse consumo da ração sobre a concentração dos substratos energéticos (proteína, lipídeo e glicogênio) em peixes silvestres são escassas.

O consumo de ração por peixes silvestres onívoros é comumente relatado por estudos que avaliaram influências das pisciculturas em tanques-rede sobre a alimentação dos peixes silvestres (BARRETT; SWEARER; DEMPSTER, 2018; KLIEMANN *et al.*, 2022; NOBILE *et al.*, 2018; RAMOS, J. *et al.*, 2022). Além disso, também são relatados impactos secundários como alterações histopatológicas no fígado (KLIEMANN *et al.*, 2018) e no período reprodutivo (BRANDÃO *et al.*, 2014) relacionados aos níveis energéticos e proteicos da matéria orgânica proveniente das pisciculturas. Dessa forma, mudanças na dieta natural dos peixes, com a ingestão de recursos com altas concentrações de proteína e energia, podem interferir na metabolização dos nutrientes e substratos energéticos, tais como proteínas, lipídeos e glicogênio, necessários para manutenção do

metabolismo basal (BALDISSEROTTO; URBINATI; CYRINO, 2020; MARTINO; DOUBLEDAY; GILLANDERS, 2019).

Interferências nas composições nutricionais do alimento ingerido pelos peixes têm consequências também na composição isotópica de ^{13}C e ^{15}N dos seus tecidos corporais (MARTIN-PEREZ *et al.*, 2013; MARTINO; DOUBLEDAY; GILLANDERS, 2019; SAKANO *et al.*, 2005; VOLLAIRE *et al.*, 2007). Dessa forma, além da possibilidade de rastrear as fontes de recursos alimentares por meio dos isótopos estáveis, é possível avaliar os componentes nutricionais da dieta, como a quantidade de proteínas e lipídeos em tecidos e órgãos do consumidor (MARTIN-PEREZ *et al.*, 2013; MARTÍNEZ DEL RIO *et al.*, 2009).

Estudos recentes com isótopos estáveis demonstraram que tanto uma espécie onívora (*Geophagus sveni*) quanto uma carnívora (*Plagioscion squamosissimus*) assimilaram a ração proveniente dos tanques de cultivo (KLIEMANN *et al.* dados não publicados). Com esses resultados, os autores demonstraram que a influência do consumo de ração ocorre em peixes de diferentes guildas tróficas e não preferencialmente em espécies onívoras, como demonstrado nos resultados de análises do conteúdo estomacal (KLIEMANN *et al.* dados não publicados). Dessa forma, as fontes de recursos energéticos naturais utilizados por espécies onívoras e carnívoras estão sendo alteradas. Adicionalmente, outros fatores como o período reprodutivo que interferem na mobilização dos substratos energéticos entre os tecidos, e as variações ambientais (ex. temperatura) que interferem nas taxas metabólicas são relevantes e devem ser considerados (BALDISSEROTTO; URBINATI; CYRINO, 2020; NEVES *et al.*, 2021; POWER; GUIGUER; BARTON, 2003).

Considerando então a escassez de informação sobre a assimilação de ração e os efeitos sobre a concentração de substratos energéticos, abordagens integrando fisiologia e isótopos estáveis podem ser eficazes e auxiliar na compreensão dos efeitos do consumo de ração. Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi avaliar as influências das pisciculturas em tanques-rede sobre a concentração dos substratos energéticos (proteína, lipídeo e glicogênio) nos tecidos hepático, gonadal e muscular e na assimilação dos recursos alimentares. Testou-se a hipótese de que as concentrações dos substratos energéticos, composição isotópica e assimilação dos recursos alimentares variaram em decorrência da influência das pisciculturas em tanques-rede nas fontes de recursos alimentares para as duas espécies independente das variações sazonais e de sexo. Dessa forma, partindo da premissa que os substratos energéticos são obtidos via alimentação

(BALDISSEROTTO; URBINATI; CYRINO, 2020) e que a ração é um alimento altamente energético e proteico (RIBEIRO *et al.*, 2012), espera-se observar que: i) em ambos os períodos sazonais, as maiores concentrações dos substratos energéticos ocorrem em indivíduos que forrageiam em áreas de piscicultura; ii) maiores concentrações dos substratos energéticos estão relacionadas à assimilação de recursos alimentares altamente energéticos e proteicos, especificamente a ração.

Materiais e métodos

Área de estudo

A área de estudo compreendeu o reservatório de Ilha Solteira, bacia do alto rio Paraná (ecorregião Alto Paraná, HALES; PETRY, 2019), localizado entre os estados de Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e São Paulo (Figura 1). Esse reservatório é do tipo bacia de acumulação e apresenta área de 1.195 km², profundidade média de 17,6 m, volume máximo de 21,06 x 10⁹ m³ e tempo de residência de 46,7 dias (GARCIA *et al.*, 2014). Além disso, o reservatório de Ilha Solteira apresenta grande importância para o setor aquícola, uma vez que aproximadamente 72 empreendimentos atuam no cultivo de *Oreochromis niloticus* em tanques-rede (CARMO *et al.*, 2021).

As coletas foram realizadas em cinco locais de amostragem: três locais em pisciculturas em tanques-rede (TR1, TR2 e TR3), e dois locais localizados a montante das pisciculturas (CT1 e CT2) (Figura 1). CT1, a montante de TR1 e TR2, apresentava distância de aproximadamente 11 km de TR1 e 31 km de TR2, enquanto CT2, a montante de TR3, apresentava 30 km de distância de TR3. Apesar dos locais CT1 e CT2 estarem localizados em áreas sem a presença dos empreendimentos de piscicultura, algumas pisciculturas iniciaram operação próximo a esses locais após o início das coletas (informação pessoal). Dois empreendimentos se localizavam a montante e um a jusante de CT1 com distância aproximada de 11 (PISC1), 17 km (PISC2) e 6 km (PISC3), respectivamente (Figura 1). Com relação à CT2, havia dois empreendimentos a jusante com distância aproximada de 12 (PISC4) e 27 km (PISC5), respectivamente (Figura 1).

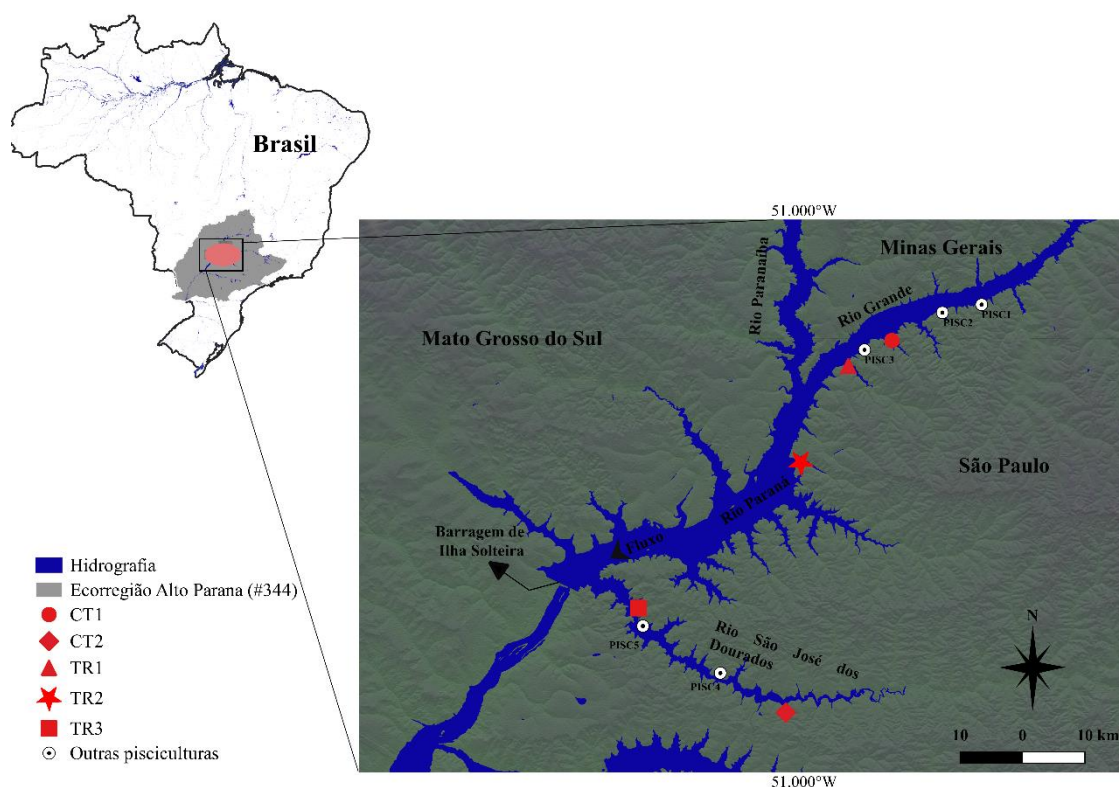


Figura 1. Área de estudo: locais de amostragem em áreas com pisciculturas em tanques-rede (TR1, TR2, TR3) e áreas a montante das pisciculturas sem a presença desses empreendimentos (CT1 e CT2) no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná, São Paulo, Brasil. CT1 - 20° 0'13.71"S; 50°51'58.94"O; CT2 - 20°34'24.57"S; 51° 1'36.41"O; TR1 - 20° 2'33.62"S; 50°55'57.60"O; TR2 - 20°11'17.68"S; 51° 0'19.50"O; TR3 - 20°24'57.36"S; 51°15'19.71"O. “Dados raster obtidos da EMBRAPA, acessado em 24 de julho de 2022. <https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/relevobr/download/pr/pr.htm>”. Fonte: Capítulo 1.

Espécies modelos

As espécies da ictiofauna selecionadas para esse estudo foram a onívora *Geophagus sveni* Lucinda, Lucena & Assis, 2010 e a carnívora *Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840) devido às influências das pisciculturas já relatadas para essas espécies (KLIEMANN *et al.*, 2022; RAMOS; VIDOTTO-MAGNONI; CARVALHO, 2008) como também por suas altas abundâncias na bacia do rio Paraná (ORLANDI-NETO *et al.*, 2022). *Geophagus sveni* (Cichliformes: Cichlidae) é nativa da bacia do rio Tocantins (LUCINDA; LUCENA; ASSIS, 2010) e foi introduzida na bacia do alto rio Paraná, principalmente devido ao aquarismo (OTA *et al.*, 2018). Apresenta comportamento generalista, o que favorece o consumo de recursos excedentes de pisciculturas em tanques-rede (KLIEMANN *et al.*, 2018). *Plagioscion squamosissimus* (Acanthuriformes: Sciaenidae) é nativa da bacia Amazônica (DOS SANTOS *et al.*, 2006) e sua introdução na bacia do rio Paraná foi relacionada à sua importância econômica

(OTA *et al.*, 2018). Além disso, realiza pequenas migrações (OTA *et al.*, 2018) e se alimenta principalmente de peixes e camarões (NEVES *et al.*, 2015; QUEIROZ-SOUSA *et al.*, 2018). Assim, são atraídas para o entorno dos tanques de cultivo devido à maior abundância de peixes e organismos aquáticos, como camarão (GONZALEZ-SILVERA *et al.*, 2015; KLIEMANN *et al.*, 2022; ORLANDI-NETO *et al.*, 2022).

Amostragens e análises laboratoriais

O período de coleta compreendeu os meses de abril e julho de 2019 (Ano 1), agosto de 2021 e março de 2022 (Ano 2), abrangendo os períodos chuvoso e seco. Os períodos de coleta seco e chuvoso foram determinados considerando as temperaturas nesses períodos (seco – menores temperaturas ~23,35°C; chuvoso – maiores temperaturas (~26,47°C) (PORTINHO *et al.*, 2021). A temperatura foi considerada pelo seu efeito sobre o metabolismo, e influência na taxa de conversão alimentar dos peixes (MARTINO; DOUBLEDAY; GILLANDERS, 2019). A taxa de conversão alimentar está relacionada com a quantidade de ração fornecida, massa do peixe e a temperatura da água que influencia a atividade metabólica dos peixes em cultivo (RIBEIRO *et al.*, 2012). Dessa forma, em períodos de menor temperatura são fornecidos menores quantidades de ração aos peixes de cultivo e como consequência menor ração é perdida para o ambiente aquático adjacente.

Ictiofauna

A ictiofauna foi amostrada utilizando redes de emalhar (3–16 cm entre nós não-adjacentes) instaladas na direção das margens para o centro, por aproximadamente 14 h (entre 17h e 7h) (SISBio 64763-1 a 4, CEUA 006/2019; SisGen A908D5F) em todos os locais de amostragem, com esforços padronizados. Depois de coletados, foram mensurados o comprimento padrão (cm) e massa total (g) dos indivíduos de *G. sveni* e *P. squamosissimus* como também a massa total (g) do fígado. Espécimes testemunhos foram tombados na Coleção de Peixes da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - São José do Rio Preto, SP (*G. sveni* DZSJRP 21365 e *P. squamosissimus* DZSJRP 21369).

Substratos energéticos

Foram amostrados dez indivíduos adultos de cada espécie (*G. sveni* e *P. squamosissimus*) por local e mês de coleta (5 locais e 4 coletas), para extração e determinação de lipídeos, proteínas e carboidratos totais dos tecidos muscular, hepático

e gonadal (Tabela 1). Para isso foram retiradas amostras de músculo branco (~100 mg), fígado (~50 mg) e gônada (~50 mg) dos indivíduos amostrados, que foram imediatamente congeladas em nitrogênio líquido e armazenadas em congelador -80 °C até o momento do processamento. Para o tecido gonadal foram extraídos e determinados apenas proteína e lipídeo.

As metodologias utilizadas para extração e determinação dos substratos energéticos foram: extração lipídica utilizando o método de Folch; Less; Stanley (1957) adaptado por Parrish (1999) para organismos aquáticos; determinação de lipídios totais por meio do método de Frings *et al.* (1972); teor proteico extraído e determinado utilizando a metodologia proposta por Lowry *et al.* (1951); extração de glicogênio utilizando o método enzimático de Bidinotto; Souza; Moraes (1997) e sua determinação utilizando método de Dubois; Gilles; Hamilton (1956). Após a extração e determinação, as concentrações dos substratos energéticos foram quantificadas por meio da leitura do comprimento de onda (proteína – 660 nm; lipídeo – 540 nm e glicogênio – 480 nm) em espectrofotômetro ultravioleta - ELISA.

Tabela 1. Média $\pm$ desvio padrão do comprimento padrão (cm) e massa (g) dos indivíduos adultos de *Geophagus sveni* e *Plagioscion squamosissimus* amostrados para quantificação de proteína, lipídio e glicogênio nos tecidos hepático, muscular e gonadal nos locais (CT1, CT2, TR1, TR2, TR3) e períodos sazonais (chuvoso e seco) de amostragem no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná, São Paulo, Brasil.

	Local	Período	Sexo	Número de indivíduos	Comprimento padrão (cm)	Massa (g)
<i>Geophagus sveni</i>	CT1	Chuvoso	F	11	15,9 $\pm$ 2,8	121,5 $\pm$ 49,9
			M	4	14,4 $\pm$ 2,6	100,1 $\pm$ 51,9
		Seco	F	10	16,3 $\pm$ 2,2	135,5 $\pm$ 48,3
			M	7	20,8 $\pm$ 3,4	201,7 $\pm$ 68,6
	CT2	Chuvoso	F	13	16,3 $\pm$ 1,8	127,4 $\pm$ 46,1
			M	5	17,2 $\pm$ 0,8	134,3 $\pm$ 31,0
		Seco	F	20	14,7 $\pm$ 2,1	94,4 $\pm$ 38,9
			M	1	14,3 $\pm$ 0	70,4 $\pm$ 0
	TR1	Chuvoso	F	14	12,5 $\pm$ 1,9	61,1 $\pm$ 27,7
			M	5	13,5 $\pm$ 2,6	85,6 $\pm$ 48,4
		Seco	F	10	15,4 $\pm$ 4,6	81,8 $\pm$ 45,2
			M	9	16,3 $\pm$ 1,5	122,1 $\pm$ 34,6
	TR2	Chuvoso	F	14	15,0 $\pm$ 1,9	101,1 $\pm$ 43,5
			M	6	16,1 $\pm$ 1,9	130,7 $\pm$ 59,0
		Seco	F	14	16,2 $\pm$ 2,9	135,9 $\pm$ 69,2
			M	2	19,6 $\pm$ 1,3	239,1 $\pm$ 41,2
	TR3	Chuvoso	F	11	12,0 $\pm$ 2,0	51,5 $\pm$ 27,7
			M	3	13,7 $\pm$ 1,9	67,0 $\pm$ 24,7
		Seco	F	9	12,3 $\pm$ 1,5	52,3 $\pm$ 25,4

			M	7	13,8±2,1	73,4±33,6
<i>Plagioscion squamosissimus</i>	CT1	Chuvoso	F	15	23,4±5,8	236,2±194,9
			M	6	22,6±1,5	211,3±45,6
		Seco	F	10	29,9±6,8	403,4±226,4
			M	9	22,9±2,6	227,6±97,8
	CT2	Chuvoso	F	12	27,1±4,3	380,5±185
			M	10	24,0±2,5	256,8±109,2
		Seco	F	16	21,5±5,6	222,5±153,3
			M	4	19,7±4,3	157,6±100,7
	TR1	Chuvoso	F	15	23,9±5,2	321,9±263,4
			M	6	23,1±6,3	318,7±233,5
		Seco	F	10	21,8±2,6	186,8±72,3
			M	8	21,3±3,4	153,4±63,9
	TR2	Chuvoso	F	10	25,9±2,5	248,1±99,5
			M	8	24,2±4,9	311,2±245,1
		Seco	F	10	28,3±3,5	440,9±186,6
			M	10	23,8±2,0	254,4±75,6
	TR3	Chuvoso	F	7	23,7±2,6	310,2±121,7
			M	12	21,8±2,4	199,1±70,4
		Seco	F	17	25,2±3,1	309,2±125,6
			M	8	29,1±5,6	509,3±296,7

Isótopos estáveis

Para as análises de isótopos estáveis de ^{13}C e ^{15}N foram coletadas amostras de músculo dos consumidores e dos recursos alimentares (baseado em análise do conteúdo estomacal) por mês e local de amostragem. Os consumidores consistiram em cinco exemplares adultos de *G. sveni* e de *P. squamosissimus*. Os recursos alimentares amostrados foram invertebrados terrestres, vegetal terrestre, algas filamentosas, macrófitas, fezes bovinas e de capivara e matéria orgânica particulada grossa (MOPG) amostrados manualmente com a utilização de pinças. Invertebrados aquáticos e pequenos peixes amostrados utilizando peneira junto aos bancos de macrófitas como também utilizando redes de emalhar. Sedimento retirado utilizando um cano de sucção em áreas próximas as margens do rio e perifíton amostrado de pedras e estruturas das pisciculturas como cordas, redes e boias. Matéria orgânica particulada fina (MOPF) também foi coletada por meio da filtração de água (três litros por local de coleta) utilizando bomba a vácuo e filtros de fibra de vidro Millipore de 45 microns previamente calcinados. Ração foi obtida junto ao proprietário de cada empreendimento aquícola. Imediatamente após a coleta, todas as amostras foram armazenadas e congeladas.

Em laboratório, as amostras de tecido muscular dos peixes foram liofilizadas até atingir massa assintótica e os outros recursos alimentares foram mantidos em forno a 60 °C durante 48 h. Em seguida todas essas amostras foram moídas até pó fino e homogêneo.

Aproximadamente 0,8 a 1,2 mg de tecido animal seco, 2,3 a 2,7 mg de tecido vegetal e 30 mg de sedimento foram encapsulados em cápsulas de estanho. Os filtros também foram mantidos em forno 60 °C até a secagem total e depois foram embalados para o transporte. Feito isso, todas as amostras foram enviadas ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA) da Universidade de São Paulo, Brasil. As amostras para razões de isótopos estáveis de nitrogênio ($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) e carbono ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) foram processadas em um sistema de espectrômetro de massa no modo de fluxo contínuo (CF-IRMS) com um analisador elementar Carlo Erba (CHN 1110), acoplado a um espectrômetro de massa Delta Plus (*Thermo Scientific*).

Aspectos físico-químicos da água

As variáveis físico-químicas da água, sólidos totais dissolvidos (g/L), oxigênio dissolvido (mg/L), temperatura (°C), condutividade elétrica (mS/cm), pH e transparência (m), foram amostradas em nove pontos de amostragem utilizando sonda Horiba U-53 e transparência com disco de Secchi. Os pontos foram determinados a partir de um quadrante (3-3-3), com distância aproximada de 50 m entre pontos.

Bromatologia da ração

Para análises bromatológicas a ração foi amostrada nas três pisciculturas em tanques-rede avaliadas e variaram quanto as fases de produção (fase inicial (tipo 1), alevinos (tipo 2) e crescimento (tipo 3)). As amostras foram enviadas para o laboratório de Bromatologia (Departamento de Biologia e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Brasil) para caracterização de 2ª matéria seca, cinzas, extrato etéreo, proteína bruta e fibra bruta seguindo a metodologia proposta por AOAC (1995). Ademais, foram enviadas amostras de ração para o laboratório de Nutrição Animal (Instituto de Zootecnia, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Brasil) para quantificação da energia bruta, obtida por medida das calorias liberadas pela substância oxidada em Bomba Calorimétrica. A partir disso também foi calculada a razão entre energia: proteína da ração.

Análise dos dados

Substratos energéticos

Para investigar o efeito dos locais de amostragem, período sazonal e sexo na concentração dos substratos energéticos foram aplicados Modelos Lineares Generalizados Mistos (GLMM). Buscou-se avaliar se maiores concentrações dos

substratos energéticos ocorreram em indivíduos que forrageiam em áreas de piscicultura, independentemente do período sazonal e sexo. Para isso distribuição Gaussiana foi aplicada aos dados de substratos energéticos transformados em log ou em raiz quarta (a depender de qual transformação melhor atendeu aos diagnósticos do modelo). As variáveis respostas foram os substratos energéticos, as variáveis explicativas sexo, locais e períodos sazonais de amostragem, e o efeito aleatório os anos de coleta. Os diagnósticos dos modelos foram inspecionados visualmente por meio de gráficos (qqplot e residuals vs predicted) (Figuras S1 e S2) gerados usando a função *simulateResiduals* do pacote ‘DHARMA’ (HARTIG, 2022).

Para identificar o modelo de aproximação mais adequado e parcimonioso, primeiro foi desenvolvida uma série de modelos alternativos de efeitos mistos que incluíam diferentes combinações das variáveis explicativas usando a função “lmer” (DE BOECK *et al.*, 2011) do pacote lme4 (BATES *et al.*, 2015). A seleção dos modelos foi baseada em valores de ΔAIC menores que 2 e no maior peso do modelo (PM) (BURNHAM; ANDERSON, 2002; Tabelas S1 e S2). ΔAIC compreende diferença do valor de AIC de cada modelo para o menor valor de AIC considerando todos os modelos e PM é um índice relativo para a verossimilhança do modelo em relação a qualquer outro modelo no conjunto (BURNHAM; ANDERSON, 2002). PM também foi utilizado para calcular a importância relativa (IR) de cada variável explicativa por meio da soma dos pesos de todos os modelos que incluem a variável analisada (BURNHAM; ANDERSON, 2002).

Para verificar a influência do consumo de ração sobre o tamanho do fígado e consequentemente o bioacúmulo energético para as duas espécies, foi calculado o índice hepatossomático (IHS) dos indivíduos machos e fêmeas em cada local e período sazonal, aplicando a fórmula:

$$IHS = \text{massa do fígado} / \text{massa do peixe} * 100$$

Diferenças de IHS entre os locais, períodos sazonais e sexo foram testados por meio do teste de *Kruskal-Wallis* utilizando a função “kruskal.test” do pacote stats (R CORE TEAM, 2022). A variável dependente foi IHS, e as variáveis independentes os locais, períodos e sexo. Quando diferenças significativas ($p < 0,05$) foram observadas, para avaliar em quais grupos ocorreram as eventuais diferenciações, comparações pareadas foram feitas usando o pós-teste de *Dunn* com auxílio da função “dunn.test” e pacote dunn.test (DINNO, 2017) e FSA (OGLE *et al.*, 2022).

Isótopos estáveis

Todos os valores fornecidos pelo espectrofotômetro de massa foram apresentados usando a notação delta, que representa o desvio das razões de isótopos estáveis ($^{13}\text{C}:^{12}\text{C}$ e $^{15}\text{N}:^{14}\text{N}$) de padrões universais: para o ^{13}C é o *Peedee Belemnite* (PDB) e para ^{15}N , o ar atmosférico (NO_2) (BARRIE; PROSSER, 1996; DUCCATI *et al.*, 2007). Os resultados foram expressos como diferença relativa dos padrões de referência internacionais na notação delta ($\delta\text{‰}$), e calculados usando a seguinte fórmula:

$$\delta X = [(R_{\text{amostra}}/R_{\text{padrão}}) - 1] \times 10^3$$

Onde X é ^{13}C ou ^{15}N ; R_{amostra} é a razão isotópica $^{13}\text{C}:^{12}\text{C}$ ou $^{15}\text{N}:^{14}\text{N}$ e $R_{\text{padrão}}$ é o padrão utilizado (DUCCATI *et al.*, 2007).

Quando a razão C:N for maior que 3,5 faz-se necessária a normalização lipídica da composição isotópica de ^{13}C (MINTENBECK *et al.*, 2008), uma vez que o conteúdo lipídico tem o potencial de enviesar as análises de isótopos estáveis que usam $\delta^{13}\text{C}$ (POST *et al.*, 2007). Aqui, foram observados valores da razão C:N maiores que 3,5. Dessa forma, aplicou-se modelos de normalização lipídica desenvolvidos por Post *et al.* (2007) aos valores de ^{13}C dos consumidores e dos recursos alimentares. Assim, os valores de ^{13}C utilizados nas análises constituem valores corrigidos para lipídios.

Para calcular as assimilações dos recursos alimentares por *G. sveni* e *P. squamosissimus* aplicou-se modelos de mistura bayesianos (MOORE; SEMMENS, 2008; PARNELL *et al.*, 2010). Esses modelos foram calculados separadamente para cada espécie em dois grupos (CT e TR) e períodos de amostragem (chuvoso e seco). CT compreendeu os locais a montante das pisciculturas (CT1 e CT2) e TR os locais das pisciculturas (TR1, TR2 e TR3).

Para a aplicação dos modelos de mistura, primeiramente, foi necessário agrupar os recursos alimentares, uma vez que o poder discriminatório dos modelos de mistura diminui quando mais de seis fontes alimentares são adicionadas (PHILLIPS *et al.*, 2014). Para isso, diferenças estatísticas entre os recursos alimentares foram avaliadas utilizando a análise de variância ANOVA ou *Kruskal-Wallis* (dependendo dos pressupostos de normalidade e homocedasticidade) com auxílio das funções “aov” e “kruskal.test”, respectivamente, do pacote stats (R CORE TEAM, 2022). A variável dependente foi a composição isotópica de ^{13}C e ^{15}N e a variável independente, os recursos alimentares. Quando diferenças significativas ($p < 0,05$) foram observadas, para avaliar em quais grupos ocorreu esta diferenciação, comparações pareadas foram feitas usando o pós-teste de *Tukey* com a função “HSD.test” e pacote agricolae (DE MENDIRU, 2021) e o pós-

teste de *Dunn* com auxílio da função “dunn.test” e pacote dunn.test (DINNO, 2017) e FSA (OGLE *et al.*, 2022). A partir disso, foram agrupados os recursos alimentares que não apresentaram diferenças significativas na composição isotópica e que possuíam significado biológico para a espécie avaliada (Tabelas S3-S6). Dessa forma, os grupos de recursos alimentares para as duas espécies foram: ração, vegetal terrestre (inclui vegetal terrestre, MOPG, fezes de animais terrestres), vegetal aquático (inclui alga, macrófita e perifíton), organismo aquático (inclui MOPF, Decapoda, Bivalvia, gastropoda e inseto aquático) e insetos terrestres. Além disso, sedimento compôs um grupo de recurso alimentar apenas para *G. sveni* e peixe (inclui peixes onívoros e carnívoros) apenas para *P. squamosissimus*. Ração não foi consumido em CT2 por *G. sveni* e em nenhum local por *P. squamosissimus*, no entanto, foi incluído ao modelo para avaliar se ocorre assimilação devido à transferência entre os níveis tróficos e/ou movimentação dos peixes entre as áreas.

Para calcular os fatores de discriminação isotópica (FD) dos grupos de recursos para CT e TR, nos períodos chuvoso e seco, separadamente, aplicou-se a fórmula:

$$\Delta X = \delta X_{\text{tecido}} - \delta X_{\text{dieta}}$$

Onde: ΔX é a taxa discriminante obtida entre o tecido do consumidor e a dieta; e δX se trata da razão isotópica ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ou $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) de uma amostra a um elemento específico (C ou N) do tecido e da dieta (MARTINELLI *et al.*, 2009; PHILIPPSEN; BENEDITO, 2013). FD é um fator importante para a assimilação dos recursos alimentares devido às influências externas que podem ocorrer nas composições isotópicas dos recursos alimentares e do consumidor (MARTINELLI *et al.*, 2009). Diante disso, FD utilizado no modelo de mistura foi calculado a partir das concentrações isotópicas dos consumidores e recursos alimentares coletados na área de estudo (Tabela 3).

Tabela 3. Fator de discriminação isotópico ($\Delta\%$) estimado por meio da diferença entre a razão isotópica ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ou $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) do tecido do consumidor e dos recursos alimentares em cada grupo (CT – locais sem a presença de pisciculturas; TR – locais com a presença de pisciculturas) e períodos sazonais de amostragem. VA= vegetal aquático; AO= organismo aquático; IT= inseto terrestre; SE= sedimento; RA= ração; VT=vegetal terrestre, PE= peixe.

	<i>Geophagus sveni</i>							
	CT_chuvoso		CT_seco		TR_chuvoso		TR_seco	
	$\Delta^{13}\text{C} \%$	$\Delta^{15}\text{N} \%$	$\Delta^{13}\text{C} \%$	$\Delta^{15}\text{N} \%$	$\Delta^{13}\text{C} \%$	$\Delta^{15}\text{N} \%$	$\Delta^{13}\text{C} \%$	$\Delta^{15}\text{N} \%$
VA	0,2±4,3	13,3±7,9	-3,5±7,1	11,8±6,4	-0,5±2,7	6,9±8,7	-1,1±3,8	8,2±5,5
OA	-3,1±3,1	3,8±3,7	-5,6±4,1	3,6±2,3	-0,5±3,2	2±3,1	-1,5±4,9	3,2±3,3
IT	-2,3±5,5	9,4±4,9	-1,0±8,0	7,3±3,3	1,0±3,3	3,2±3,4	-1,5±4,9	2,0±2,9
SE	-8,4±3,4	7,2±5,2	-6,9±5,2	9,1±4,2	-7,4±2,9	3,8±3,1	-4,1±5,2	2,4±3,2

RA	-3,7±5	11,7±2,5	-3,9±5,8	12,2±2,3	-2,9±3,8	6,9±3,4	-2,4±3,4	7,6±2,5
VT	3±4,3	7,9±4,7	5,2±6,0	10,6±2,3	2,8±4,2	2,6±3,2	1,4±4,9	3,3±4,3
<i>Plagioscion squamosissimus</i>								
	CT_chuvoso		CT_seco		TR_chuvoso		TR_seco	
	$\Delta^{13}\text{C} \text{ ‰}$	$\Delta^{15}\text{N} \text{ ‰}$	$\Delta^{13}\text{C} \text{ ‰}$	$\Delta^{15}\text{N} \text{ ‰}$	$\Delta^{13}\text{C} \text{ ‰}$	$\Delta^{15}\text{N} \text{ ‰}$	$\Delta^{13}\text{C} \text{ ‰}$	$\Delta^{15}\text{N} \text{ ‰}$
PE	4,2±7,1	10,4±5,3	6,6±7,3	12,6±3,1	-0,3±3,6	7,6±4,1	-1,2±2,7	8,1±2,8
VA	1,0±8,2	6,7±3,9	4,9±3,1	7,9±4,5	-1,3±3,1	5,8±4	3,5±4,1	7,3±2,8
OA	3,4±6,6	8,7±5,0	6,4±5,1	10,8±3,5	0,03±3	6,4±4	0,9±1,9	6,9±2,8
IT	2,9±8,7	9,7±4,7	3,3±7,7	8,3±4,0	0,06±3,6	6,1±5,3	-1,6±4,8	6,0±2,8
RA	3,3±9,8	13,4±3,6	5,6±9,1	13,4±3,3	-3,5±3,8	10,3±3,9	-3,5±4,3	10,8±2,2
VT	4,9±5,7	8,9±6	7,7±5,6	11,8±3,1	1,6±3,9	5,8±4,2	1,1±3,5	5,5±4,1

Para verificar se a variabilidade isotópica dos consumidores atende à variabilidade de seus recursos assimilados, após a contabilização de FD (PHILLIPS *et al.*, 2014), aplicou-se simulações de polígonos de misturas de isótopos utilizando os pacotes sp (PEBESMA; BIVAND, 2005; BIVAND *et al.*, 2013) e splancs (ROWLINGSON; DIGGLE, 2017). Segundo PHILLIPS *et al.* (2014) quando consumidores individuais estão localizados fora da região do polígono de mistura de 95%, eles não podem ser explicados com confiança pelas fontes de alimentos disponíveis. Diante disso, foi necessária a remoção de um indivíduo em CT_seco dos modelos finais de mistura isotópica do *G. sveni* (Figura S3B) e um indivíduo em TR_chuvoso para *P. squamosissimus* (Figura S4C).

Por fim, para verificar a assimilação dos recursos alimentares para as duas espécies aplicou-se os modelos de mistura bayesianos (MOORE; SEMMENS, 2008; PARNELL *et al.*, 2010), utilizando os dados da composição isotópica dos recursos alimentares agrupados e dos consumidores, e o FD. Os modelos foram aplicados para cada espécie em cada local e período de amostragem, considerando os anos de coleta como efeito aleatório, com auxílio das funções “run_model” e “output_posteriors” do pacote MixSIAR (STOCK; SEMMENS, 2016a). Foram realizadas simulações de Monte Carlo com base nas cadeias de Markov seguindo os parâmetros pré-definidos *long* (número de cadeias = 3; comprimento da cadeia = 1000000; burn-in= 500000; thin = 500) e *extreme* (número de cadeias = 3; comprimento da cadeia = 3000000; burn-in= 1500000; thin = 500) e estrutura de erro do modelo 4 (Resíduos*Processos) (STOCK; SEMMENS, 2016b). Esse processo de simulação calcula a contribuição relativa de cada um dos grupos de recursos alimentares para a composição isotópica do consumidor (MARTINELLI *et al.*, 2009), representando então, os recursos alimentares assimilados pelos peixes consumidores. A determinação dos parâmetros pré-definidos ocorreu baseado no teste de

convergência *Gelman–Rubin*, uma vez que modelos de mistura via cadeias de Markov requerem análise do equilíbrio estacionário (GELMAN; RUBIN, 1992). Assim, empregou-se o modelo com parâmetros que apresentaram fator de redução de escala (R) para todas as variáveis analisadas $< 1,05$, como proposto por Gelman; Rubin (1992) e Gelman *et al.* (2014) (Tabela S7).

Substratos energéticos x isótopos estáveis

Para verificar se há relação das concentrações dos substratos energéticos no fígado, músculo e gônada com a assimilação dos recursos alimentares foram calculados coeficientes de correlação de *Spearman* (pressupostos de normalidade e homocedasticidade não atendidos). Para isso, utilizou-se a função “*rcorr*” do pacote *Hmisc* (HARRELL JR, 2022). Esse coeficiente de correlação avalia a relação monotônica (as variáveis tendem a mudar juntas, mas não necessariamente a uma taxa constante) entre duas variáveis ordinais (CRAWLEY, 2007).

Aspectos físico-químicos da água

Para verificar a variação dos aspectos físico-químicos entre os locais e períodos de amostragem foi utilizada a análise de componentes principais (PCA) com auxílio da função “*prcomp*” e pacote *stats* (R CORE TEAM, 2022). Essa análise visa encontrar um conjunto de combinações lineares padronizadas ortogonais para explicar a maior parte das variações originais em menos dimensões (CRAWLEY, 2007). Aqui, esse conjunto de combinações é encontrado a partir dos parâmetros físico-químicos para explicar a variação ambiental entre os locais e períodos de amostragem.

Resultados

De modo geral, local e sazonalidade foram as variáveis explicativas mais importantes para as concentrações dos substratos energéticos (IR =1) e tecidos avaliados para as duas espécies (Tabela 4).

Tabela 4. Importância relativa¹ do efeito das variáveis explicativas local (CT - sem a presença das pisciculturas e TR - com a presença de pisciculturas), períodos sazonais (chuvoso e seco) e sexo (fêmea e macho) sob a concentração dos substratos energéticos proteína, lipídeo e glicogênio nos tecidos hepático (H), muscular (M) e gonadal (G) calculados para *Geophagus sveni* e *Plagioscion squamosissimus* no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná, São Paulo Brasil.

Espécie	Variável explicativa	Proteína			Lipídeo			Glicogênio	
		H	M	G	H	M	G	H	M
<i>Geophagus</i>	Local	1	1	1	0,57	1	1	1	1

<i>sveni</i>	Sazonalidade	1	1	1	0,57	1	1	1	0,69
	Sexo	0,64	1	1	0,43	0,46	1	0,31	1
<i>Plagioscion squamosissimus</i>	Local	1	1	1	1	1	0,99	0,99	1
	Sazonalidade	1	1	1	1	1	0,99	0,99	1
	Sexo	0,46	1	0,64	0,28	1	0,5	0,17	0,27

¹para o cálculo da importância relativa soma-se os pesos dos modelos que incluem a variável que está calculando. Ver tabela S1 e S2 para visualização dos pesos dos modelos.

De acordo com os modelos mais parcimoniosos para *G. sveni* (Tabelas 5 e S1), as concentrações de proteína e lipídeo hepático (Figura 2A e 2D, respectivamente) foram influenciadas pela sazonalidade com maiores concentrações no período seco. Proteína gonadal (PRG) foi influenciada tanto pelo local como pela sazonalidade, com maiores concentrações em CT2 e no período seco, como também pela interação entre os efeitos fixos: menores concentrações de PRG em TR3 no período seco foram observadas quando há interação entre local*sazonalidade; em TR3 para os machos quando há interação entre local*sexo; e maiores concentrações para os machos no período seco e no ponto TR3, quando há interação local*sazonalidade*sexo (Tabela 5, Figura 2C). Além disso, interação entre sazonalidade*sexo foi observada para lipídeo gonadal com menores concentrações para os machos no período seco (Tabela 5, Figura 2F). Glicogênio hepático foi influenciado pelo local e sazonalidade com maiores concentrações em TR3 e menores concentrações no período seco (Figura 2G); e glicogênio muscular influenciado apenas pelo sexo, com menores concentrações para os machos (Figura 2H). As concentrações de proteína e lipídeo muscular (Figura 2B e 2E, respectivamente) não variaram em função do local, sazonalidade ou sexo.

Tabela 5. Resumo dos modelos lineares generalizados mistos demonstrando os efeitos das variáveis explicativas local sem (CT1, CT2) e com pisciculturas (TR1, TR2 e TR3), períodos sazonais (chuvoso e seco) e sexo sob os substratos energéticos (variáveis resposta) avaliados para *Geophagus sveni* nos anos 1 e 2 (efeito aleatório), no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná, São Paulo, Brasil. Valores em negrito indicam significância estatística. CE= coeficiente estimado; EP= erro padrão.

Variáveis resposta	Efeitos fixos	CE	EP	t valor	p valor
Proteína hepática	Intercepto	1,98	0,05	39,96	< 2e⁻¹⁶
	CT2 ¹	0,02	0,06	0,34	0,73
	TR1 ¹	0,06	0,06	1,08	0,28
	TR2 ¹	-0,007	0,06	-0,13	0,9
	TR3 ¹	0,02	0,06	0,39	0,7
	Seco²	0,12	0,04	3,24	0,001
	Macho ³	0,06	0,04	1,44	0,15
	Intercepto	2,12	0,08	26,77	9,5e⁻¹⁶
Proteína muscular	CT2 ¹	0,002	0,06	0,04	0,97
	TR1 ¹	0,02	0,06	0,42	0,67
	TR2 ¹	-0,04	0,06	-0,66	0,51

	TR3 ¹	0,05	0,07	0,72	0,47
	Seco ²	0,12	0,06	1,88	0,06
	Macho ³	0,1	0,08	1,22	0,22
	CT2 ¹ :Seco ²	-0,05	0,08	-0,57	0,56
	TR1 ¹ :Seco ²	0,03	0,08	0,34	0,73
	TR2 ¹ :Seco ²	-0,007	0,08	-0,08	0,93
	TR3 ¹ :Seco ²	-0,03	0,09	-0,35	0,73
	CT2 ¹ :Macho ³	-0,01	0,12	-0,09	0,92
	TR1 ¹ :Macho ³	0,001	0,12	0,01	0,99
	TR2 ¹ :Macho ³	-0,01	0,11	-0,12	0,9
	TR3 ¹ :Macho ³	-0,21	0,13	-1,6	0,11
	Seco ² :Macho ³	-0,15	0,11	-1,34	0,18
	CT2 ¹ :Seco ² :Macho ³	0,13	0,21	0,62	0,53
	TR1 ¹ :Seco ² :Macho ³	-0,006	0,15	-0,04	0,96
	TR2 ¹ :Seco ² :Macho ³	0,15	0,18	0,82	0,41
	TR3 ¹ :Seco ² :Macho ³	0,22	0,17	1,3	0,2
Proteína gonadal	Intercepto	1,84	0,07	24,24	< 2e⁻¹⁶
	CT2¹	0,41	0,1	4	9,9e⁻⁵
	TR1 ¹	-0,08	0,11	-0,75	0,45
	TR2 ¹	0,14	0,1	1,4	0,16
	TR3 ¹	0,25	0,13	1,94	0,05
	Seco²	0,47	0,1	4,45	1,67e⁻⁵
	Macho ³	0,14	0,14	0,95	0,34
	CT2¹:Seco²	-0,49	0,14	-3,57	0,0005
	TR1 ¹ :Seco ²	-0,02	0,15	-0,19	0,84
	TR2¹:Seco²	-0,36	0,14	-2,53	0,01
	TR3¹:Seco²	-0,58	0,17	-3,37	0,0009
	CT2 ¹ :Macho ³	-0,39	0,28	-1,38	0,17
	TR1 ¹ :Macho ³	0,0003	0,29	0,001	0,99
	TR2 ¹ :Macho ³	-0,13	0,21	-0,63	0,53
	TR3¹:Macho³	-0,72	0,22	-3,17	0,001
	Seco²:Macho³	-0,57	0,18	-3,05	0,002
	CT2 ¹ :Seco ² :Macho ³	0,15	0,4	0,39	0,70
	TR1 ¹ :Seco ² :Macho ³	0,09	0,34	0,28	0,78
	TR2 ¹ :Seco ² :Macho ³	0,45	0,31	1,5	0,14
	TR3¹:Seco²:Macho³	1,2	0,32	3,73	0,0002
Lipídeo hepático	Intercepto	1,42	0,1	13,75	0,0005
	CT2 ¹	0,11	0,06	1,77	0,07
	TR1 ¹	0,06	0,06	0,93	0,35
	TR2 ¹	0,08	0,06	1,33	0,18
	TR3 ¹	0,08	0,06	1,18	0,24
	Seco²	0,34	0,04	8,54	7,9e⁻¹⁵
Lipídeo muscular	Intercepto	0,91	0,05	16,15	< 2e⁻¹⁶
	CT2 ¹	-0,1	0,07	-1,41	0,16
	TR1 ¹	0,01	0,07	0,18	0,85
	TR2 ¹	-0,06	0,07	-0,86	0,38
	TR3 ¹	0,07	0,08	0,94	0,35
	Seco ²	0,05	0,07	0,65	0,51
	Macho ³	0,02	0,04	0,49	0,62

	CT2 ¹ :Seco ²	0,05	0,1	0,52	0,6
	TR1 ¹ :Seco ²	0,05	0,1	0,44	0,66
	TR2 ¹ :Seco ²	0,18	0,11	1,74	0,08
	TR3 ¹ :Seco ²	-0,02	0,11	-0,2	0,84
Lipídeo gonadal	Intercepto	1,76	0,11	16,13	1,15e⁻⁰⁶
	CT2 ¹	0,02	0,09	0,23	0,81
	TR1 ¹	0,03	0,09	0,35	0,72
	TR2 ¹	0,07	0,09	0,74	0,45
	TR3 ¹	0,02	0,11	0,19	0,85
	Seco ²	0,08	0,07	1,27	0,2
	Macho³	0,22	0,11	2	0,04
	Seco²:Macho³	-0,42	0,14	-2,88	0,004
Glicogênio hepático	Intercepto	3,18	0,28	11,24	< 2e⁻¹⁶
	CT2 ¹	0,44	0,31	1,4	0,16
	TR1¹	0,68	0,34	2	0,04
	TR2 ¹	0,55	0,36	1,52	0,12
	TR3¹	1,32	0,38	3,47	0,0007
	Seco²	-0,88	0,21	-4,11	7,40e⁻⁰⁵
Glicogênio muscular	Intercepto	3,23	0,18	17,68	1,14e⁻⁰⁵
	CT2 ¹	-0,15	0,16	-0,96	0,34
	TR1 ¹	0,02	0,16	0,11	0,91
	TR2 ¹	0,13	0,17	0,75	0,45
	TR3 ¹	0,15	0,18	0,86	0,39
	Macho³	-0,35	0,13	-2,82	0,005

¹diferença em relação a CT1, ² diferença em relação ao período seco e ³ diferença em relação ao sexo fêmea.

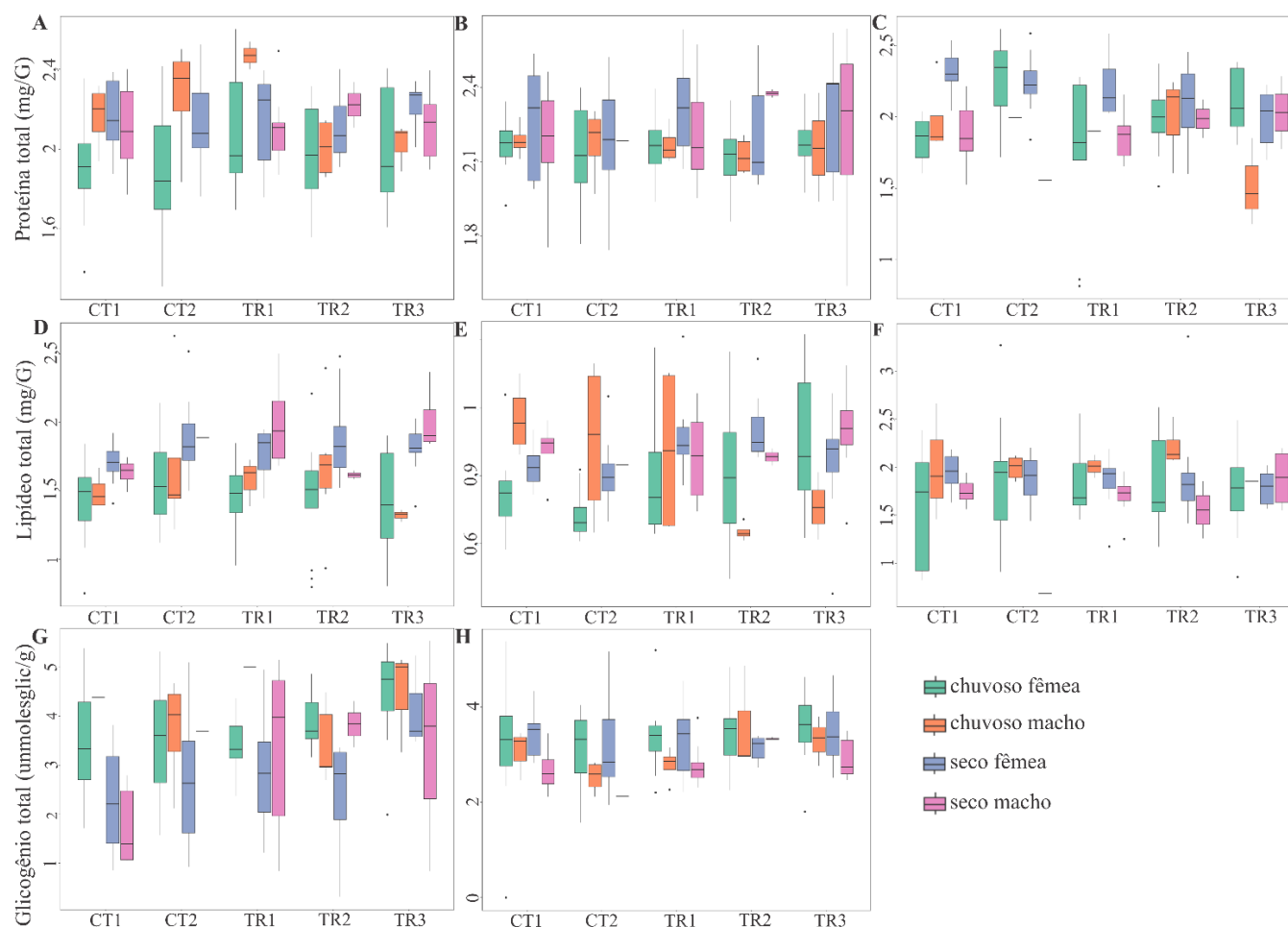


Figura 2. Concentração dos substratos energéticos proteína (A-C), lipídeo (D-F) e glicogênio (G-H) totais observados para os tecidos hepático (A, D, G), gonadal (B, E) e muscular (C, F, H) de machos e fêmeas de *Geophagus sveni* nos locais sem (CT1, CT2) e com pisciculturas (TR1, TR2 e TR3) e períodos sazonais (chuvoso e seco) de amostragem, no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná, São Paulo, Brasil. Linhas finais inferiores e superiores da caixa representam o 1º e o 3º quartis, respectivamente. A barra horizontal dentro de cada caixa representa a mediana.

Para *P. squamosissimus*, os modelos mais parcimoniosos (Tabelas 6 e S2) demonstraram que as concentrações de proteína gonadal foram influenciados pelo local e sazonalidade, com menores concentrações em TR2 e período chuvoso (Tabela 6; Figura 3C). As concentrações de lipídeo hepático também foram influenciadas pelo local e sazonalidade, com maiores concentrações em CT2, TR3 e período seco (Tabela 6; Figura 3D). Lipídeo muscular foi influenciado apenas pela sazonalidade com maiores concentrações no período seco (Tabela 6, Figura 3E), assim como glicogênio hepático que apresentou menores concentrações nesse período (Tabela 6, Figura 3G). As concentrações de proteína hepática (Figura 3A) e muscular (Figura 3B), lipídeo gonadal (Figura 3F) e glicogênio muscular (Figura 3H) não variaram em função do local, sazonalidade ou sexo (Tabela 6).

Tabela 6. Resumo dos modelos lineares generalizados mistos demonstrando os efeitos das variáveis explicativas locais sem (CT1, CT2) e com pisciculturas (TR1, TR2 e TR3), períodos sazonais (chuvoso e seco) e sexo sob os substratos energéticos (variáveis resposta) avaliados para *Plagioscion squamosissimus* nos anos 1 e 2 (efeito aleatório), no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná, São Paulo, Brasil. Valores em negrito indicam significância estatística. CE= coeficiente estimado; EP= erro padrão.

Variáveis resposta	Efeitos fixos	CE	EP	t valor	p valor
Proteína hepática	Intercepto	2,03	0,04	47,1	< 2e⁻¹⁶
	CT2 ¹	-0,03	0,05	-0,67	0,5
	TR1 ¹	0,05	0,05	0,83	0,4
	TR2 ¹	-0,05	0,06	-0,88	0,37
	TR3 ¹	0,02	0,06	0,3	0,76
	Seco	0,04	0,04	1,19	0,23
Proteína muscular	Intercepto	2,15	0,08	3,04	9,08e⁻⁰⁵
	CT2 ¹	0,01	0,05	0,25	0,8
	TR1 ¹	0,02	0,05	0,43	0,66
	TR2 ¹	0,06	0,06	1,07	0,28
	TR3 ¹	0,07	0,06	1,1	0,27
	Seco ²	0,08	0,05	1,53	0,13
	Macho ³	0,03	0,07	0,49	0,62
	CT2 ¹ :Seco ²	-0,03	0,07	-0,45	0,65
	TR1 ¹ :Seco ²	-0,04	0,07	-0,61	0,54
	TR2 ¹ :Seco ²	-0,11	0,08	-1,38	0,17
	TR3 ¹ :Seco ²	-0,04	0,08	-0,54	0,58
	CT2 ¹ :Macho ³	-0,02	0,09	-0,23	0,82
	TR1 ¹ :Macho ³	-0,03	0,09	-0,29	0,76
	TR2 ¹ :Macho ³	-0,05	0,09	-0,54	0,59
	TR3 ¹ :Macho ³	-0,01	0,09	-0,17	0,86
	Seco ² :Macho ³	-0,03	0,09	-0,34	0,73
	CT2 ¹ :Seco ² :Macho ³	0,14	0,13	1,05	0,29
	TR1 ¹ :Seco ² :Macho ³	-0,01	0,12	-0,09	0,92
	TR2 ¹ :Seco ² :Macho ³	-0,007	0,12	-0,063	0,95

	TR3 ¹ :Seco ² :Macho ³	0,07	0,13	0,55	0,58
	Intercepto	2,03	0,04	49,6	<2e⁻¹⁶
	CT2 ¹	-0,06	0,05	-1,2	0,23
	TR1 ¹	-0,04	0,05	-0,84	0,4
	TR2¹	-0,12	0,05	-2,24	0,03
	TR3 ¹	-0,03	0,05	-0,63	0,53
	Seco	0,07	0,03	2,02	0,04
	Intercepto	1,38	0,05	27,01	5,36e⁻¹⁶
	CT2 ¹	0,18	0,06	3,08	0,002
	TR1 ¹	0,12	0,06	2,14	0,03
	TR2¹	0,17	0,06	2,77	0,006
	TR3 ¹	0,18	0,06	3,07	0,002
	Seco²	0,37	0,04	10,4	< 2e⁻¹⁶
	Intercepto	0,89	0,0056	15,95	1,23e⁻⁰⁹
	CT2 ¹	0,014	0,062	0,23	0,81
	TR1 ¹	0,004	0,06	0,07	0,94
	TR2 ¹	0,1	0,06	1,79	0,07
	TR3 ¹	0,08	0,06	0,32	0,18
	Seco²	0,14	0,04	3,61	0,0004
	Intercepto	1,59	0,08	18,47	< 2e⁻¹⁶
	CT2 ¹	0,08	0,11	0,72	0,47
	TR1 ¹	0,002	0,11	0,02	0,98
	TR2 ¹	-0,06	0,11	-0,52	0,6
	TR3 ¹	-0,09	0,11	-0,87	0,38
	Seco ²	0,11	0,07	1,58	0,12
	Intercepto	3,23	0,19	16,65	< 2e⁻¹⁶
	CT2 ¹	0,14	0,25	0,55	0,58
	TR1 ¹	0,13	0,27	0,49	0,62
	TR2 ¹	0,06	0,26	0,26	0,79
	TR3 ¹	0,01	0,25	0,05	0,96
	Seco²	-0,98	0,17	-5,83	2,60e⁻⁰⁸
	Intercepto	2,06	0,11	18,52	1,98e⁻⁰⁵
	CT2 ¹	-0,05	0,08	-0,67	0,5
	TR1 ¹	-0,001	0,09	-0,02	0,98
	TR2 ¹	-0,06	0,09	-0,73	0,46
	TR3 ¹	0,05	0,09	0,56	0,57
	Seco ²	-0,04	0,06	-0,73	0,46

¹ diferença em relação a CT1, ² diferença em relação ao período seco e ³ diferença em relação ao sexo fêmea.

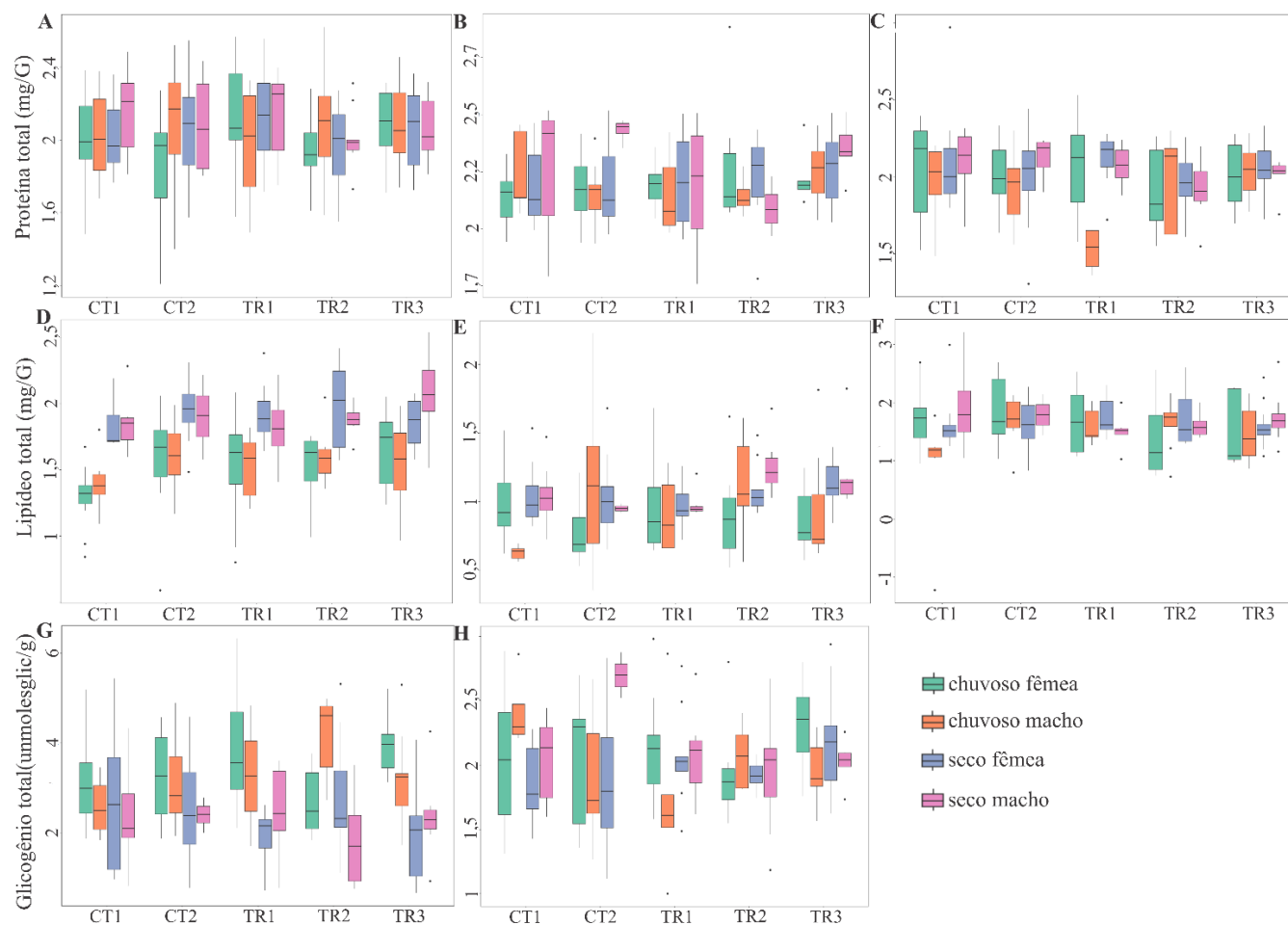


Figura 3. Concentração dos substratos energéticos proteína (A-C), lipídeo (D-F) e glicogênio (G-H) totais observados para os tecidos hepático (A, D, G), gonadal (B, E) e muscular (C, F, H) de machos e fêmeas de *Plagioscion squamosissimus* nos locais sem (CT1, CT2) e com pisciculturas (TR1, TR2 e TR3) e períodos sazonais (chuvoso e seco), no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná, São Paulo, Brasil. Linhas finais inferiores e superiores da caixa representam o 1º e o 3º quartis, respectivamente. A barra horizontal dentro de cada caixa representa a mediana.

O índice hepatossômico (IHS) para *G. sveni* apresentou diferença significativa apenas entre os locais de amostragem ($\chi^2 = 28,54$, $df = 4$, $p = 9,7e^{-06}$), especificamente os locais CT diferindo dos locais TR (Tabela S8). Maiores valores de IHS foram observados em TR1 (0,93), TR2 (0,89) e TR3 (1,10) em comparação a CT1 (0,59) e CT2 (0,59), indicando maiores reservas energéticas para os indivíduos em TR. Para *P. squamosissimus* as diferenças de IHS ocorreram apenas entre os períodos sazonais ($\chi^2 = 31,3$, $df = 1$, $p = 2,2e^{-08}$) com maiores valores observados no período seco (0,82) em comparação ao chuvoso (0,56).

A composição isotópica dos consumidores diferiu apenas entre os locais de amostragem para ambas as espécies (Figura 4). Para *G. sveni*, os valores de $\delta^{13}C$ ($\chi^2 = 23,09$, $df = 4$, $p\text{-valor} = 0,0001$) foram mais esgotados em CT2, que diferiu dos outros locais (Figura 4A) e os valores de $\delta^{15}N$ ($\chi^2 = 48,57$, $df = 4$, $p\text{-valor} = 7,175e^{-10}$) foram mais enriquecidos em CT1 e CT2, que diferiram de todos os outros locais (Figura 4B). Para *P. squamosissimus*, valores mais esgotados de $\delta^{13}C$ ($Df=4$, $F=2,91$, $p=0,03$) também foram observados em CT2 e mais enriquecidos em TR3, mas diferenças foram observadas apenas entre CT1xTR3 (Figura 4C). Para $\delta^{15}N$ ($\chi^2 = 20,89$, $df = 4$, $p\text{-valor} = 0,0003$) valores mais enriquecidos foram observados em CT1 e CT2 que diferiram dos locais TR (Figura 4D).

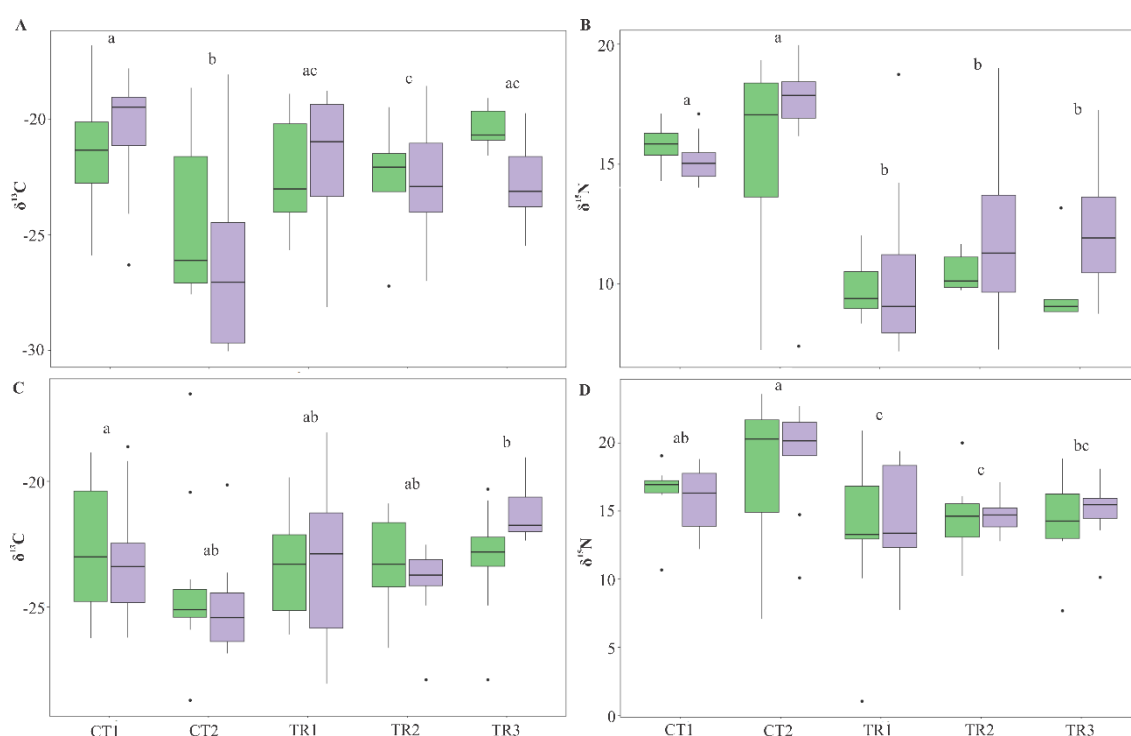


Figura 4. Composição isotópica de $\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$ de *Geophagus sveni* (A e B) e *Plagioscion squamosissimus* (C e D) nos locais sem (CT1, CT2) e com piscicultura (TR1, TR2 e TR3) e períodos sazonais chuvoso (verde) e seco (roxo), no reservatório de Ilha Solteira, alto

rio Paraná, São Paulo, Brasil. As linhas inferiores e superiores da caixa representam o 1º e 3º quartis, respectivamente, demonstrando a variabilidade dentro de cada grupo. A barra horizontal dentro de cada caixa representa a mediana. As letras indicam os resultados do pós-teste de Dunn e de Tukey apenas para diferenças entre os locais, pois não houve diferença significativa entre os períodos sazonais (ver texto para mais detalhes).

Avaliando a composição isotópica dos recursos alimentares observou-se que valores mais esgotados de $\delta^{13}\text{C}$ e enriquecidos de $\delta^{15}\text{N}$ ocorrem em CT2 em ambos os períodos sazonais (Figura 5; Tabela S9). Além disso, de maneira geral, a média de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ foi semelhante entre os períodos chuvoso e seco (Figura 5; Tabela S9).

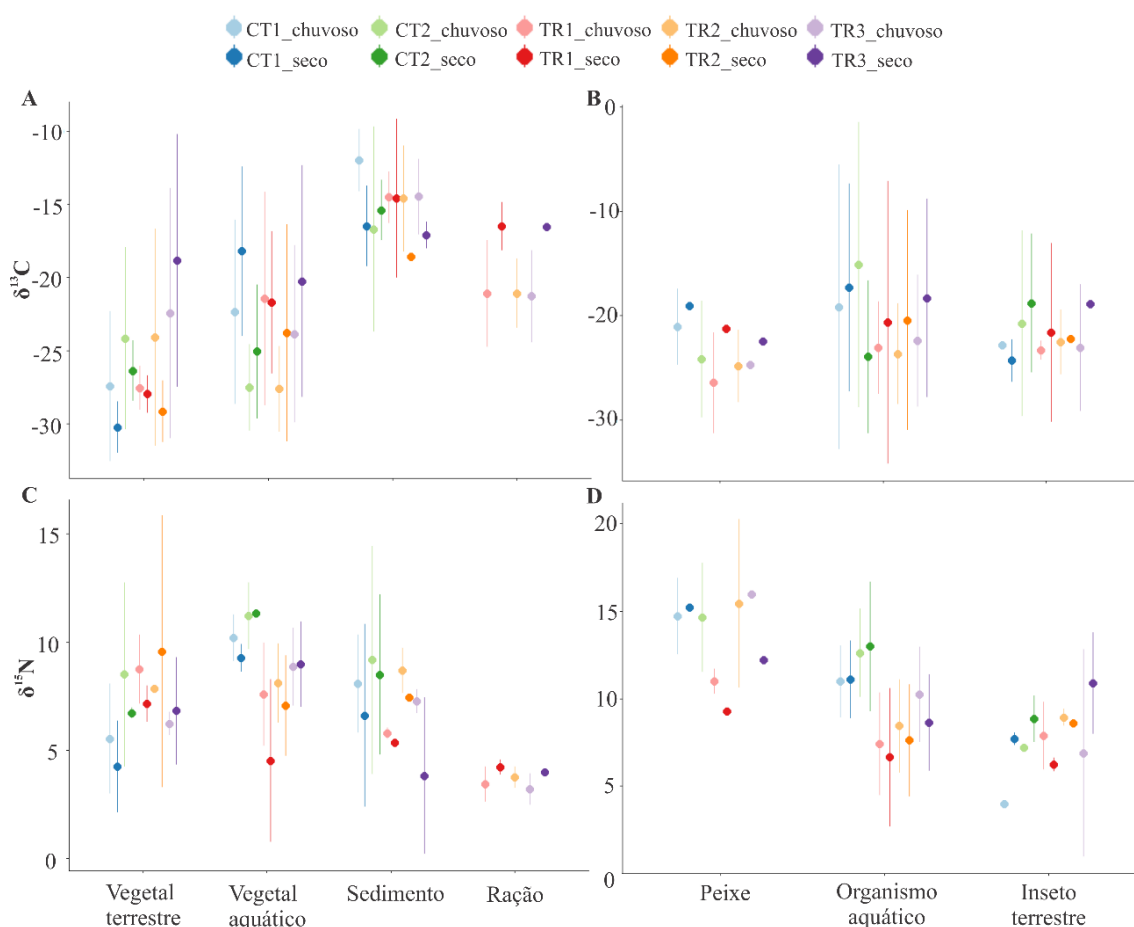


Figura 5. Média $\pm$ desvio padrão da composição isotópica de $\delta^{13}\text{C}$ (A e B) e $\delta^{15}\text{N}$ (C e D) dos grupos de recursos alimentares basais (A e C) e presas (B e D) amostrados nos locais sem (CT1, CT2) e com pisciculturas (TR1, TR2 e TR3) e períodos sazonais chuvoso e seco, no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná, São Paulo, Brasil.

Os modelos de mistura bayesianos demonstraram que todos os recursos alimentares foram assimilados, variando nas médias de assimilação entre os locais e períodos sazonais (Tabela 7 e 8).

No período chuvoso, *G. sveni* apresentou maiores médias de assimilação para ração, vegetal terrestre e inseto terrestre em CT1; inseto terrestre, sedimento e vegetal aquático em CT2; inseto terrestre, organismo aquático e vegetal terrestre em TR1; inseto

terrestre, organismo aquático e ração em TR2; e inseto e vegetal terrestre, organismo aquático e ração em TR3 (Tabela 7). Já no período seco, maiores médias de assimilação foram observadas para inseto terrestre, organismo aquático e ração em CT1; vegetal aquático, sedimento e organismo aquático em CT2; ração, inseto terrestre e vegetal aquático em TR1, vegetal aquático e ração em TR2; e ração, inseto terrestre e sedimento em TR3 (Tabela 7).

Tabela 7. Contribuição isotópica relativa dos recursos alimentares assimilados por *Geophagus sveni* estimada por um modelo MixSIAR Bayesiano de mistura nos locais sem (CT1, CT2) e com pisciculturas (TR1, TR2 e TR3) e períodos sazonais chuvoso e seco de amostragem, no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná, São Paulo, Brasil.

DIC = 268,9		Média	Desvio padrão
	Epsilon.1	0,35	0,24
	Epsilon.2	0,26	0,24
	Ano.SD	5,47	4,79
CT1_chuvoso	Ração	0,21	0,16
CT1_chuvoso	Vegetal terrestre	0,18	0,14
CT1_chuvoso	Organismo aquático	0,17	0,14
CT1_chuvoso	Inseto terrestre	0,14	0,12
CT1_chuvoso	Sedimento	0,14	0,13
CT1_chuvoso	Vegetal aquático	0,14	0,13
CT2_chuvoso	Vegetal terrestre	0,25	0,23
CT2_chuvoso	Inseto terrestre	0,24	0,22
CT2_chuvoso	Sedimento	0,17	0,20
CT2_chuvoso	Vegetal aquático	0,16	0,17
CT2_chuvoso	Organismo aquático	0,09	0,12
CT2_chuvoso	Ração	0,09	0,11
DIC = 242,22		Média	Desvio padrão
	Epsilon.1	0,26	0,15
	Epsilon.2	0,14	0,07
	Ano.SD	0,86	1,59
CT1_seco	Inseto terrestre	0,29	0,15
CT1_seco	Organismo aquático	0,17	0,15
CT1_seco	Ração	0,15	0,12
CT1_seco	Vegetal terrestre	0,15	0,13
CT1_seco	Sedimento	0,13	0,11
CT1_seco	Vegetal aquático	0,11	0,08
CT2_seco	Vegetal aquático	0,30	0,20
CT2_seco	Sedimento	0,27	0,27
CT2_seco	Organismo aquático	0,12	0,14
CT2_seco	Inseto terrestre	0,11	0,14
CT2_seco	Ração	0,11	0,12
CT2_seco	Vegetal terrestre	0,09	0,11
DIC = 476.8183		Média	Desvio padrão
	Epsilon.1	0,28	0,14
	Epsilon.2	0,36	0,20
	Ano.SD	10,54	5,30

TR1_chuvoso	Inseto terrestre	0,19	0,15
TR1_chuvoso	Organismo aquático	0,17	0,14
TR1_chuvoso	Vegetal terrestre	0,17	0,14
TR1_chuvoso	Ração	0,16	0,14
TR1_chuvoso	Sedimento	0,15	0,14
TR1_chuvoso	Vegetal aquático	0,15	0,14
TR2_chuvoso	Inseto terrestre	0,20	0,20
TR2_chuvoso	Organismo aquático	0,17	0,18
TR2_chuvoso	Ração	0,16	0,19
TR2_chuvoso	Sedimento	0,16	0,19
TR2_chuvoso	Vegetal terrestre	0,16	0,18
TR2_chuvoso	Vegetal aquático	0,15	0,18
TR3_chuvoso	Inseto terrestre	0,18	0,19
TR3_chuvoso	Vegetal terrestre	0,18	0,19
TR3_chuvoso	Organismo aquático	0,17	0,19
TR3_chuvoso	Ração	0,17	0,19
TR3_chuvoso	Vegetal aquático	0,16	0,19
TR3_chuvoso	Sedimento	0,14	0,17
DIC = 385.4002		Média	Desvio padrão
	Epsilon.1	0,20	0,11
	Epsilon.2	0,66	0,35
	Ano.SD	6,88	5,56
TR1_seco	Ração	0,21	0,16
TR1_seco	Inseto terrestre	0,17	0,14
TR1_seco	Vegetal aquático	0,17	0,14
TR1_seco	Organismo aquático	0,16	0,14
TR1_seco	Sedimento	0,15	0,13
TR1_seco	Vegetal terrestre	0,14	0,12
TR2_seco	Vegetal aquático	0,26	0,22
TR2_seco	Ração	0,16	0,17
TR2_seco	Inseto terrestre	0,15	0,17
TR2_seco	Sedimento	0,15	0,17
TR2_seco	Vegetal terrestre	0,15	0,17
TR2_seco	Organismo aquático	0,13	0,16
TR3_seco	Ração	0,22	0,21
TR3_seco	Inseto terrestre	0,17	0,18
TR3_seco	Sedimento	0,16	0,18
TR3_seco	Vegetal aquático	0,15	0,16
TR3_seco	Vegetal terrestre	0,15	0,17
TR3_seco	Organismo aquático	0,14	0,16

Para *P. squamosissimus* no período chuvoso foram observadas maiores médias de assimilação para vegetal aquático, vegetal terrestre e peixe nos locais CT, inseto terrestre, ração e vegetal terrestre em TR1 e TR2, e ração, vegetal aquático e terrestre em TR3 (Tabela 8). No período seco, vegetal aquático e terrestre e inseto terrestre foram mais assimilados nos locais CT, ração, inseto terrestre e vegetal aquático em TR1, ração e

vegetal terrestre em TR2 e organismo aquático, ração e vegetal aquático em TR3 (Tabela 8).

Tabela 8. Contribuição isotópica relativa dos recursos alimentares assimilados por *Plagioscion squamosissimus* estimada por um modelo MixSIAR Bayesiano de mistura nos locais sem (CT1, CT2) e com pisciculturas (TR1, TR2 e TR3) e períodos sazonais chuvoso e seco de amostragem, no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná, São Paulo, Brasil.

DIC = 270,53		Média	Desvio padrão
	Epsilon.1	0,19	0,11
	Epsilon.2	0,72	0,60
	Ano.SD	8,77	5,43
CT1_chuvoso	Vegetal aquático	0,21	0,16
CT1_chuvoso	Vegetal terrestre	0,18	0,15
CT1_chuvoso	Peixe	0,16	0,14
CT1_chuvoso	Inseto terrestre	0,15	0,13
CT1_chuvoso	Ração	0,15	0,13
CT1_chuvoso	Organismo aquático	0,14	0,13
CT2_chuvoso	Peixe	0,24	0,23
CT2_chuvoso	Vegetal aquático	0,20	0,22
CT2_chuvoso	Vegetal terrestre	0,18	0,20
CT2_chuvoso	Inseto terrestre	0,14	0,17
CT2_chuvoso	Organismo aquático	0,13	0,16
CT2_chuvoso	Ração	0,12	0,16
DIC = 231,10		Média	Desvio padrão
	Epsilon.1	0,22	0,16
	Epsilon.2	0,73	0,43
	Ano.SD	11,79	5,47
CT1_seco	Vegetal aquático	0,20	0,15
CT1_seco	Vegetal terrestre	0,18	0,15
CT1_seco	Inseto terrestre	0,17	0,14
CT1_seco	Ração	0,16	0,14
CT1_seco	Organismo aquático	0,15	0,14
CT1_seco	Peixe	0,15	0,14
CT2_seco	Vegetal aquático	0,23	0,23
CT2_seco	Inseto terrestre	0,17	0,20
CT2_seco	Vegetal terrestre	0,16	0,19
CT2_seco	Organismo aquático	0,15	0,18
CT2_seco	Peixe	0,15	0,18
CT2_seco	Ração	0,15	0,18
DIC = 357,02		Média	Desvio padrão
	Epsilon.1	0,32	0,19
	Epsilon.2	0,93	0,66
	Ano.SD	6,30	5,49
TR1_chuvoso	Inseto terrestre	0,21	0,16
TR1_chuvoso	Ração	0,18	0,14
TR1_chuvoso	Vegetal terrestre	0,17	0,14
TR1_chuvoso	Organismo aquático	0,15	0,13
TR1_chuvoso	Vegetal aquático	0,15	0,13

TR1_chuvoso	Peixe	0,14	0,13
TR2_chuvoso	Ração	0,19	0,19
TR2_chuvoso	Inseto terrestre	0,19	0,19
TR2_chuvoso	Vegetal terrestre	0,17	0,18
TR2_chuvoso	Organismo aquático	0,16	0,17
TR2_chuvoso	Peixe	0,14	0,17
TR2_chuvoso	Vegetal aquático	0,15	0,16
TR3_chuvoso	Ração	0,20	0,20
TR3_chuvoso	Vegetal aquático	0,17	0,18
TR3_chuvoso	Vegetal terrestre	0,17	0,19
TR3_chuvoso	Inseto terrestre	0,16	0,18
TR3_chuvoso	Organismo aquático	0,16	0,19
TR3_chuvoso	Peixe	0,14	0,17
DIC = 262,73		Média	Desvio padrão
	Epsilon.1	0,14	0,07
	Epsilon.2	0,41	0,23
	Ano.SD	3,72	3,55
TR1_seco	Ração	0,21	0,15
TR1_seco	Inseto terrestre	0,19	0,15
TR1_seco	Vegetal aquático	0,19	0,15
TR1_seco	Organismo aquático	0,15	0,12
TR1_seco	Vegetal terrestre	0,15	0,13
TR1_seco	Peixe	0,12	0,12
TR2_seco	Ração	0,42	0,27
TR2_seco	Vegetal terrestre	0,15	0,17
TR2_seco	Inseto terrestre	0,13	0,16
TR2_seco	Vegetal aquático	0,13	0,16
TR2_seco	Organismo aquático	0,09	0,11
TR2_seco	Peixe	0,09	0,13
TR3_seco	Organismo aquático	0,30	0,22
TR3_seco	Ração	0,18	0,18
TR3_seco	Vegetal aquático	0,18	0,19
TR3_seco	Peixe	0,12	0,16
TR3_seco	Inseto terrestre	0,11	0,14
TR3_seco	Vegetal terrestre	0,11	0,14

A concentração dos substratos energéticos foi relacionada a composição isotópica dos consumidores e observou-se correlações altas e significativas ($p < 0,05$) para as duas espécies nos locais e períodos de amostragem (Figuras 6 e 7). Para *G. sveni* correlações negativas foram observadas tanto no período chuvoso entre glicogênio muscular x $\delta^{15}\text{N}$ em TR1 (Figura 6E), quanto no período seco entre lipídeo gonadal x $\delta^{13}\text{C}$ em TR2 (Figura 6H). Já correlações positivas ocorreram apenas no período seco entre lipídeo hepático x $\delta^{15}\text{N}$ (Figura 6D) em CT2, entre glicogênio muscular x $\delta^{15}\text{N}$ (Figura 6H) em TR2, e entre lipídeo hepático x $\delta^{15}\text{N}$ em TR3 (Figura 6J).

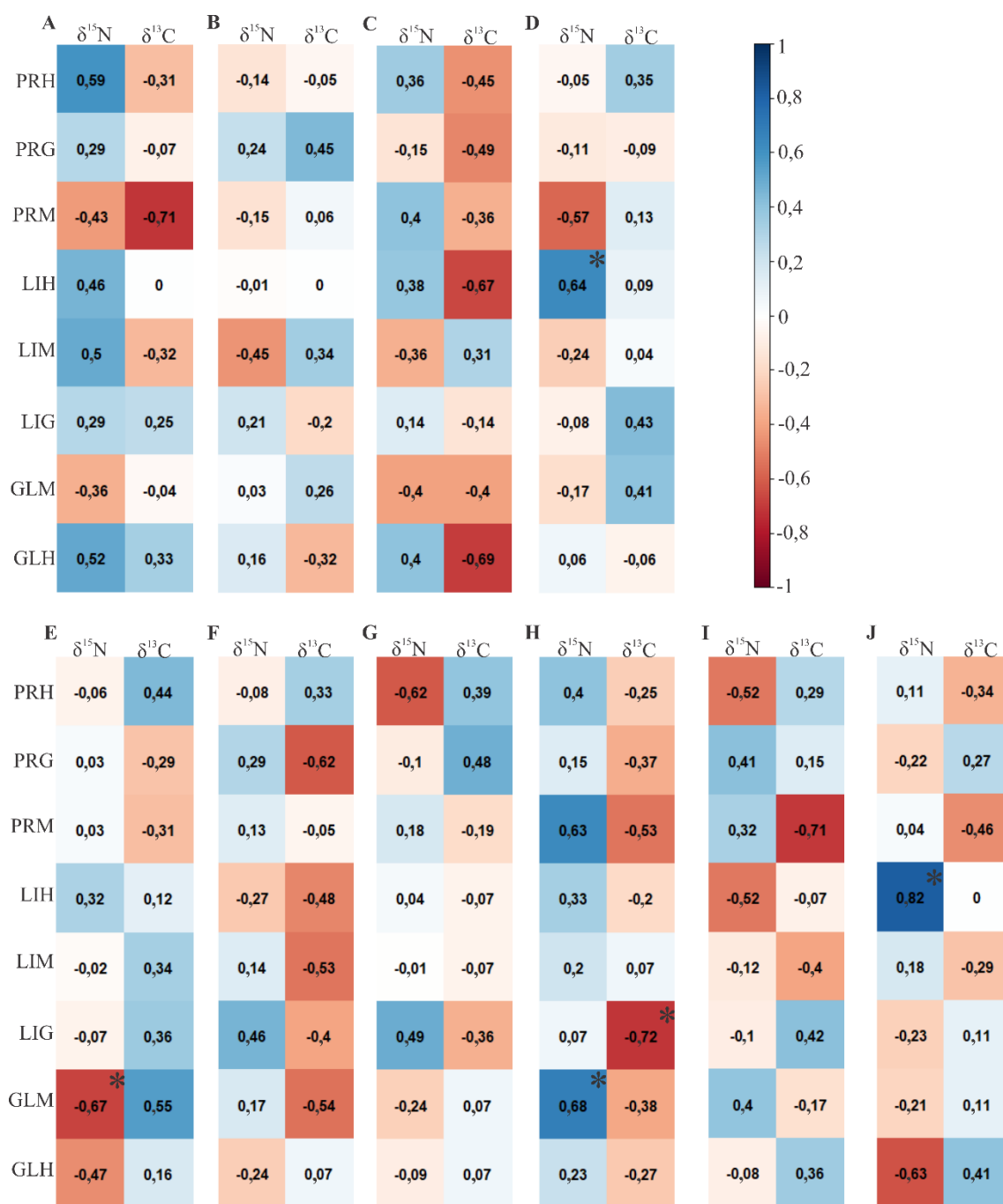


Figura 6. Coeficiente de correlação de Spearman (rs) calculado entre os substratos energéticos avaliados e a composição isotópica de *Geophagus sveni* amostrados nos locais sem CT1 (A e B), CT2 (C e D) e com pisciculturas TR1 (E e F), TR2 (G e H) e TR3 (I e J) e períodos sazonais chuvoso (A,C,E,G,I) e seco (B,D,F,H,J) de amostragem, no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná, São Paulo, Brasil. PR= proteína, LI= lipídeo, GL=glicogênio, H=hepático, G=gonadal e M=muscular. Os valores indicam a correlação e *indica significância estatística ($p < 0,05$). Correlações positivas são representadas pela cor azul e correlações negativas pela cor vermelha.

Para *P. squamosissimus* correlações negativas foram observadas principalmente no período seco em CT2 entre proteína hepática, gonadal e muscular x $\delta^{15}\text{N}$ e entre glicogênio hepático x $\delta^{15}\text{N}$ (Figura 7D); em TR1 entre proteína hepática x $\delta^{15}\text{N}$ (Figura

7F); em TR2 entre proteína gonadal e $\delta^{13}\text{C}$ (Figura 7H); em TR3 entre proteína hepática e gonadal x $\delta^{15}\text{N}$, glicogênio hepático x $\delta^{15}\text{N}$ e lipídeo hepático x $\delta^{13}\text{C}$ (Figura 7J). No período chuvoso foi observada correlação negativa apenas em TR3 entre lipídeo gonadal x $\delta^{13}\text{C}$ (Figura 7I), já correlações positivas foram observadas principalmente no período chuvoso em CT1 entre lipídeo hepático x $\delta^{13}\text{C}$ (Figura 7A) e em CT2 entre proteína hepática x $\delta^{15}\text{N}$ (Figura 7C). No período seco, ocorreu apenas correlação positiva em TR1 entre proteína hepática e muscular x $\delta^{13}\text{C}$ (Figura 7F).

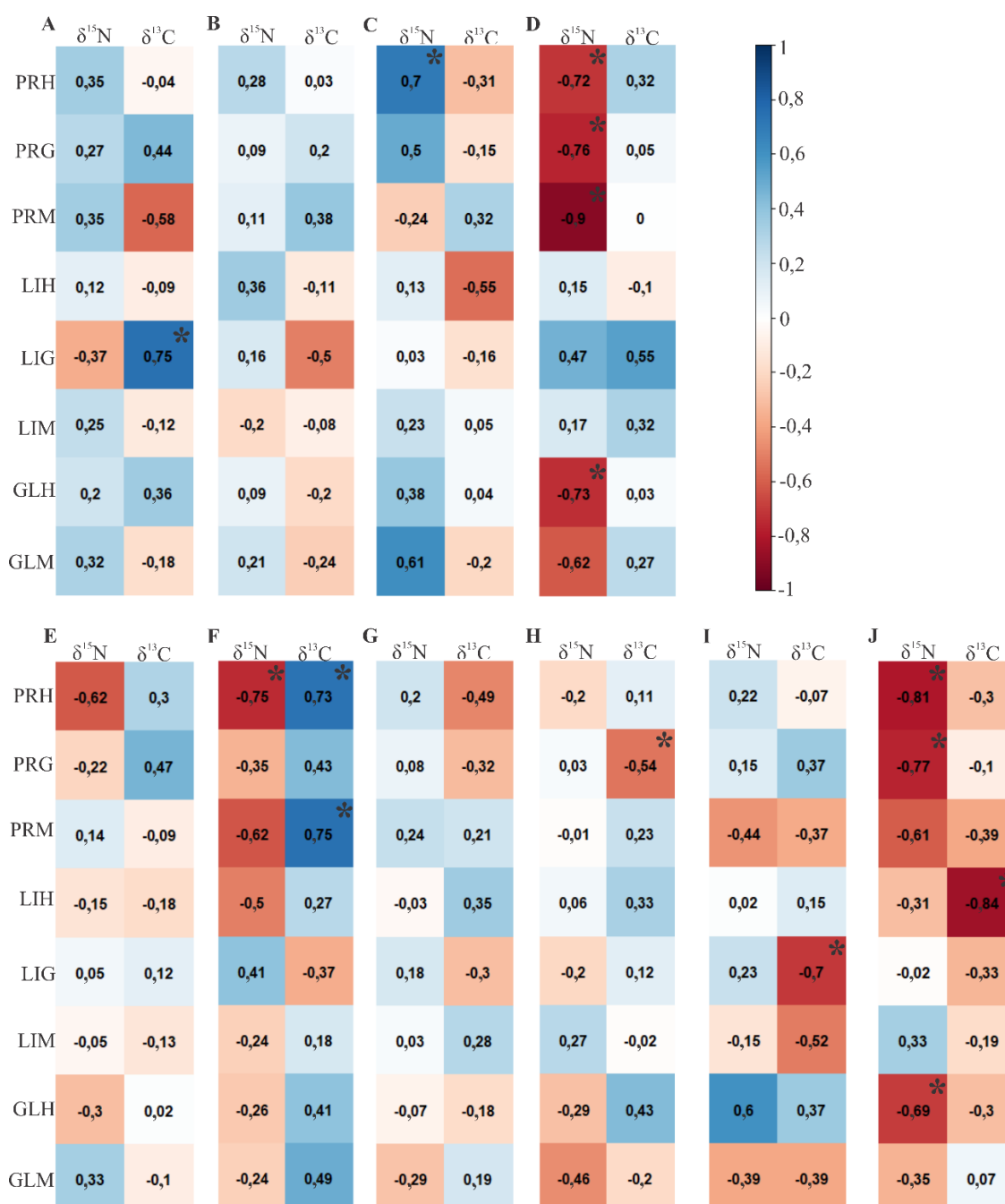


Figura 7. Gráfico do coeficiente de correlação de Spearman (rs) calculado entre os substratos energéticos avaliados e a composição isotópica de *Plagioscion squamosissimus* amostrados nos locais sem CT1 (A e B), CT2 (C e D) e com pisciculturas

TR1 (E e F), TR2 (G e H) e TR3 (I e J) e períodos sazonais chuvoso (A,C,E,G,I) e seco (B,D,F,H,J) de amostragem, no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná, São Paulo, Brasil. PR= proteína, LI= lipídeo, GL=glicogênio, H=hepático, G=gonadal e M=muscular. Os valores indicam a correlação e * indica significância estatística ($p < 0,05$). Correlações positivas são representadas pela cor azul e correlações negativas pela cor vermelha.

A bromatologia da ração revelou que a ração consumida pelos peixes avaliados foi composta por ~90% de matéria seca, ~12% de cinzas, ~3% de extrato etéreo, ~39% de proteína bruta, ~3% de fibra bruta e ~4266 Kcal/Kg de energia bruta (Tabela S10). Além disso, a relação energia: proteína foi aproximadamente 11 Kcal/Kg (Tabela S10).

Discussão

A concentração dos substratos energéticos e assimilação dos recursos alimentares variaram em função do local, sazonalidade e sexo. Apesar de haver diferenças na assimilação dos recursos alimentares entre os períodos, ração foi um dos recursos com maiores médias de assimilação em ambos os períodos e espécies. As altas porcentagens de proteína na ração influenciaram a metabolização dos substratos energéticos e assim a composição isotópica e assimilação dos recursos alimentares, além dos fatores extrínsecos e intrínsecos que influenciam as taxas metabólicas. Proteína absorvida em excesso pode interferir na metabolização de outros nutrientes, uma vez que as proteínas passam a ser utilizadas como fonte energética pelos peixes, que não utilizam as reservas energéticas de lipídeo e glicogênio (HEPHER, 1989). Dessa forma, a proteína não atua no crescimento muscular e pode ocorrer deposição de gordura no músculo (BALDISSEROTTO; URBINATI; CYRINO, 2020).

A bromatologia da ração demonstrou altas porcentagens de proteína na ração assimilada pelos peixes silvestres com cerca de 43% (ver Tabela S10). O teor de proteína bruta ideal para os peixes de cultivo de alevinos é de 45% a 50% e à medida que a fase de desenvolvimento avança e os peixes passam para a fase de engorda, essa porcentagem diminui (SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL, 2019). Contudo, os peixes aqui avaliados são silvestres e adultos, não necessitando dessa alta porcentagem de proteína extra na dieta. Dessa forma, inferimos que no entorno dos tanques de cultivo os peixes silvestres são expostos a uma dieta hiper proteica. Associado a isso, maiores valores de IHS foram observados nos locais onde ocorreram maiores assimilações de ração, indicando maiores reservas de energia no fígado nesses locais. Segundo Collins; Anderson (1995) há relação positiva entre o tamanho do fígado com o nível de ração consumida, corroborando com o observado aqui. Essa relação é mais aparente

principalmente para *G. sveni*, que também demonstrou maiores concentrações de glicogênio hepático.

As altas taxas de proteína da ração podem ainda ser corroboradas observando os valores de $\delta^{15}\text{N}$ dos peixes, bem como as relações positivas entre as concentrações de proteínas e $\delta^{15}\text{N}$ observadas para *P. squamosissimus*. Segundo Martínez del Río *et al.* (2009) a qualidade, a eficiência do uso e a ingestão de proteína são determinantes para os valores de $\delta^{15}\text{N}$. Aqui, os peixes que assimilaram ração apresentaram valores de $\delta^{15}\text{N}$ entre 10‰ e 20‰, enquanto a ração apresentou valores de $\delta^{15}\text{N}$ menores que 5‰. Além disso, como são animais de vida livre, outros recursos de origem animal assimilados, tais como organismos aquáticos e peixes, podem ter contribuído para dieta hiper proteica e enriquecimento de ^{15}N . Estudos demonstram que os peixes que se alimentam de dietas com maior teor de proteína excretam uma fração maior de produtos nitrogenados com depleção de ^{15}N , e assim seus tecidos devem se tornar relativamente mais enriquecidos em ^{15}N do que sua dieta (KELLY; MARTÍNEZ DEL RÍO, 2010; TIBBETS; WHEELLESS; DEL RÍO, 2008).

Comparando os valores de ^{15}N entre os locais, os consumidores em CT2 apresentaram valores mais enriquecidos do que nos locais em que foram observadas maiores médias de assimilação de ração (CT1, TR1, TR2 e TR3). Tal fato pode estar relacionado ao baixo teor de proteína na dieta nesse local em comparação aos outros locais onde os peixes têm uma dieta hiper proteica. O enriquecimento tecidual em $\delta^{15}\text{N}$ foi observado em tilápias e carpas submetidas a condições de jejum ou ingestão restrita de proteínas (GAYE-SIESSEGER *et al.*, 2004, 2007). Nesse caso, ^{14}N foi preferencialmente excretado durante a desaminação e transaminação, enquanto ^{15}N foi retido em aminoácidos e proteínas sintetizadas recentemente (MACKO *et al.*, 1987, 2002), e assim ocorreu enriquecimento de ^{15}N no músculo.

Contrariamente aos menores valores de ^{15}N nos locais onde ocorreu maior assimilação de ração (CT1, TR1, TR2 e TR3), $\delta^{13}\text{C}$ apresentou valores mais enriquecidos para ambas as espécies. Dietas contendo baixos valores de lipídeos podem refletir em valores de $\delta^{13}\text{C}$ enriquecidos no tecido do consumidor, uma vez que lipídeos são deplecionados de ^{13}C (VOLLAIRE *et al.*, 2007). Dessa forma, considerando também as correlações negativas observadas entre ^{13}C e lipídeos, e a composição de extrato etéreo da ração (~3%; Tabela S10), pode-se sugerir que a ração assimilada possui baixas concentrações de lipídeo. Além disso, sugere-se que essa baixa concentração de lipídeo da ração reflete nas concentrações de lipídeos hepático e gonadal e relações negativas

com isótopos estáveis observadas. Contudo, vale ressaltar que a normalização lipídica realizada para carbono pode ter minimizado essa relação, uma vez que essa normalização homogeneiza o conteúdo lipídico para eliminar vieses relacionados a lipídios em $\delta^{13}\text{C}$ (POST *et al.*, 2007).

Associado à influência da proteína na dieta, fatores extrínsecos como temperatura também apresentam influência sobre a performance fisiológica (PAYNE *et al.*, 2016). Menores concentrações para grande parte dos substratos energéticos e tecidos avaliados no período chuvoso, e as maiores concentrações no período seco podem estar relacionados à temperatura da água nesses períodos. No inverno (abrangido pelo período seco na região avaliada; ver figura S5), devido às baixas temperaturas, ocorre diminuição nas taxas metabólicas dos peixes, com consequentes reduções na capacidade de forrageamento e digestão (BROWN *et al.*, 2004; SECOR; CAREY, 2016). Nesse sentido, os substratos energéticos absorvidos são armazenados para serem utilizados em períodos de maior atividade, corroborado por maior IHS para *P. squamosissimus* no período seco.

Arelado a essa maior concentração dos substratos energéticos, principalmente para fígado e gônada no período seco, as maiores porcentagens de assimilação de ração nesse período podem corroborar essa reserva de energia. A ração, altamente energética, está disponível no ambiente em todos os períodos do ano, mesmo que fornecido em menor quantidade aos peixes de cultivo no período seco (RIBEIRO *et al.*, 2012). Dessa forma, uma vez que as taxas metabólicas dos peixes são reduzidas em menores temperaturas, os substratos energéticos absorvidos pela assimilação da ração são armazenados. Já no verão (abrangido pelo período chuvoso na região; ver figura S5), quando as espécies tropicais tendem a ter melhor desempenho metabólico, o alimento digerido é logo metabolizado e as reservas energéticas utilizadas para natação, digestão e reprodução (PAYNE *et al.*, 2016).

Além disso, os maiores efeitos sobre as concentrações dos substratos em fígados e gônadas do que no músculo, podem ter relação com o armazenamento de energia antes da reprodução. De acordo com Volkoff; London (2018) algumas espécies armazenam energia para a reprodução e dessa forma, reduzem a dependência das condições ambientais no momento da reprodução. *Plagioscion squamosissimus* apresenta picos de reprodução em períodos mais quentes (MARINHO LIMA *et al.*, 2019), e as menores concentrações de proteína gonadal no período chuvoso e maiores de lipídeo hepático no período seco, podem corroborar essa dinâmica de armazenamento de energia. Glicogênio hepático foi o único substrato energético que apresentou maiores concentrações no

período chuvoso para ambas as espécies. Fígado e músculo são os principais órgãos de reserva de glicogênio, sendo o fígado o principal órgão de armazenamento, pois atua como regulador da glicemia, produzindo glicose a partir de reservas de glicogênio (NUNES, 2011). Assim, as menores concentrações de glicogênio hepático no período seco podem estar relacionadas à menor taxa de alimentação nesse período. No período seco, o requerimento energético é maior para atender as demandas metabólicas (SECOR; CAREY, 2016; TOCHER, 2003). e ocorre menor ingestão de alimentos (RIBEIRO *et al.*, 2012). Além disso, o glicogênio hepático é considerado um estoque emergencial de energia, sendo utilizado imediatamente nos momentos de condições críticas de estresse (CHRISTIANSEN; KLUNGSOYR, 1987).

Outro fator de influência observada sobre a metabolização dos substratos energéticos foi o sexo, principalmente para *G. sveni*. Segundo Silva (2018), *G. sveni* possui o período reprodutivo ao longo de todo ano, assim a mobilização dos substratos energéticos e, consequente produção de vitelogenina, ocorrem constantemente. Apesar disso, parece haver relação do maior fornecimento de alimento nas áreas de piscicultura com os períodos reprodutivos, uma vez que relações significativas entre o local TR3 e a variável sexo foram observadas na GLMM. A oferta de alimento, com dietas ricas e balanceadas em proteínas, favorece o crescimento dos peixes, podendo interferir direta ou indiretamente nos processos reprodutivos, aumentando a massa total média e número de ovos produzidos/liberados pelas fêmeas, por exemplo (BASTOS *et al.*, 2011; VOLKOFF; LONDON, 2018).

No presente estudo, as maiores concentrações de proteínas e lipídeos observadas para as fêmeas parecem ter relação com as diferenças no requerimento energético para a reprodução. Durante a formação dos ovos, as fêmeas investem energia considerável para fornecer ao ovo reservas de nutrientes (vitelogenina) (TIWARY; KIRUBAGARAN; RAY, 2002). Ainda, as menores concentrações nos machos podem estar relacionadas ao cuidado parental apresentado por eles. Espécies do gênero *Geophagus* apresentam comportamento reprodutivo de cuidado parental, e de acordo com Bastos *et al.* (2011) os machos têm menos tempo disponível para forrageamento do que as fêmeas, uma vez que passam mais tempo guardando o ninho e seus filhotes.

Em suma, observou-se que os níveis proteicos, lipídicos e energéticos da ração influenciaram nas quantificações dos substratos energéticos observados e na assimilação dos recursos alimentares naturais. Além disso, sazonalidade e sexo foram fatores importantes que interferiram nos resultados observados, demonstrando que os machos e

fêmeas podem usufruir desse fornecimento de energia das pisciculturas para a reprodução. A associação entre a composição bromatológica da ração, substratos energéticos e isótopos estáveis, confirmou os altos níveis proteicos da ração assimilada pelas duas espécies. Adicionalmente, maiores valores de IHS nos locais onde ocorreu maiores porcentagens de assimilação de ração (CT1, TR1, TR2 e TR3) em ambos os períodos sazonais, indicaram maiores reservas de energia.

Este estudo traz apontamentos sobre os efeitos da ingestão da ração disponibilizada no ecossistema aquático sobre aspectos biológicos de peixes silvestres onívoro e carnívoro, integrando fisiologia e isótopos estáveis. Sugere-se que essas reservas energéticas influenciadas pela assimilação de ração parecem ser favoráveis ao crescimento e reprodução. Essas alterações podem possuir desdobramentos no estoque pesqueiro, uma vez que são espécies economicamente importantes na região de estudo (ANGELUCI, 2008). Apesar disso, são espécies não-nativas e essas fontes de energia podem favorecer o crescimento populacional e então magnificar os efeitos sobre o declínio das populações nativas (BRITTON, 2022). Além disso, podem contribuir para a manutenção populacional depois da introdução (KLIEMANN *et al.* dados não publicados. Contudo, estudos futuros que avaliem a comunidade em uma série espacial e temporal maior e com espécies nativas são necessários para confirmar essas sugestões.

Referências

- A.O.A.C. **Official Methods of Analysis**. Edn 16. Washington D.C.: Association of Official Analytical Chemists, 1990.
- ANGELUCI, C.H.G. Aspectos ecológicos da atividade pesqueira no reservatório da UHE de Ilha Solteira, rio Paraná, município de Rubinéia (SP). **REUNI**, n. 3, p. 17–32, 2008.
- BALDISSEROTTO, B.; URBINATI, E. C.; CYRINO, J. E. P. **Biology and Physiology of Freshwater Neotropical Fish**. San Diego: Academic Press, 2020.
- BARRETT, L. T.; SWEARER, S. E.; DEMPSTER, T. Impacts of marine and freshwater aquaculture on wildlife: a global meta-analysis. **Reviews in Aquaculture**, [s. l.], p. 1–23, 2018.
- BARRIE, A.; PROSSER, S. J. Automated analysis of light-element stable isotopes by isotope ratio mass spectrometry. **In**: BOUTTON, T. W.; YAMASAKI, S. (eds) *Mass spectrometry of soils*, New York: Marcel Dekker, 1996. p. 1-46.
- BASTOS, R. F. *et al.* Diet and food consumption of the pearl cichlid *Geophagus brasiliensis* (Teleostei: Cichlidae): relationships with gender and sexual maturity. **Neotropical Ichthyology**, v. 9, p. 825-830, 2011.
- BATES, D. *et al.* Fitting linear mixed-effects models using lme4. **Journal of Statistical Software**, [s. l.], v. 67, n. 1, 2015.

- BIDINOTTO, P.M.; SOUZA, R.H. S.; MORAES, G. Hepatic glycogen in eight tropical fresh water teleost fish: A procedure for field determinations of micro samples. **Boletim Técnico CEPTA**, v. 10, p. 53-60, 1997.
- BIVAND, R. S.; PEBESMA, E.; GOMEZ-RUBIO, V. 2013. **Applied spatial data analysis with R**. NY: Springer, 2013.
- BRANDÃO, H. *et al.* Influence of cage farming on feeding and reproductive aspects of *Pimelodus maculatus* Lacépède, 1803 (Siluriformes: Pimelodidae) in the Chavantes reservoir, Brazil. **Acta Scientiarum - Biological Sciences**, [s. l.], v. 36, n. 1, p. 41–50, 2014.
- BRITTON, J. R. Contemporary perspectives on the ecological impacts of invasive freshwater fishes. **Journal of Fish Biology**, p. 1-13, 2022.
- BROWN, J.H. *et al.* Toward a metabolic theory of ecology. **Ecology**, v. 85, p. 1771–1789, 2004.
- BURNHAM, K. P.; ANDERSON, D. R. **Multimodel inference: A Practical Information-Theoretic Approach**. New York: Springer-Verlag, 2002.
- CARMO, F. J. *et al.* Levantamento das unidades de piscicultura no estado de São Paulo. **Documento Técnico 123**, [s. l.], n. 123, p. 31, 2021.
- CHRISTIANSEN, D. C.; KLUNGSØYR, L. Metabolic utilization of nutrients and the effects of insulin in fish. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry**, v. 88, n. 3, p. 701-711, 1987.
- COLLINS, A. L.; ANDERSON, T. A. The regulation of endogeneous energy stores during starvation and refeeding in the somatic tissues of the golden perch. **Journal of Fish Biology**, [s. l.], v. 47, n. 6, p. 1004–1015, 1995.
- CRAWLEY, M. J. **The R Book**. England: John Wiley & Sons, Ltd, 2007.
- DE BOECK, P. *et al.* The estimation of item response models with the lmer function from the lme4 package in R. **Journal of Statistical Software**, [s. l.], v. 39, n. 12, p. 1–28, 2011.
- DE MENDIBURU, F. *_agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research_*. **R package version 1.3-5**, 2021. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=agricolae>. Acesso em: 14 jan. 2023.
- DINNO, A. *_dunn.test: Dunn's Test of Multiple Comparisons Using Rank Sums_*. **R package version 1.3.5**, 2017. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=dunn.test>. Acesso em: 14 jan. 2023.
- DOS SANTOS, N. C. L. *et al.* Use of food resources by *Plagioscion squamosissimus* - A non-native piscivore in sobradinho reservoir-BA, Brazil. **Boletim do Instituto de Pesca**, [s. l.], v. 40, n. 3, 2014.
- DUBOIS, M. G.; GILLES, C. A.; HAMILTON, J. K. Colorimétrico método por determinação de açúcares e substâncias relacionadas. **Canal analítico chemistry**, v. 28, p. 350-358, 1956.
- DUCCATI, C. Aplicação dos isótopos estáveis em aquicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 01-10, 2007.
- DUNN, O. J. Multiple Comparisons Using Rank Sums. **Technometrics**, v. 6, n. 3, p. 241-252, 1964.
- FAO. **The state of World Fisheries and Aquaculture 2020 - Sustainability in action**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2020.
- FOLCH, J.; LESS, M.; STANLEY, G. H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 226, p. 497-503, 1957.

- FRINGS, C. S. *et al.* Improved determination of total lipids by the sulpho-phospho-vanilin reaction. **Clinical Chemistry**, v. 18, p. 673-674, 1972.
- GARCIA, F. *et al.* Emergy assessment of tilapia cage farming in a hydroelectric reservoir. **Ecological Engineering**, [s. l.], v. 68, p. 72–79, 2014.
- GAYE-SIESSEGER, J. *et al.* Feeding level and individual metabolic rate affect $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ values in carp: Implications for food web studies. **Oecologia**, [s. l.], v. 138, n. 2, p. 175–183, 2004.
- GAYE-SIESSEGER, J. *et al.* Starvation and low feeding levels result in an enrichment of ^{13}C in lipids and ^{15}N in protein of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. **Journal of Fish Biology**, [s. l.], v. 71, n. 1, p. 90–100, 2007.
- GELMAN, A.; RUBIN, D. B. A Single Series from the Gibbs Sampler Provides a False Sense of Security. **Bayesian Statistics 4**, [s. l.], p. 625–632, 1992.
- GELMAN, A. *et al.* **Bayesian data analysis**. Boca Raton: Chapman and Hall/CRC, 2014.
- GONZALEZ-SILVERA, D. *et al.* Mediterranean fouling communities assimilate the organic matter derived from coastal fish farms as a new trophic resource. **Marine Pollution Bulletin**, [s. l.], v. 91, n. 1, p. 45–53, 2015.
- HALES, J.; PETRY, P. **Upper Parana. Freshwater ecoregions of the world (FEOW)**, 2019. Disponível em: <http://feow.org/ecoregions/details/344>. Acesso em: 10 de julho de 2022.
- HARRELL JR, F. *_Hmisc: Harrell Miscellaneous_*. **R package version 4.7-2**, 2022. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=Hmisc>. Acesso em: 21 jan. 2023.
- HARTIG, F. *_DHARMA: Residual Diagnostics for Hierarchical (Multi-Level / Mixed) Regression Models_*. **R package version 0.4.6**, 2022. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=DHARMA>. Acesso em: 21 jan. 2023.
- HEPHER, B. **Nutrition of Pond Fishes**. Cambridge: Cambridge Press, 1989.
- HENRY-SILVA, G. G. *et al.* Economic, social, and environmental assessment of farming Nile tilapia in net-cages in a reservoir in hot semi-arid region during an extended drought event. **Environmental Science and Pollution Research**, [s. l.], v. 29, n. 52, p. 78768–78779, 2022.
- IGHWELA, K. A. *et al.* The selection of viscerosomatic and hepatosomatic indices for the measurement and analysis of *Oreochromis niloticus* condition fed with varying dietary maltose levels. **International Journal of Fauna and Biological Studies IJFBS**, [s. l.], v. 1, n. 13, p. 18–20, 2014.
- KELLY, L. J.; MARTÍNEZ DEL RIO, C. M. The fate of carbon in growing fish: An experimental study of isotopic routing. **Physiological and Biochemical Zoology**, [s. l.], v. 83, n. 3, p. 473–480, 2010.
- KLIEMANN, B. C. K. *et al.* Dietary changes and histophysiological responses of a wild fish (*Geophagus cf. proximus*) under the influence of tilapia cage farm. **Fisheries Research**, [s. l.], v. 204, p. 337–347, 2018.
- KLIEMANN, B. C. K. *et al.* Do cage fish farms promote interference in the trophic niche of wild fish in neotropical reservoir?. **Fisheries Research**, [s. l.], v. 248, n. July 2021, p. 106198, 2022.
- LOWRY, O. H. *et al.* Protein measurement with the Folin phenol reagent. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 193, p. 265-275, 1951.
- LUCINDA, P. H. F.; LUCENA, C. A. S.; ASSIS, N. C. Zootaxa, Two new species of cichlid fish genus *Geophagus* Heckel from the Rio Tocantins. **Zootaxa**, [s. l.], v. 42, n. April, p. 29–42, 2010.

- MACKO, S. A. *et al.* Isotopic fractionation of nitrogen and carbon in the synthesis of amino acids by microorganisms. **Chemical Geology: Isotope Geoscience Section**, [s. l.], v. 65, n. 1, p. 79–92, 1987.
- MACKO, S. A. *et al.* Kinetic fractionation of stable nitrogen isotopes during amino acid transamination. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, [s. l.], v. 50, p. 2143–2146, 2002.
- MARINHO LIMA, E. M. *et al.* Reproductive biology of Silver Croaker (*Plagioscion squamosissimus*) species of fishery importance in the Lower Amazon, Pará, Brazil. **Gaia Scientia**, [s. l.], v. 13, n. 1, 2019.
- MARTINELLI, L. A. *et al.* **Desvendando questões ambientais com isótopos estáveis**. São Paulo: Oficina de textos, 2009.
- MARTIN-PEREZ, M. *et al.* Naturally Occurring Stable Isotopes Reflect Changes in Protein. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. l.], v. 61 (37), p. 8924–8933, 2013.
- MARTÍNEZ DEL RIO, C. *et al.* Isotopic ecology ten years after a call for more laboratory experiments. **Biological Reviews**, [s. l.], v. 84, n. 1, p. 91–111, 2009.
- MARTINO, J. C.; DOUBLEDAY, Z. A.; GILLANDERS, B. M. Metabolic effects on carbon isotope biomarkers in fish. **Ecological Indicators**, [s. l.], v. 97, p. 10–16, 2019.
- MINTENBECK, K. *et al.* How to account for the lipid effect on carbon stable-isotope ratio ($\delta^{13}\text{C}$): Sample treatment effects and model bias. **Journal of Fish Biology**, [s. l.], v. 72, n. 4, p. 815–830, 2008.
- MOORE, J. W.; SEMMENS, B. X. Incorporating uncertainty and prior information into stable isotope mixing models. **Ecology Letters**, [s. l.], v. 11, n. 5, p. 470–480, 2008.
- NEVES, M. P. *et al.* Carnivory during Ontogeny of the *Plagioscion squamosissimus* : A successful non-native fish in a lentic environment of the Upper Paraná River Basin. **PLoS ONE**, [s. l.], v. 10, n. 11, p. 1–15, 2015.
- NEVES, M. P. *et al.* Seasonal feeding plasticity can facilitate coexistence of dominant omnivores in Neotropical streams. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, [s. l.], v. 0123456789, 2021.
- NOBILE, A. B. *et al.* Cage fish farm act as a source of changes in the fish community of a Neotropical reservoir. **Aquaculture**, [s. l.], v. 495, n. June, p. 780–785, 2018.
- NOBILE, A. B. *et al.* Status and recommendations for sustainable freshwater aquaculture in Brazil. **Reviews in Aquaculture**, [s. l.], v. 12, n. 3, p. 1495–1517, 2020.
- NUNES, C. da S. **Crescimento, hematologia e metabolismo de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) submetido ao exercício aeróbico e alimentado com níveis crescentes de proteínas**. 2011. 1–7 f. - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, [s. l.], 2011.
- NUNES, A. J. P.; ROCHA, I. D. P. Overview and Latest Developments in Shrimp and Tilapia Aquaculture in Northeast Brazil. **Journal of the World Aquaculture Society**, [s. l.], n. JUNE, p. 10–17, 2015.
- OGLE, D.H. *et al.* FSA: Fisheries Stock Analysis. **R package version 0.9.3**, 2022. Disponível em: <https://github.com/fishR-Core-Team/FSA>. Acesso em: 14 jan. 2023.
- ORLANDI-NETO, A. *et al.* Structure and composition of ichthyofauna associated with cage fish farming and compared to a control area after severe drought in a Neotropical reservoir. **Neotropical Ichthyology**, [s. l.], v. 20, n. 3, p. 1–17, 2022.
- OTA, R. R. *et al.* Peixes da planície de inundação do alto rio Paraná e áreas adjacentes: revised, annotated and updated. **Neotropical Ichthyology**, [s. l.], v. 16, n. 2, p. 1–111, 2018.

- PARNELL, A. C. *et al.* Source partitioning using stable isotopes: Coping with too much variation. **PLoS ONE**, [s. l.], v. 5, n. 3, p. 1–5, 2010.
- PARRISH, C.C. Determination of total lipid, lipid classes and fatty acids in aquatic samples. **In:** ARTS, M.T., WAINMAN, B.C. *Lipids in freshwater ecosystem*. New York: Springer-Verlag, 1999.
- PAYNE, N. L. *et al.* Temperature dependence of fish performance in the wild: Links with species biogeography and physiological thermal tolerance. **Functional Ecology**, [s. l.], v. 30, n. 6, p. 903–912, 2016.
- PEBESMA, E.J.; BIVAND, R.S. Classes and methods for spatial data in R. **R News** 5 (2), 2005. Disponível em: <https://cran.r-project.org/doc/Rnews/>. Acesso em: 14 jan. 2023.
- PHILIPPSEN, J. S.; BENEDITO, E. Fator de discriminação na ecologia trófica de peixes: Uma revisão sobre as fontes de variação e os métodos de obtenção. **Oecologia Australis**, [s. l.], v. 17, n. 2, p. 15–26, 2013.
- PHILLIPS, D. L. *et al.* Best practices for use of stable isotope mixing models in. **Canadian Journal of Zoology**, [s. l.], v. 835, n. August, p. 823–835, 2014.
- PORTINHO, J. L. *et al.* The pathways influence of agricultural expansion on water quality of fish farming in Ilha Solteira reservoir, São Paulo, Brazil. **Aquaculture**, [s. l.], v. 536, 2021.
- POST, D. M. *et al.* Getting to the fat of the matter: Models, methods and assumptions for dealing with lipids in stable isotope analyses. **Oecologia**, [s. l.], v. 152, n. 1, p. 179–189, 2007.
- POWER, M.; GUIGUER, K. R. R. A.; BARTON, D. R. Effects of temperature on isotopic enrichment in *Daphnia magna*: Implications for aquatic food-web studies. **Rapid Communications in Mass Spectrometry**, [s. l.], v. 17, n. 14, p. 1619–1625, 2003.
- QUEIROZ-SOUSA, J. *et al.* Biology, ecology and biogeography of the South American silver croaker, an important Neotropical fish species in South America. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, [s. l.], v. 28, n. 4, p. 693–714, 2018.
- RAMOS, J. K. K. *et al.* Characterization of wild fish diet and trophic guild in a protected area. **Acta Limnologica Brasiliensia**, [s. l.], v. 34, 2022.
- RAMOS, I. P. *et al.* Interference of cage fish farm on diet, condition factor and numeric abundance on wild fish in a Neotropical reservoir. **Aquaculture**, [s. l.], v. 414–415, p. 56–62, 2013.
- RAMOS, I. P.; VIDOTTO-MAGNONI, A. P.; CARVALHO, E. D. Influence of cage fish farming on the diet of dominant fish species of a Brazilian reservoir (Tietê River , High Paraná River basin). **Acta Limnologica Brasiliensia**, [s. l.], v. 20, n. 3, p. 245–252, 2008.
- R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria**, 2022. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 17 jan. 2023.
- ROWLINGSON, B.; DIGGLE, P. *splancs: Spatial and Space-Time Point Pattern Analysis*. **R package version 2.01-43**, 2022. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=splancs>. Acesso em: 14 jan. 2023.
- RIBEIRO, P. A. P. *et al.* **Manejo nutricional e alimentar de peixes de água doce**, 2012. Disponível em: <https://vet.ufmg.br/ARQUIVOS/EDITORIA/20131002140549.pdf>. Acesso em: 19 jan. 2023.

- SAKANO, H. *et al.* Estimation of nitrogen stable isotope turnover rate of *Oncorhynchus nerka*. *Environmental Biology of Fishes*, [s. l.], v. 72, n. 1, p. 13–18, 2005.
- SECOR, S. M.; CAREY, H. V. Integrative physiology of fasting. **Comprehensive Physiology**, [s. l.], v. 6, n. 2, p. 773–825, 2016.
- SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL. **Piscicultura: alimentação**. Brasília: Senar, 2019.
- SILVA, A. P. S. **Aspectos reprodutivos de três espécies de peixes silvestres sob a influência de uma piscicultura em tanques-rede, no rio Grande, reservatório de Ilha Solteira, SP**. 2018. 137f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2018.
- STOCK, B.C.; SEMMENS, B.X. “**MixSIAR GUI User Manual**”, 2016a. Disponível em: <https://github.com/brianstock/MixSIAR>. Acesso em: 14 jan. 2023
- STOCK, B. C.; SEMMENS, B. X. Unifying error structures in commonly used biotracer mixing models. **Ecology**, [s. l.], v. 97, n. 10, p. 2562–2569, 2016b.
- TIBBETS, T. M.; WHEELLESS, L. A.; DEL RIO, C. M. Isotopic enrichment without change in diet: An ontogenetic shift in $\delta^{15}\text{N}$ during insect metamorphosis. **Functional Ecology**, [s. l.], v. 22, n. 1, p. 109–113, 2008.
- TIWARY, B.K.; KIRUBAGARAN, R.; RAY, A.K. Testosterone triggers the brain-pituitarygonad axis of juvenile female catfish (*Heteropneustes fossilis* Bloch) for precocious ovarian maturation. **General and Comparative Endocrinology**, v. 126, p. 23–29, 2002.
- TOCHER, D. R. Metabolism and Functions of Lipids and Fatty Acids in Teleost Fish. **Reviews in Fisheries Science**, [s. l.], v. 11, p. 107–184, 2003.
- VOLLAIRE, Y. *et al.* Stable isotope variability in tissues of the Eurasian perch *Perca fluviatilis*. **Comparative Biochemistry and Physiology - A Molecular and Integrative Physiology**, [s. l.], v. 148, n. 3, p. 504–509, 2007.
- VOLKOFF, H.; LONDON, S.. Nutrition and reproduction in fish. **Encyclopedia of reproduction**, v. 9, p. 743-748, 2018.

Material suplementar

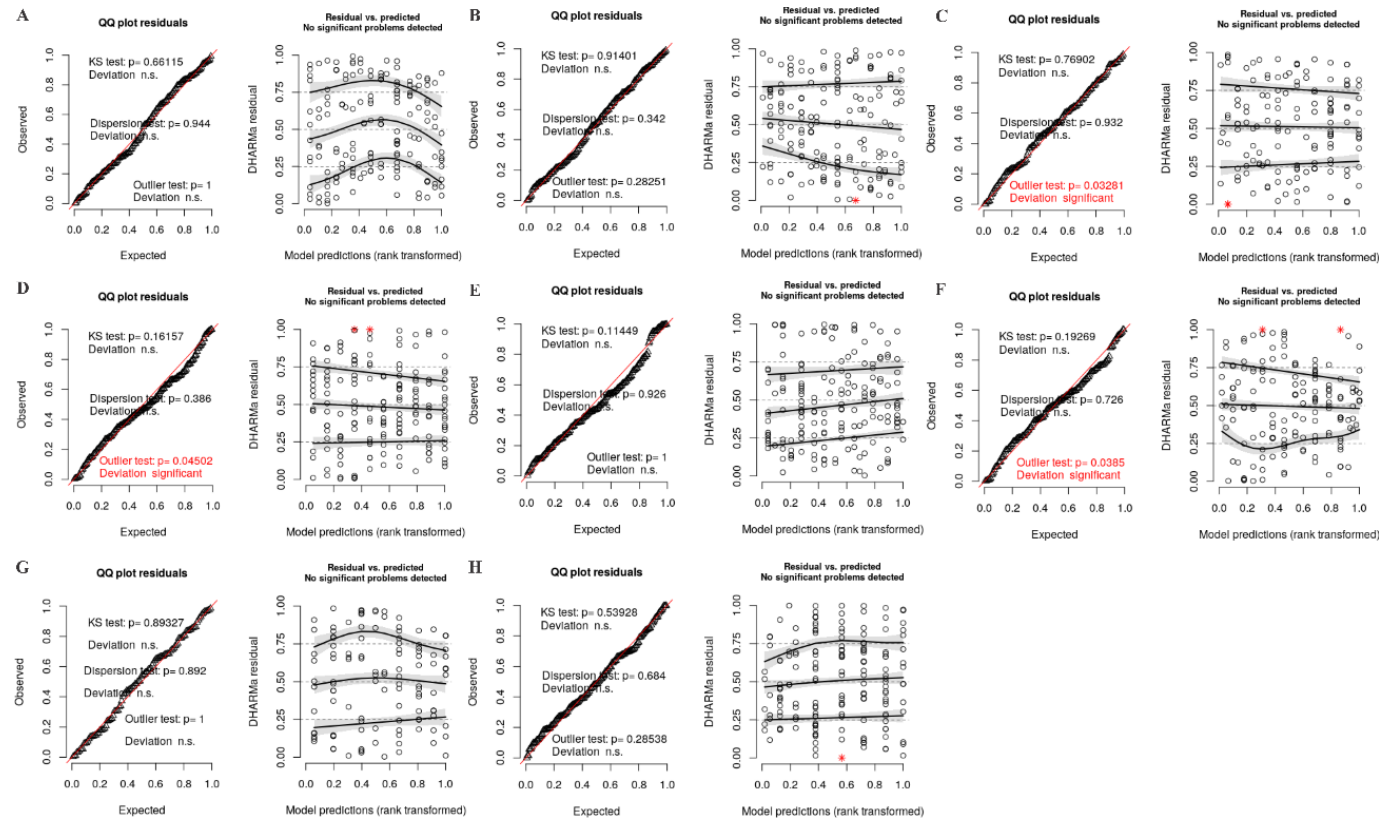


Figura S1. Diagnóstico da GLMM – inspeção visual dos resíduos escalonados criados a partir de simulações dos modelos lineares generalizados mistos gerados para os dados fisiológicos de *Geophagus sveni*, no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná, São Paulo, Brasil. A – proteína hepática, B – proteína gonadal, C- proteína muscular, D- lipídeo hepático, E- lipídeo gonadal, F- lipídeo muscular, G- glicogênio hepático, F- glicogênio muscular. QQ plot residuals - gráfico de quantil-quantil, que demonstra se os resíduos do modelo estão de acordo com o que é esperado (linha vermelha) dado o modelo. Residual vs. Predicted - gráfico dos resíduos contra os valores preditos pelo modelo que demonstra os desvios da uniformidade na direção y, em que as linhas horizontais tracejadas são regressões quantílicas teóricas que mostram os quantis 0,25, 0,50, 0,75 e as linhas sólidas pretas indicam os quantis empíricos na direção y, já as linhas sólidas vermelhas indicam desvio nos quantis empíricos.

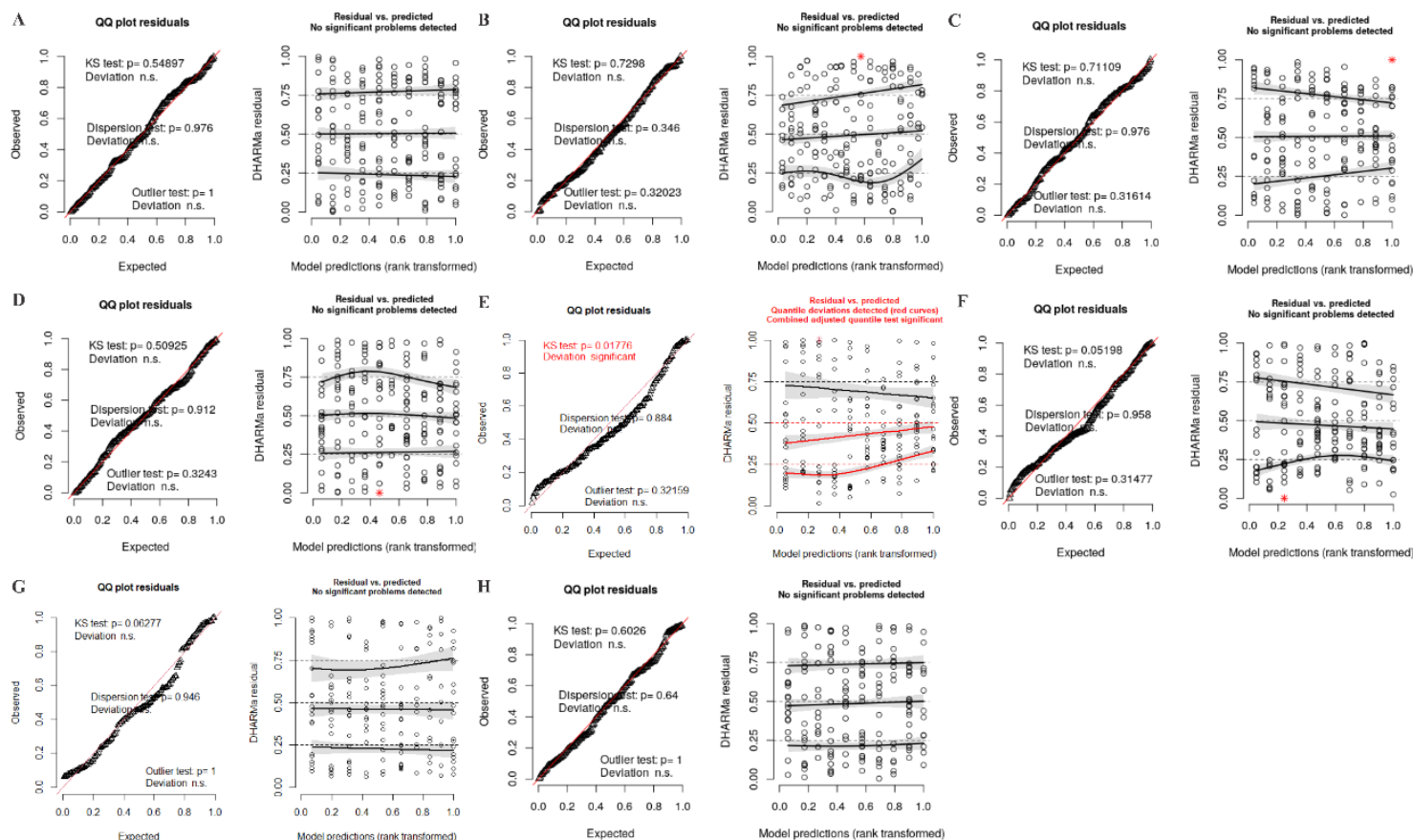


Figura S2. Diagnóstico da GLMM – inspeção visual dos resíduos escalonados criados a partir de simulações dos modelos lineares generalizados mistos gerados para os dados fisiológicos de *Plagioscion squamosissimus*, no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná, São Paulo, Brasil. A – proteína hepática, B – proteína gonadal, C- proteína muscular, D- lipídeo hepático, E- lipídeo gonadal, F- lipídeo muscular, G- glicogênio hepático, F- glicogênio muscular. QQ plot residuals - gráfico de quantil-quantil, que demonstra se os resíduos do modelo estão de acordo com o que é esperado (linha vermelha) dado o modelo. Residual vs. Predicted - gráfico dos resíduos contra os valores preditos pelo modelo que demonstra os desvios da uniformidade na direção y, em que as linhas horizontais tracejadas são regressões quantílicas teóricas que mostram os quantis 0,25, 0,50, 0,75 e as linhas sólidas pretas indicam os quantis empíricos na direção y, já as linhas sólidas vermelhas indicam desvio nos quantis empíricos.

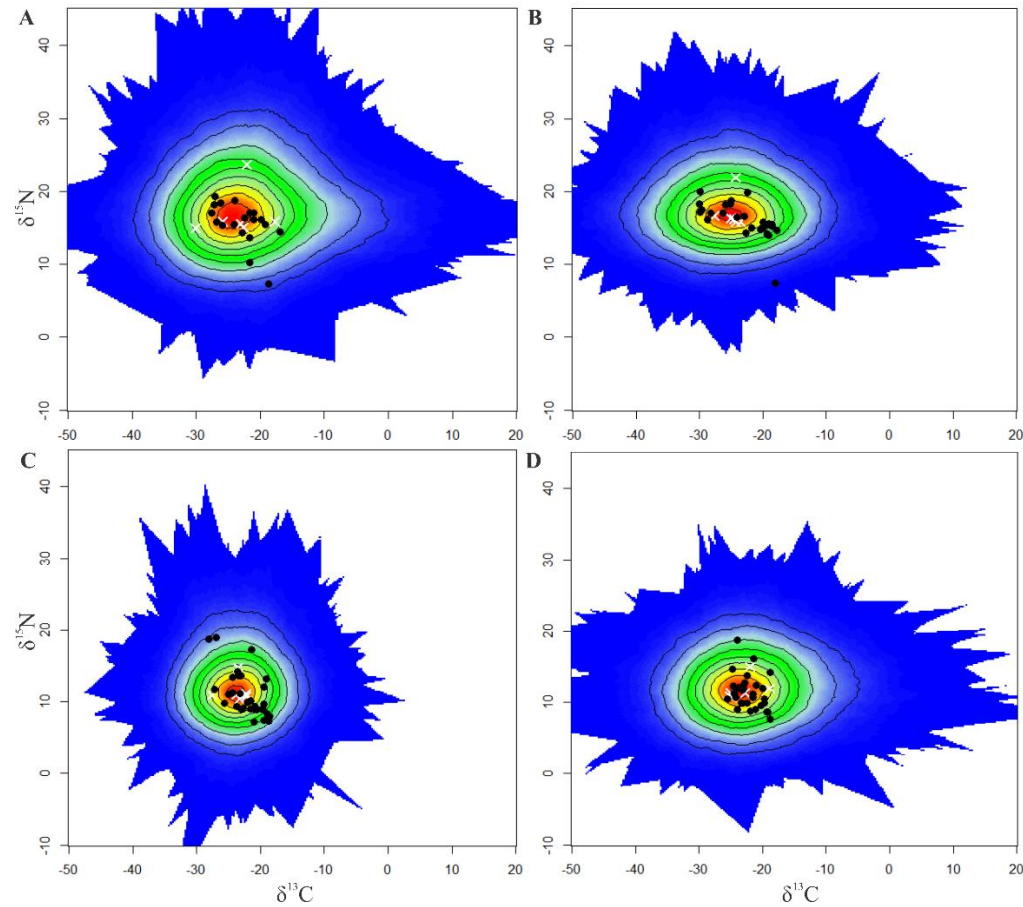


Figura S3. A região de mistura simulada para *Geophagus sveni* no grupo CT (A e B; locais sem pisciculturas) e TR (C e D; locais com pisciculturas) nos períodos sazonais chuvoso (A e C) e seco (B e D), no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná, São Paulo, Brasil. As posições dos peixes consumidores (pontos pretos) e as assinaturas médias da fonte (cruzes brancas) são mostradas. Os contornos de probabilidade estão no nível de 5% (contorno mais externo) e a cada nível de 10%. Quando os consumidores individuais estão localizados fora da região do polígono de mistura de 95%, eles não podem ser explicados com segurança pelas fontes de alimentos disponíveis e dessa forma, o modelo de mistura não pode ser utilizado (PHILLIPS *et al.*, 2014).

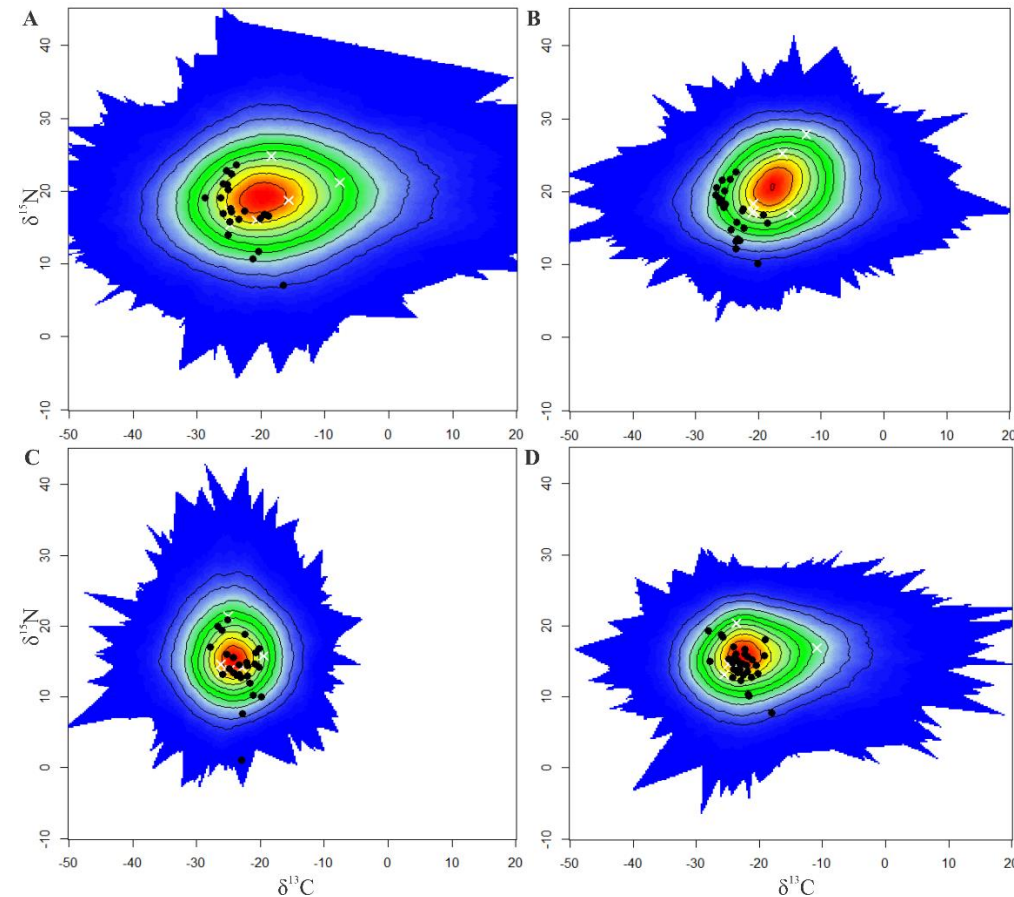


Figura S4. A região de mistura simulada para *Plagioscion squamosissimus* no grupo CT (A e B; locais com pisciculturas) e TR (C e D; locais sem pisciculturas) nos períodos sazonais chuvoso (A e C) e seco (B e D), no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná, São Paulo, Brasil. As posições dos peixes consumidores (pontos pretos) e as assinaturas médias da fonte (cruzes brancas) são mostradas. Os contornos de probabilidade estão no nível de 5% (contorno mais externo) e a cada nível de 10%. Quando os consumidores individuais estão localizados fora da região do polígono de mistura de 95%, eles não podem ser explicados com segurança pelas fontes de alimentos disponíveis e dessa forma, o modelo de mistura não pode ser utilizado (PHILLIPS *et al.*, 2014).

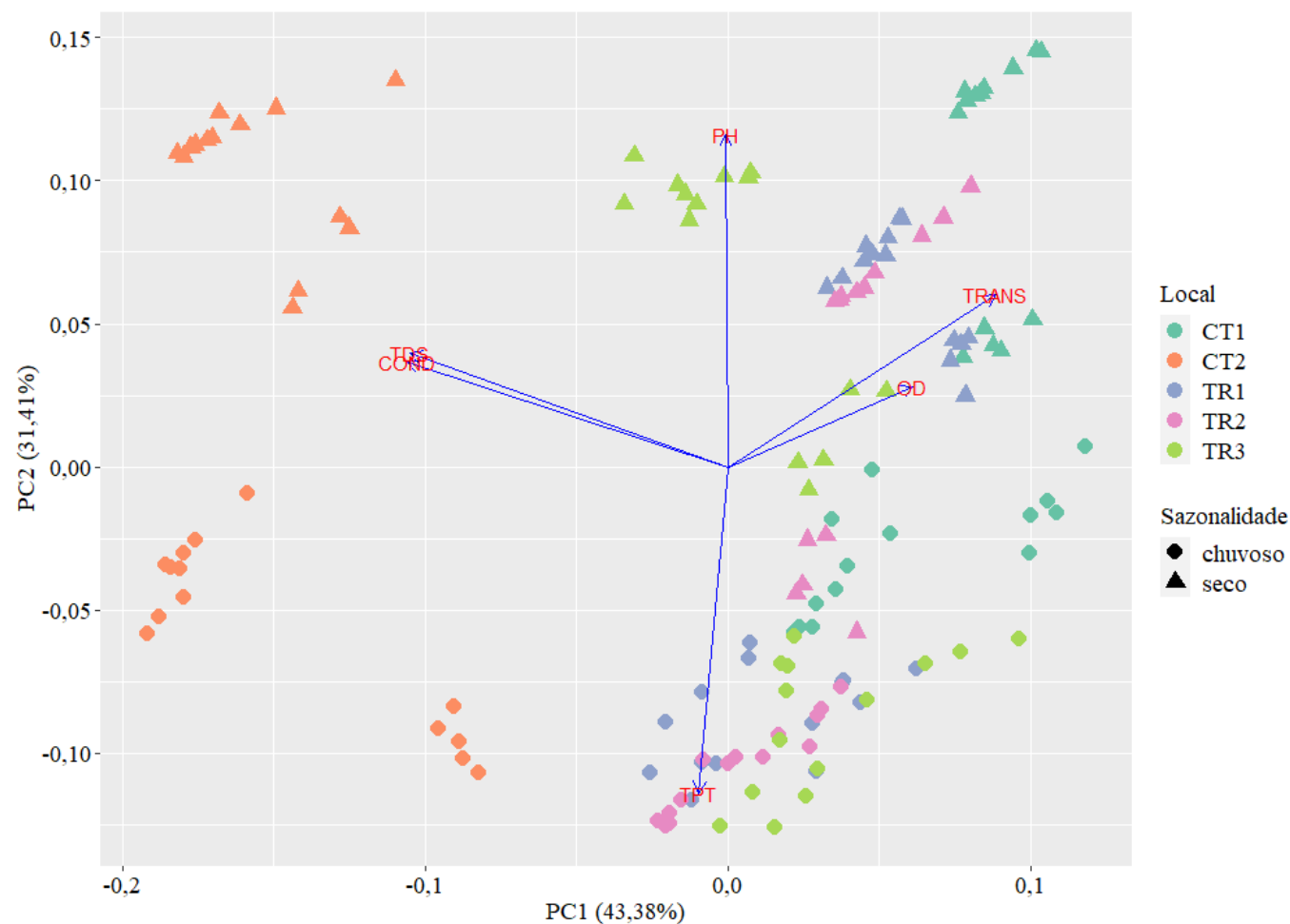


Figura S5. Análise de componentes principais (PC) indicando a relação entre os aspectos físico-químicos e os locais sem (CT1, CT2) e com piscicultura (TR1, TR2 e TR3) e períodos (chuvoso e seco) de amostragem, no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná, São Paulo, Brasil. TRANS=transparência, OD=oxigênio dissolvido, TPT=temperatura, COND=condutividade, TDS=sólidos totais dissolvidos.

Tabela S1. Lista de modelos para *Geophagus sveni* com melhor ajuste aos dados são apresentados classificados de acordo com os valores do critério de informação de Akaike (AIC). Dezesete (de 48) modelos com valores de ΔAIC menores que 2 são apresentados. Pesos de evidência em apoio a um modelo específico dados os dados (PM) também são listados.

Substrato energético / Tecido	Modelos	AIC	ΔAIC	PM
Proteína hepática	PRFlog ~ Local + Sazonalidade + Sexo + (1 Ano)	1,4	0	0,39
	PRFlog ~ Local + Sazonalidade + (1 Ano)	1,5	0,1	0,37
	PRFlog ~ Local * Sazonalidade * Sexo + (1 Ano)	2,3	0,9	0,25
Proteína muscular	PRMlog ~ Local * Sazonalidade * Sexo + (1 Ano)	-109,6	0	1,00
Proteína gonadal	PRGlog ~ Local * Sazonalidade * Sexo + (1 Ano)	42,8	0	1,00
Lipídeo hepático	LIFlog ~ Local + Sazonalidade + (1 Ano)	44,5	0	0,57
	LIFlog ~ Local + Sazonalidade + Sexo + (1 Ano)	45,1	0,6	0,43
	LIMlog ~ Local * Sazonalidade + Sexo + (1 Ano)	-22,7	0	0,11
Lipídeo muscular	LIMlog ~ Local * Sazonalidade + (1 Ano)	-24,5	-1,8	0,26
	LIMlog ~ Local + Sazonalidade * Sexo + (1 Ano)	-24,6	-0,1	0,11
	LIMlog ~ Local + Sazonalidade + Sexo + (1 Ano)	-26,2	-1,6	0,24
	LIMlog ~ Local + Sazonalidade + (1 Ano)	-28,1	-1,9	0,28
Lipídeo gonadal	LIGlog ~ Local + Sazonalidade * Sexo + (1 Ano)	157,4	0	1,00
Glicogênio hepático	GLFraiz ~ Local + Sazonalidade + (1 Ano)	366,1	0	0,69
	GLFraiz ~ Local + Sazonalidade + Sexo + (1 Ano)	367,7	1,6	0,31
Glicogênio muscular	GLMraiz ~ Local + Sexo + (1 Ano)	362,5	0	0,69
	GLMraiz ~ Local + Sazonalidade + Sexo + (1 Ano)	364,1	1,6	0,31

Tabela S2. Lista de modelos para *Plagioscion squamosissimus* com melhor ajuste aos dados são apresentados classificados de acordo com os valores do critério de informação de Akaike (AIC). Dezesete (de 48) modelos com valores de ΔAIC menores que 2 são apresentados. Pesos de evidência em apoio a um modelo específico dados os dados (PM) também são listados.

Substrato energético / Tecido	Modelos	AIC	ΔAIC	PM
Proteína hepática	PRFlog ~ Local+Sazonalidade + (1 Ano)	33,6	0	0,54
	PRFlog ~ Local + Sazonalidade + Sexo + (1 Ano)	33,9	0,3	0,46
Proteína muscular	PRMlog ~ Local*Sazonalidade*Sexo + (1 Ano)	145,6	0	1,00
	PRGlog ~ Local+Sazonalidade + (1 Ano)	7,3	0	0,36
Proteína gonadal	PRGlog ~ Local+Sazonalidade*Sexo + (1 Ano)	7,4	0,1	0,34
	PRGlog ~ Local + Sazonalidade + Sexo + (1 Ano)	7,7	0,4	0,30
Lipídeo hepático	LIFlog ~ Local+Sazonalidade + (1 Ano)	33,9	0	0,72
	LIFlog ~ Local + Sazonalidade + Sexo + (1 Ano)	35,8	1,9	0,28
Lipídeo muscular	LIMlog ~ Local+Sazonalidade + (1 Ano)	66,8	0	0,37
	LIMlog ~ Local+Sazonalidade + sexo + (1 Ano)	67,6	0,8	0,25
Lipídeo gonadal	LIGlog ~ Local+Sazonalidade + (1 Ano)	289	0	0,49
	LIGlog ~ Local+Sazonalidade*Sexo + (1 Ano)	290,1	1,1	0,28
	LIGlog ~ Local + Sazonalidade + Sexo + (1 Ano)	290,6	1,6	0,22
	GLFraiz ~ Local+Sazonalidade + (1 Ano)	529,3	0	0,44
	GLFraiz ~ Local*Sazonalidade + (1 Ano)	529,6	0,3	0,38
Glicogênio hepático	GLFraiz ~ Local + Sazonalidade + Sexo + (1 Ano)	531,2	1,9	0,17
	GLMlog ~ Local+Sazonalidade + (1 Ano)	182	0	0,73
Glicogênio muscular	GLMlog ~ Local + Sazonalidade + Sexo + (1 Ano)	184	2	0,27

Tabela S3. Comparações pareadas (pós-teste de Dunn) das razões de isótopos estáveis de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) dos recursos alimentares amostrados no grupo CT (locais sem pisciculturas) nos períodos sazonais chuvoso e seco, no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná, São Paulo, Brasil. Valores em negrito correspondem aos pares de recursos alimentares que apresentaram diferenças significativas e não puderam ser agrupados. MOPG: matéria orgânica particulada grossa; MOPF: matéria orgânica particulada fina.

Verão					Inverno				
Recursos alimentares	χ^2	Z	P	P ajustado	Recursos alimentares	χ^2	Z	P	P ajustado
Alga - Bivalvia	30,80	0,12	0,45	1,00	Alga - Bivalvia	30,80	0,12	0,45	1,00
Alga - Decapoda	30,80	1,21	0,11	1,00	Alga - Decapoda	30,80	1,21	0,11	1,00
Bivalvia - Decapoda	30,80	1,10	0,14	1,00	Bivalvia - Decapoda	30,80	1,10	0,14	1,00
Alga - MOPG	30,80	2,09	0,02	1,00	Alga - MOPG	30,80	2,09	0,02	1,00
Bivalvia - MOPG	30,80	2,00	0,02	1,00	Bivalvia - MOPG	30,80	2,00	0,02	1,00
Decapoda - MOPG	30,80	1,06	0,14	1,00	Decapoda - MOPG	30,80	1,06	0,14	1,00
Alga - Crustáceo	30,80	1,18	0,12	1,00	Alga - Crustáceo	30,80	1,18	0,12	1,00
Bivalvia - Crustáceo	30,80	1,10	0,14	1,00	Bivalvia - Crustáceo	30,80	1,10	0,14	1,00
Decapoda - Crustáceo	30,80	0,21	0,42	1,00	Decapoda - Crustáceo	30,80	0,21	0,42	1,00
MOPG - Crustáceo	30,80	-0,74	0,23	1,00	MOPG - Crustáceo	30,80	-0,74	0,23	1,00
Alga - MOPF	30,80	0,84	0,20	1,00	Alga - MOPF	30,80	0,84	0,20	1,00
Bivalvia - MOPF	30,80	0,70	0,24	1,00	Bivalvia - MOPF	30,80	0,70	0,24	1,00
Decapoda - MOPF	30,80	-0,62	0,27	1,00	Decapoda - MOPF	30,80	-0,62	0,27	1,00
MOPG - MOPF	30,80	-1,68	0,05	1,00	MOPG - MOPF	30,80	-1,68	0,05	1,00
Crustáceo - MOPF	30,80	-0,71	0,24	1,00	Crustáceo - MOPF	30,80	-0,71	0,24	1,00
Alga - Gastropoda	30,80	-0,43	0,33	1,00	Alga - Gastropoda	30,80	-0,43	0,33	1,00
Bivalvia - Gastropoda	30,80	-0,56	0,29	1,00	Bivalvia - Gastropoda	30,80	-0,56	0,29	1,00
Decapoda - Gastropoda	30,80	-1,66	0,05	1,00	Decapoda - Gastropoda	30,80	-1,66	0,05	1,00
MOPG - Gastropoda	30,80	-2,45	0,01	0,65	MOPG - Gastropoda	30,80	-2,45	0,01	0,65
Crustáceo - Gastropoda	30,80	-1,52	0,06	1,00	Crustáceo - Gastropoda	30,80	-1,52	0,06	1,00
MOPF - Gastropoda	30,80	-1,43	0,08	1,00	MOPF - Gastropoda	30,80	-1,43	0,08	1,00
Alga - Inseto aquático	30,80	1,25	0,11	1,00	Alga - Inseto aquático	30,80	1,25	0,11	1,00

Bivalvia - Inseto aquático	30,80	1,13	0,13	1,00
Decapoda - Inseto aquático	30,80	-0,10	0,46	1,00
MOPG - Inseto aquático	30,80	-1,20	0,11	1,00
Crustáceo - Inseto aquático	30,80	-0,30	0,38	1,00
MOPF - Inseto aquático	30,80	0,60	0,28	1,00
Gastropoda - Inseto aquático	30,80	1,76	0,04	1,00
Alga - Inseto terrestre	30,80	0,76	0,22	1,00
Bivalvia - Inseto terrestre	30,80	0,63	0,26	1,00
Decapoda - Inseto terrestre	30,80	-0,60	0,27	1,00
MOPG - Inseto terrestre	30,80	-1,63	0,05	1,00
Crustáceo - Inseto terrestre	30,80	-0,70	0,24	1,00
MOPF - Inseto terrestre	30,80	-0,02	0,49	1,00
Gastropoda - Inseto terrestre	30,80	1,29	0,10	1,00
Inseto aquático - Inseto terrestre	30,80	-0,57	0,28	1,00
Alga - Macrófita C3	30,80	1,62	0,05	1,00
Bivalvia - Macrófita C3	30,80	1,49	0,07	1,00
Decapoda - Macrófita C3	30,80	0,15	0,44	1,00
MOPG - Macrófita C3	30,80	-1,05	0,15	1,00
Crustáceo - Macrófita C3	30,80	-0,12	0,45	1,00
MOPF - Macrófita C3	30,80	0,99	0,16	1,00
Gastropoda - Macrófita C3	30,80	2,21	0,01	1,00
Inseto aquático - Macrófita C3	30,80	0,28	0,39	1,00
Inseto terrestre - Macrófita C3	30,80	0,92	0,18	1,00
Alga - Perifíton	30,80	-0,49	0,31	1,00
Bivalvia - Perifíton	30,80	-0,58	0,28	1,00
Decapoda - Perifíton	30,80	-1,37	0,09	1,00
MOPG - Perifíton	30,80	-2,11	0,02	1,00
Crustáceo - Perifíton	30,80	-1,37	0,09	1,00
MOPF - Perifíton	30,80	-1,08	0,14	1,00

Bivalvia - Inseto aquático	30,80	1,13	0,13	1,00
Decapoda - Inseto aquático	30,80	-0,10	0,46	1,00
MOPG - Inseto aquático	30,80	-1,20	0,11	1,00
Crustáceo - Inseto aquático	30,80	-0,30	0,38	1,00
MOPF - Inseto aquático	30,80	0,60	0,28	1,00
Gastropoda - Inseto aquático	30,80	1,76	0,04	1,00
Alga - Inseto terrestre	30,80	0,76	0,22	1,00
Bivalvia - Inseto terrestre	30,80	0,63	0,26	1,00
Decapoda - Inseto terrestre	30,80	-0,60	0,27	1,00
MOPG - Inseto terrestre	30,80	-1,63	0,05	1,00
Crustáceo - Inseto terrestre	30,80	-0,70	0,24	1,00
MOPF - Inseto terrestre	30,80	-0,02	0,49	1,00
Gastropoda - Inseto terrestre	30,80	1,29	0,10	1,00
Inseto aquático - Inseto terrestre	30,80	-0,57	0,28	1,00
Alga - Macrófita C3	30,80	1,62	0,05	1,00
Bivalvia - Macrófita C3	30,80	1,49	0,07	1,00
Decapoda - Macrófita C3	30,80	0,15	0,44	1,00
MOPG - Macrófita C3	30,80	-1,05	0,15	1,00
Crustáceo - Macrófita C3	30,80	-0,12	0,45	1,00
MOPF - Macrófita C3	30,80	0,99	0,16	1,00
Gastropoda - Macrófita C3	30,80	2,21	0,01	1,00
Inseto aquático - Macrófita C3	30,80	0,28	0,39	1,00
Inseto terrestre - Macrófita C3	30,80	0,92	0,18	1,00
Alga - Perifíton	30,80	-0,49	0,31	1,00
Bivalvia - Perifíton	30,80	-0,58	0,28	1,00
Decapoda - Perifíton	30,80	-1,37	0,09	1,00
MOPG - Perifíton	30,80	-2,11	0,02	1,00
Crustáceo - Perifíton	30,80	-1,37	0,09	1,00
MOPF - Perifíton	30,80	-1,08	0,14	1,00

Gastropoda - Perifíton	30,80	-0,22	0,41	1,00
Inseto aquático - Perifíton	30,80	-1,38	0,08	1,00
Inseto terrestre - Perifíton	30,80	-1,03	0,15	1,00
Macrófita C3 - Perifíton	30,80	-1,62	0,05	1,00
Alga - MOPF	30,80	2,93	0,00	0,15
Bivalvia - MOPF	30,80	2,79	0,00	0,24
Decapoda - MOPF	30,80	1,19	0,12	1,00
MOPG - MOPF	30,80	-0,31	0,38	1,00
Crustáceo - MOPF	30,80	0,66	0,26	1,00
MOPF - MOPF	30,80	2,56	0,01	0,48
Gastropoda - MOPF	30,80	3,72	0,00	0,01
Inseto aquático - MOPF	30,80	1,49	0,07	1,00
Inseto terrestre - MOPF	30,80	2,31	0,01	0,95
Macrófita C3 - MOPF	30,80	1,30	0,10	1,00
Perifíton - MOPF	30,80	2,45	0,01	0,65
Alga - Sedimento	30,80	-0,11	0,45	1,00
Bivalvia - Sedimento	30,80	-0,24	0,40	1,00
Decapoda - Sedimento	30,80	-1,38	0,08	1,00
MOPG - Sedimento	30,80	-2,23	0,01	1,00
Crustáceo - Sedimento	30,80	-1,30	0,10	1,00
MOPF - Sedimento	30,80	-1,06	0,15	1,00
Gastropoda - Sedimento	30,80	0,34	0,37	1,00
Inseto aquático - Sedimento	30,80	-1,45	0,07	1,00
Inseto terrestre - Sedimento	30,80	-0,95	0,17	1,00
Macrófita C3 - Sedimento	30,80	-1,87	0,03	1,00
Perifíton - Sedimento	30,80	0,43	0,33	1,00
MOPF - Sedimento	30,80	-3,35	0,00	0,04
Alga - Vegetal terrestre	30,80	2,20	0,01	1,00
Bivalvia - Vegetal terrestre	30,80	2,07	0,02	1,00

Gastropoda - Perifíton	30,80	-0,22	0,41	1,00
Inseto aquático - Perifíton	30,80	-1,38	0,08	1,00
Inseto terrestre - Perifíton	30,80	-1,03	0,15	1,00
Macrófita C3 - Perifíton	30,80	-1,62	0,05	1,00
Alga - MOPF	30,80	2,93	0,00	0,15
Bivalvia - MOPF	30,80	2,79	0,00	0,24
Decapoda - MOPF	30,80	1,19	0,12	1,00
MOPG - MOPF	30,80	-0,31	0,38	1,00
Crustáceo - MOPF	30,80	0,66	0,26	1,00
MOPF - MOPF	30,80	2,56	0,01	0,48
Gastropoda - MOPF	30,80	3,72	0,00	0,01
Inseto aquático - MOPF	30,80	1,49	0,07	1,00
Inseto terrestre - MOPF	30,80	2,31	0,01	0,95
Macrófita C3 - MOPF	30,80	1,30	0,10	1,00
Perifíton - MOPF	30,80	2,45	0,01	0,65
Alga - Sedimento	30,80	-0,11	0,45	1,00
Bivalvia - Sedimento	30,80	-0,24	0,40	1,00
Decapoda - Sedimento	30,80	-1,38	0,08	1,00
MOPG - Sedimento	30,80	-2,23	0,01	1,00
Crustáceo - Sedimento	30,80	-1,30	0,10	1,00
MOPF - Sedimento	30,80	-1,06	0,15	1,00
Gastropoda - Sedimento	30,80	0,34	0,37	1,00
Inseto aquático - Sedimento	30,80	-1,45	0,07	1,00
Inseto terrestre - Sedimento	30,80	-0,95	0,17	1,00
Macrófita C3 - Sedimento	30,80	-1,87	0,03	1,00
Perifíton - Sedimento	30,80	0,43	0,33	1,00
MOPF - Sedimento	30,80	-3,35	0,00	0,04
Alga - Vegetal terrestre	30,80	2,20	0,01	1,00
Bivalvia - Vegetal terrestre	30,80	2,07	0,02	1,00

Decapoda - Vegetal terrestre	30,80	0,67	0,25	1,00	Decapoda - Vegetal terrestre	30,80	0,67	0,25	1,00
MOPG - Vegetal terrestre	30,80	-0,65	0,26	1,00	MOPG - Vegetal terrestre	30,80	-0,65	0,26	1,00
Crustáceo - Vegetal terrestre	30,80	0,28	0,39	1,00	Crustáceo - Vegetal terrestre	30,80	0,28	0,39	1,00
MOPF - Vegetal terrestre	30,80	1,68	0,05	1,00	MOPF - Vegetal terrestre	30,80	1,68	0,05	1,00
Gastropoda - Vegetal terrestre	30,80	2,84	0,00	0,20	Gastropoda - Vegetal terrestre	30,80	2,84	0,00	0,20
Inseto aquático - Vegetal terrestre	30,80	0,87	0,19	1,00	Inseto aquático - Vegetal terrestre	30,80	0,87	0,19	1,00
Inseto terrestre - Vegetal terrestre	30,80	1,55	0,06	1,00	Inseto terrestre - Vegetal terrestre	30,80	1,55	0,06	1,00
Macrófita C3 - Vegetal terrestre	30,80	0,63	0,26	1,00	Macrófita C3 - Vegetal terrestre	30,80	0,63	0,26	1,00
Perifíton - Vegetal terrestre	30,80	2,02	0,02	1,00	Perifíton - Vegetal terrestre	30,80	2,02	0,02	1,00
MOPF - Vegetal terrestre	30,80	-0,61	0,27	1,00	MOPF - Vegetal terrestre	30,80	-0,61	0,27	1,00
Sedimento - Vegetal terrestre	30,80	2,50	0,01	0,56	Sedimento - Vegetal terrestre	30,80	2,50	0,01	0,56

Tabela S4. Comparações pareadas (pós-teste de Tukey) das razões de isótopos estáveis de nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$) dos recursos alimentares amostrados no grupo CT (locais sem pisciculturas) nos períodos sazonais chuvoso e seco, no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná, São Paulo, Brasil. Valores em negrito correspondem aos pares de recursos alimentares que apresentaram diferenças significativas e não puderam ser agrupados. diff: diferença entre as médias dos grupos; lwr: limite inferior do intervalo de confiança da diferença entre as médias; upr: limite superior do intervalo de confiança da diferença entre as médias; MOPG: matéria orgânica particulada grossa; MOPF: matéria orgânica particulada fina.

Verão					Inverno				
Recursos alimentares	diff	lwr	upr	p ajustado	Recursos alimentares	diff	lwr	upr	p ajustado
Fezes bovinas-Vegetal terrestre	0,28	-9,53	10,09	1,00	Vegetal terrestre-MOPG	3,11	-6,46	12,68	0,99
Inseto terrestre-Vegetal terrestre	0,82	-5,89	7,52	1,00	Sedimento-MOPG	4,81	-4,76	14,37	0,85
Sedimento-Vegetal terrestre	3,31	-2,89	9,52	0,87	Perifíton-MOPG	5,49	-6,61	17,59	0,92
MOPG-Vegetal terrestre	3,86	-2,35	10,06	0,69	Inseto terrestre-MOPG	5,53	-4,04	15,10	0,70
Inseto aquático-Vegetal terrestre	4,18	-3,42	11,78	0,85	MOPF-MOPG	6,55	-2,70	15,79	0,40
Alga-Vegetal terrestre	4,58	-3,02	12,18	0,74	Alga-MOPG	7,42	-2,46	17,31	0,31
MOPF-Vegetal terrestre	4,98	-0,91	10,87	0,19	Macrófita C3-MOPG	7,66	-1,91	17,23	0,23
Perifíton-Vegetal terrestre	5,20	-1,50	11,90	0,31	MOPF-MOPG	8,09	-1,15	17,34	0,14
Macrófita C4-Vegetal terrestre	5,50	-2,10	13,10	0,43	Bivalvia-MOPG	8,89	-0,99	18,77	0,11

Macrófita C3-Vegetal terrestre	5,55	0,36	10,74	0,03
MOPF-Vegetal terrestre	5,64	-0,03	11,30	0,05
Gastropoda-Vegetal terrestre	6,23	-3,58	16,04	0,66
Decapoda-Vegetal terrestre	7,72	1,83	13,60	0,00
Bivalvia-Vegetal terrestre	8,10	1,89	14,30	0,00
Astyanax sp.-Vegetal terrestre	8,38	0,78	15,98	0,02
<i>Phalloceros</i> sp.-Vegetal terrestre	8,81	-1,00	18,62	0,13
Geophagus sp.-Vegetal terrestre	9,18	1,58	16,78	0,01
Inseto terrestre-Fezes bovinas	0,53	-9,60	10,67	1,00
Sedimento-Fezes bovinas	3,03	-6,78	12,84	1,00
MOPG-Fezes bovinas	3,58	-6,24	13,39	1,00
Inseto aquático-Fezes bovinas	3,90	-6,85	14,64	1,00
Alga-Fezes bovinas	4,30	-6,45	15,05	0,99
MOPF-Fezes bovinas	4,70	-4,91	14,31	0,94
Perifíton-Fezes bovinas	4,92	-5,21	15,05	0,94
Macrófita C4-Fezes bovinas	5,22	-5,53	15,96	0,94
Macrófita C3-Fezes bovinas	5,27	-3,94	14,47	0,80
MOPF-Fezes bovinas	5,36	-4,12	14,83	0,82
Gastropoda-Fezes bovinas	5,95	-6,46	18,36	0,94
Decapoda-Fezes bovinas	7,44	-2,18	17,05	0,32
Bivalvia-Fezes bovinas	7,82	-2,00	17,63	0,27
<i>Astyanax</i> sp.-Fezes bovinas	8,10	-2,65	18,85	0,36
<i>Phalloceros</i> sp.-Fezes bovinas	8,53	-3,88	20,94	0,52
<i>Geophagus</i> sp.-Fezes bovinas	8,90	-1,85	19,65	0,22
Sedimento-Inseto terrestre	2,50	-4,21	9,20	1,00
MOPG-Inseto terrestre	3,04	-3,66	9,74	0,97
Inseto aquático-Inseto terrestre	3,36	-4,65	11,37	0,98
Alga-Inseto terrestre	3,77	-4,24	11,78	0,95
MOPF-Inseto terrestre	4,16	-2,24	10,57	0,62
Perifíton-Inseto terrestre	4,39	-2,78	11,55	0,71

Gastropoda-MOPG	10,70	1,13	20,27	0,02
Inseto aquático-MOPG	11,69	1,81	21,58	0,01
Crustáceo-MOPG	12,76	0,66	24,86	0,03
Decapoda-MOPG	13,91	3,43	24,39	0,00
Sedimento-Vegetal terrestre	1,70	-4,36	7,75	1,00
Perifíton-Vegetal terrestre	2,38	-7,19	11,95	1,00
Inseto terrestre-Vegetal terrestre	2,42	-3,63	8,47	0,97
MOPF-Vegetal terrestre	3,44	-2,09	8,96	0,60
Alga-Vegetal terrestre	4,31	-2,22	10,85	0,51
Macrófita C3-Vegetal terrestre	4,55	-1,50	10,60	0,31
MOPF-Vegetal terrestre	4,98	-0,54	10,51	0,11
Bivalvia-Vegetal terrestre	5,78	-0,76	12,32	0,13
Gastropoda-Vegetal terrestre	7,59	1,54	13,64	0,00
Inseto aquático-Vegetal terrestre	8,58	2,05	15,12	0,00
Crustáceo-Vegetal terrestre	9,65	0,08	19,22	0,05
Decapoda-Vegetal terrestre	10,80	3,39	18,21	0,00
Perifíton-Sedimento	0,68	-8,88	10,25	1,00
Inseto terrestre-Sedimento	0,72	-5,33	6,78	1,00
MOPF-Sedimento	1,74	-3,78	7,27	1,00
Alga-Sedimento	2,62	-3,92	9,16	0,97
Macrófita C3-Sedimento	2,85	-3,20	8,90	0,90
MOPF-Sedimento	3,29	-2,24	8,81	0,66
Bivalvia-Sedimento	4,09	-2,45	10,62	0,59
Gastropoda-Sedimento	5,89	-0,16	11,94	0,06
Inseto aquático-Sedimento	6,89	0,35	13,43	0,03
Crustáceo-Sedimento	7,96	-1,61	17,52	0,19
Decapoda-Sedimento	9,11	1,69	16,52	0,01
Inseto terrestre-Perifíton	0,04	-9,53	9,61	1,00
MOPF-Perifíton	1,06	-8,19	10,30	1,00
Alga-Perifíton	1,93	-7,95	11,82	1,00

Macrófita C4-Inseto terrestre	4,68	-3,33	12,69	0,78
Macrófita C3-Inseto terrestre	4,73	-1,04	10,51	0,23
MOPF-Inseto terrestre	4,82	-1,38	11,03	0,31
Gastropoda-Inseto terrestre	5,42	-4,72	15,55	0,87
Decapoda-Inseto terrestre	6,90	0,49	13,31	0,02
Bivalvia-Inseto terrestre	7,28	0,58	13,98	0,02
<i>Astyanax</i> sp.-Inseto terrestre	7,57	-0,44	15,58	0,08
<i>Phalloceros</i> sp.-Inseto terrestre	8,00	-2,14	18,13	0,29
Geophagus sp.-Inseto terrestre	8,37	0,36	16,38	0,03
MOPG-Sedimento	0,55	-5,66	6,75	1,00
Inseto aquático-Sedimento	0,86	-6,73	8,46	1,00
Alga-Sedimento	1,27	-6,33	8,87	1,00
MOPF-Sedimento	1,67	-4,22	7,55	1,00
Perifíton-Sedimento	1,89	-4,81	8,59	1,00
Macrófita C4-Sedimento	2,19	-5,41	9,78	1,00
Macrófita C3-Sedimento	2,24	-2,95	7,43	0,98
MOPF-Sedimento	2,33	-3,34	7,99	0,99
Gastropoda-Sedimento	2,92	-6,89	12,73	1,00
Decapoda-Sedimento	4,41	-1,48	10,29	0,37
Bivalvia-Sedimento	4,79	-1,42	10,99	0,32
<i>Astyanax</i> sp.-Sedimento	5,07	-2,53	12,67	0,57
<i>Phalloceros</i> sp.-Sedimento	5,50	-4,31	15,31	0,83
Geophagus sp.-Sedimento	7,05	0,35	13,75	0,03
Inseto aquático-MOPG	0,32	-7,28	7,92	1,00
Alga-MOPG	0,73	-6,87	8,32	1,00
MOPF-MOPG	1,12	-4,76	7,01	1,00
Perifíton-MOPG	1,35	-5,36	8,05	1,00
Macrófita C4-MOPG	1,64	-5,96	9,24	1,00
Macrófita C3-MOPG	1,69	-3,50	6,88	1,00
MOPF-MOPG	1,78	-3,88	7,45	1,00

Macrófita C3-Perifíton	2,17	-7,40	11,74	1,00
MOPF-Perifíton	2,60	-6,64	11,85	1,00
Bivalvia-Perifíton	3,40	-6,48	13,28	0,99
Gastropoda-Perifíton	5,21	-4,36	14,78	0,77
Inseto aquático-Perifíton	6,20	-3,68	16,09	0,58
Crustáceo-Perifíton	7,27	-4,83	19,37	0,65
Decapoda-Perifíton	8,42	-2,06	18,90	0,23
MOPF-Inseto terrestre	1,02	-4,51	6,54	1,00
Alga-Inseto terrestre	1,89	-4,64	8,43	1,00
Macrófita C3-Inseto terrestre	2,13	-3,92	8,18	0,99
MOPF-Inseto terrestre	2,56	-2,96	8,09	0,91
Bivalvia-Inseto terrestre	3,36	-3,18	9,90	0,83
Gastropoda-Inseto terrestre	5,17	-0,88	11,22	0,16
Inseto aquático-Inseto terrestre	6,16	-0,37	12,70	0,08
Crustáceo-Inseto terrestre	7,23	-2,34	16,80	0,31
Decapoda-Inseto terrestre	8,38	0,97	15,79	0,02
Alga-MOPF	0,87	-5,18	6,93	1,00
Macrófita C3-MOPF	1,11	-4,42	6,63	1,00
MOPF-MOPF	1,54	-3,40	6,48	1,00
Bivalvia-MOPF	2,34	-3,71	8,39	0,97
Gastropoda-MOPF	4,15	-1,38	9,67	0,31
Inseto aquático-MOPF	5,14	-0,91	11,20	0,16
Crustáceo-MOPF	6,21	-3,03	15,46	0,48
Decapoda-MOPF	7,36	0,37	14,35	0,03
Macrófita C3-Alga	0,23	-6,30	6,77	1,00
MOPF-Alga	0,67	-5,38	6,72	1,00
Bivalvia-Alga	1,47	-5,52	8,45	1,00
Gastropoda-Alga	3,27	-3,26	9,81	0,85
Inseto aquático-Alga	4,27	-2,72	11,26	0,62
Crustáceo-Alga	5,34	-4,55	15,22	0,78

Gastropoda-MOPG	2,37	-7,44	12,19	1,00
Decapoda-MOPG	3,86	-2,03	9,75	0,60
Bivalvia-MOPG	4,24	-1,96	10,44	0,53
<i>Astyanax</i> sp.-MOPG	4,53	-3,07	12,12	0,75
<i>Phalloceros</i> sp.-MOPG	4,96	-4,86	14,77	0,92
<i>Geophagus</i> sp.-MOPG	5,32	-2,27	12,92	0,49
Alga-Inseto aquático	0,41	-8,37	9,18	1,00
MOPF-Inseto aquático	0,80	-6,54	8,14	1,00
Perifíton-Inseto aquático	1,03	-6,99	9,04	1,00
Macrófita C4-Inseto aquático	1,32	-7,45	10,09	1,00
Macrófita C3-Inseto aquático	1,37	-5,43	8,17	1,00
MOPF-Inseto aquático	1,46	-5,70	8,63	1,00
Gastropoda-Inseto aquático	2,06	-8,69	12,80	1,00
Decapoda-Inseto aquático	3,54	-3,80	10,88	0,94
Bivalvia-Inseto aquático	3,92	-3,68	11,52	0,90
<i>Astyanax</i> sp.-Inseto aquático	4,21	-4,57	12,98	0,94
<i>Phalloceros</i> sp.-Inseto aquático	4,64	-6,11	15,38	0,98
<i>Geophagus</i> sp.-Inseto aquático	5,01	-3,77	13,78	0,81
MOPF-Alga	0,40	-6,94	7,74	1,00
Perifíton-Alga	0,62	-7,39	8,63	1,00
Macrófita C4-Alga	0,91	-7,86	9,69	1,00
Macrófita C3-Alga	0,97	-5,83	7,76	1,00
MOPF-Alga	1,06	-6,11	8,22	1,00
Gastropoda-Alga	1,65	-9,10	12,40	1,00
Decapoda-Alga	3,14	-4,21	10,48	0,98
Bivalvia-Alga	3,52	-4,08	11,11	0,96
<i>Astyanax</i> sp.-Alga	3,80	-4,97	12,57	0,98
<i>Phalloceros</i> sp.-Alga	4,23	-6,52	14,98	0,99
<i>Geophagus</i> sp.-Alga	4,60	-4,17	13,37	0,89
Perifíton-MOPF	0,22	-6,19	6,63	1,00

Decapoda-Alga	6,49	-1,33	14,30	0,19
MOPF-Macrófita C3	0,43	-5,09	5,96	1,00
Bivalvia-Macrófita C3	1,23	-5,30	7,77	1,00
Gastropoda-Macrófita C3	3,04	-3,01	9,09	0,85
Inseto aquático-Macrófita C3	4,04	-2,50	10,57	0,61
Crustáceo-Macrófita C3	5,10	-4,47	14,67	0,80
Decapoda-Macrófita C3	6,25	-1,16	13,66	0,17
Bivalvia-MOPF	0,80	-5,25	6,85	1,00
Gastropoda-MOPF	2,61	-2,92	8,13	0,90
Inseto aquático-MOPF	3,60	-2,45	9,65	0,66
Crustáceo-MOPF	4,67	-4,58	13,91	0,85
Decapoda-MOPF	5,82	-1,17	12,81	0,18
Gastropoda-Bivalvia	1,81	-4,73	8,34	1,00
Inseto aquático-Bivalvia	2,80	-4,18	9,79	0,97
Crustáceo-Bivalvia	3,87	-6,01	13,75	0,97
Decapoda-Bivalvia	5,02	-2,79	12,83	0,55
Inseto aquático-Gastropoda	1,00	-5,54	7,53	1,00
Crustáceo-Gastropoda	2,06	-7,51	11,63	1,00
Decapoda-Gastropoda	3,21	-4,20	10,62	0,94
Crustáceo-Inseto aquático	1,07	-8,82	10,95	1,00
Decapoda-Inseto aquático	2,22	-5,60	10,03	1,00
Decapoda-Crustáceo	1,15	-9,33	11,63	1,00

Macrófita C4-MOPF	0,52	-6,82	7,86	1,00
Macrófita C3-MOPF	0,57	-4,24	5,38	1,00
MOPF-MOPF	0,66	-4,65	5,97	1,00
Gastropoda-MOPF	1,25	-8,36	10,86	1,00
Decapoda-MOPF	2,74	-2,81	8,29	0,93
Bivalvia-MOPF	3,12	-2,77	9,00	0,88
<i>Astyanax</i> sp.-MOPF	3,40	-3,94	10,74	0,96
<i>Phalloceros</i> sp.-MOPF	3,83	-5,78	13,44	0,99
<i>Geophagus</i> sp.-MOPF	4,20	-3,14	11,54	0,80
Macrófita C4-Perifiton	0,29	-7,72	8,31	1,00
Macrófita C3-Perifiton	0,35	-5,43	6,12	1,00
MOPF-Perifiton	0,44	-5,77	6,64	1,00
Gastropoda-Perifiton	1,03	-9,10	11,16	1,00
Decapoda-Perifiton	2,52	-3,89	8,92	0,99
Bivalvia-Perifiton	2,90	-3,81	9,60	0,98
<i>Astyanax</i> sp.-Perifiton	3,18	-4,83	11,19	0,99
<i>Phalloceros</i> sp.-Perifiton	3,61	-6,52	13,74	1,00
<i>Geophagus</i> sp.-Perifiton	3,98	-4,03	11,99	0,93
Macrófita C3-Macrófita C4	0,05	-6,75	6,85	1,00
MOPF-Macrófita C4	0,14	-7,02	7,31	1,00
Gastropoda-Macrófita C4	0,73	-10,01	11,48	1,00
Decapoda-Macrófita C4	2,22	-5,12	9,56	1,00
Bivalvia-Macrófita C4	2,60	-5,00	10,20	1,00
<i>Astyanax</i> sp.-Macrófita C4	2,89	-5,89	11,66	1,00
<i>Phalloceros</i> sp.-Macrófita C4	3,32	-7,43	14,06	1,00
<i>Geophagus</i> sp.-Macrófita C4	3,69	-5,09	12,46	0,98
MOPF-Macrófita C3	0,09	-4,44	4,62	1,00
Gastropoda-Macrófita C3	0,68	-8,52	9,89	1,00
Decapoda-Macrófita C3	2,17	-2,64	6,98	0,97
Bivalvia-Macrófita C3	2,55	-2,64	7,74	0,93

<i>Astyanax</i> sp.-Macrófita C3	2,83	-3,96	9,63	0,98
<i>Phalloceros</i> sp.-Macrófita C3	3,26	-5,94	12,47	1,00
<i>Geophagus</i> sp.-Macrófita C3	3,63	-3,16	10,43	0,87
Gastropoda-MOPF	0,59	-8,88	10,07	1,00
Decapoda-MOPF	2,08	-3,23	7,39	0,99
Bivalvia-MOPF	2,46	-3,21	8,12	0,98
<i>Astyanax</i> sp.-MOPF	2,74	-4,42	9,91	0,99
<i>Phalloceros</i> sp.-MOPF	3,17	-6,30	12,65	1,00
<i>Geophagus</i> sp.-MOPF	3,54	-3,62	10,71	0,93
Decapoda-Gastropoda	1,49	-8,13	11,10	1,00
Bivalvia-Gastropoda	1,87	-7,95	11,68	1,00
<i>Astyanax</i> sp.-Gastropoda	2,15	-8,60	12,90	1,00
<i>Phalloceros</i> sp.-Gastropoda	2,58	-9,83	14,99	1,00
<i>Geophagus</i> sp.-Gastropoda	2,95	-7,80	13,70	1,00
Bivalvia-Decapoda	0,38	-5,51	6,27	1,00
<i>Astyanax</i> sp.-Decapoda	0,66	-6,68	8,01	1,00
<i>Phalloceros</i> sp.-Decapoda	1,09	-8,52	10,71	1,00
<i>Geophagus</i> sp.-Decapoda	1,46	-5,88	8,81	1,00
<i>Astyanax</i> sp.-Bivalvia	0,28	-7,31	7,88	1,00
<i>Phalloceros</i> sp.-Bivalvia	0,71	-9,10	10,53	1,00
<i>Geophagus</i> sp.-Bivalvia	1,09	-6,51	8,68	1,00
<i>Phalloceros</i> sp.- <i>Astyanax</i> sp.	0,43	-10,32	11,18	1,00
<i>Geophagus</i> sp.- <i>Astyanax</i> sp.	0,80	-7,97	9,57	1,00
<i>Geophagus</i> sp.- <i>Phalloceros</i> sp.	0,37	-10,38	11,12	1,00

Tabela S5. Comparações pareadas (pós-teste de Dunn) das razões de isótopos estáveis de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) dos recursos alimentares amostrados no grupo TR (locais com pisciculturas) nos períodos sazonais chuvoso e seco, no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná, São Paulo, Brasil. Valores em negrito correspondem aos pares de recursos alimentares que apresentaram diferenças significativas e não puderam ser agrupados. MOPG: matéria orgânica particulada grossa; MOPF: matéria orgânica particulada fina.

					Inverno				
Comparações	χ^2	Z	P	P ajustado	Comparações	χ^2	Z	P	P ajustado
Alga - Bivalvia	73,18	-0,22	0,41	1,00	Alga - Bivalvia	54,19	-0,56	0,29	1,00
Alga - Decapoda	73,18	-0,23	0,41	1,00	Alga - Decapoda	54,19	1,00	0,16	1,00
Bivalvia - Decapoda	73,18	-0,02	0,49	1,00	Bivalvia - Decapoda	54,19	1,68	0,05	1,00
Alga - <i>Plagioscion</i> sp.	73,18	0,79	0,21	1,00	Alga - MOPG	54,19	-0,66	0,25	1,00
Bivalvia - <i>Plagioscion</i> sp.	73,18	1,23	0,11	1,00	Bivalvia - MOPG	54,19	-0,32	0,37	1,00
Decapoda - <i>Plagioscion</i> sp.	73,18	1,21	0,11	1,00	Decapoda - MOPG	54,19	-1,37	0,09	1,00
Alga - MOPG	73,18	0,07	0,47	1,00	Alga - Crustáceo	54,19	1,10	0,13	1,00
Bivalvia - MOPG	73,18	0,39	0,35	1,00	Bivalvia - Crustáceo	54,19	1,69	0,05	1,00
Decapoda - MOPG	73,18	0,39	0,35	1,00	Decapoda - Crustáceo	54,19	0,21	0,42	1,00
<i>Plagioscion</i> sp. - MOPG	73,18	-0,84	0,20	1,00	MOPG - Crustáceo	54,19	1,45	0,07	1,00
Alga - Fezes de capivara	73,18	0,68	0,25	1,00	Alga - Fezes bovinas	54,19	0,24	0,40	1,00
Bivalvia - Fezes de capivara	73,18	0,96	0,17	1,00	Bivalvia - Fezes bovinas	54,19	0,63	0,27	1,00
Decapoda - Fezes de capivara	73,18	0,96	0,17	1,00	Decapoda - Fezes bovinas	54,19	-0,47	0,32	1,00
<i>Plagioscion</i> sp. - Fezes de capivara	73,18	0,04	0,48	1,00	MOPG - Fezes bovinas	54,19	0,74	0,23	1,00
MOPG - Fezes de capivara	73,18	0,69	0,24	1,00	Crustáceo - Fezes bovinas	54,19	-0,60	0,28	1,00
Alga - MOPF	73,18	0,66	0,25	1,00	Alga - MOPF	54,19	1,86	0,03	1,00
Bivalvia - MOPF	73,18	1,47	0,07	1,00	Bivalvia - MOPF	54,19	2,96	0,00	0,19
Decapoda - MOPF	73,18	1,39	0,08	1,00	Decapoda - MOPF	54,19	0,63	0,26	1,00
<i>Plagioscion</i> sp. - MOPF	73,18	-0,35	0,36	1,00	MOPG - MOPF	54,19	1,90	0,03	1,00
MOPG - MOPF	73,18	0,76	0,22	1,00	Crustáceo - MOPF	54,19	0,30	0,38	1,00
Fezes de capivara - MOPF	73,18	-0,30	0,38	1,00	Fezes bovinas - MOPF	54,19	0,91	0,18	1,00
Alga - Gastropoda	73,18	-0,99	0,16	1,00	Alga - Gastropoda	54,19	-0,28	0,39	1,00
Bivalvia - Gastropoda	73,18	-1,18	0,12	1,00	Bivalvia - Gastropoda	54,19	0,25	0,40	1,00

Decapoda - Gastropoda	73,18	-1,11	0,13	1,00	Decapoda - Gastropoda	54,19	-1,28	0,10	1,00
<i>Plagioscion</i> sp. - Gastropoda	73,18	-1,94	0,03	1,00	MOPG - Gastropoda	54,19	0,47	0,32	1,00
MOPG - Gastropoda	73,18	-1,33	0,09	1,00	Crustáceo - Gastropoda	54,19	-1,35	0,09	1,00
Fezes de capivara - Gastropoda	73,18	-1,52	0,06	1,00	Fezes bovinas - Gastropoda	54,19	-0,44	0,33	1,00
MOPF - Gastropoda	73,18	-2,42	0,01	1,00	MOPF - Gastropoda	54,19	-2,20	0,01	1,00
Alga - Inseto aquático	73,18	0,40	0,35	1,00	Alga - Inseto aquático	54,19	1,07	0,14	1,00
Bivalvia - Inseto aquático	73,18	0,73	0,23	1,00	Bivalvia - Inseto aquático	54,19	1,66	0,05	1,00
Decapoda - Inseto aquático	73,18	0,72	0,24	1,00	Decapoda - Inseto aquático	54,19	0,18	0,43	1,00
<i>Plagioscion</i> sp. - Inseto aquático	73,18	-0,40	0,35	1,00	MOPG - Inseto aquático	54,19	1,42	0,08	1,00
MOPG - Inseto aquático	73,18	0,38	0,35	1,00	Crustáceo - Inseto aquático	54,19	-0,03	0,49	1,00
Fezes de capivara - Inseto aquático	73,18	-0,36	0,36	1,00	Fezes bovinas - Inseto aquático	54,19	0,57	0,28	1,00
MOPF - Inseto aquático	73,18	-0,16	0,44	1,00	MOPF - Inseto aquático	54,19	-0,33	0,37	1,00
Gastropoda - Inseto aquático	73,18	1,47	0,07	1,00	Gastropoda - Inseto aquático	54,19	1,32	0,09	1,00
Alga - Inseto terrestre	73,18	0,32	0,38	1,00	Alga - Inseto terrestre	54,19	1,11	0,13	1,00
Bivalvia - Inseto terrestre	73,18	0,85	0,20	1,00	Bivalvia - Inseto terrestre	54,19	1,93	0,03	1,00
Decapoda - Inseto terrestre	73,18	0,82	0,21	1,00	Decapoda - Inseto terrestre	54,19	-0,01	0,50	1,00
<i>Plagioscion</i> sp. - Inseto terrestre	73,18	-0,67	0,25	1,00	MOPG - Inseto terrestre	54,19	1,44	0,08	1,00
MOPG - Inseto terrestre	73,18	0,31	0,38	1,00	Crustáceo - Inseto terrestre	54,19	-0,24	0,41	1,00
Fezes de capivara - Inseto terrestre	73,18	-0,55	0,29	1,00	Fezes bovinas - Inseto terrestre	54,19	0,49	0,31	1,00
MOPF - Inseto terrestre	73,18	-0,52	0,30	1,00	MOPF - Inseto terrestre	54,19	-0,77	0,22	1,00
Gastropoda - Inseto terrestre	73,18	1,86	0,03	1,00	Gastropoda - Inseto terrestre	54,19	1,42	0,08	1,00
Inseto aquático - Inseto terrestre	73,18	-0,17	0,43	1,00	Inseto aquático - Inseto terrestre	54,19	-0,21	0,42	1,00
Alga - <i>Astyanax</i> sp.	73,18	1,61	0,05	1,00	Alga - Macrófita C3	54,19	2,39	0,01	1,00
Bivalvia - <i>Astyanax</i> sp.	73,18	2,04	0,02	1,00	Bivalvia - Macrófita C3	54,19	3,47	0,00	0,03
Decapoda - <i>Astyanax</i> sp.	73,18	2,02	0,02	1,00	Decapoda - Macrófita C3	54,19	1,24	0,11	1,00
<i>Plagioscion</i> sp. - <i>Astyanax</i> sp.	73,18	0,97	0,17	1,00	MOPG - Macrófita C3	54,19	2,27	0,01	1,00
MOPG - <i>Astyanax</i> sp.	73,18	1,71	0,04	1,00	Crustáceo - Macrófita C3	54,19	0,84	0,20	1,00
Fezes de capivara - <i>Astyanax</i> sp.	73,18	0,81	0,21	1,00	Fezes bovinas - Macrófita C3	54,19	1,31	0,10	1,00
MOPF - <i>Astyanax</i> sp.	73,18	1,38	0,08	1,00	MOPF - Macrófita C3	54,19	0,86	0,19	1,00
Gastropoda - <i>Astyanax</i> sp.	73,18	2,56	0,01	1,00	Gastropoda - Macrófita C3	54,19	2,71	0,00	0,40

Inseto aquático - <i>Astyanax</i> sp.	73,18	1,29	0,10	1,00	Inseto aquático - Macrófita C3	54,19	0,87	0,19	1,00
Inseto terrestre - <i>Astyanax</i> sp.	73,18	1,61	0,05	1,00	Inseto terrestre - Macrófita C3	54,19	1,46	0,07	1,00
Alga - Macrófita C3	73,18	1,78	0,04	1,00	Alga - Perifíton	54,19	0,04	0,48	1,00
Bivalvia - Macrófita C3	73,18	3,33	0,00	0,11	Bivalvia - Perifíton	54,19	0,61	0,27	1,00
Decapoda - Macrófita C3	73,18	3,13	0,00	0,22	Decapoda - Perifíton	54,19	-0,96	0,17	1,00
<i>Plagioscion</i> sp. - Macrófita C3	73,18	0,77	0,22	1,00	MOPG - Perifíton	54,19	0,69	0,24	1,00
MOPG - Macrófita C3	73,18	2,21	0,01	1,00	Crustáceo - Perifíton	54,19	-1,07	0,14	1,00
Fezes de capivara - Macrófita C3	73,18	0,53	0,30	1,00	Fezes bovinas - Perifíton	54,19	-0,21	0,42	1,00
MOPF - Macrófita C3	73,18	1,86	0,03	1,00	MOPF - Perifíton	54,19	-1,81	0,04	1,00
Gastropoda - Macrófita C3	73,18	3,99	0,00	0,01	Gastropoda - Perifíton	54,19	0,32	0,37	1,00
Inseto aquático - Macrófita C3	73,18	1,28	0,10	1,00	Inseto aquático - Perifíton	54,19	-1,04	0,15	1,00
Inseto terrestre - Macrófita C3	73,18	2,26	0,01	1,00	Inseto terrestre - Perifíton	54,19	-1,06	0,14	1,00
<i>Astyanax</i> sp. - Macrófita C3	73,18	-0,55	0,29	1,00	Macrófita C3 - Perifíton	54,19	-2,35	0,01	1,00
Alga - Macrófita C4	73,18	-0,19	0,42	1,00	Alga - MOPF	54,19	3,48	0,00	0,03
Bivalvia - Macrófita C4	73,18	0,00	0,50	1,00	Bivalvia - MOPF	54,19	4,90	0,00	0,00
Decapoda - Macrófita C4	73,18	0,01	0,49	1,00	Decapoda - MOPF	54,19	2,26	0,01	1,00
<i>Plagioscion</i> sp. - Macrófita C4	73,18	-1,06	0,15	1,00	MOPG - MOPF	54,19	2,93	0,00	0,21
MOPG - Macrófita C4	73,18	-0,31	0,38	1,00	Crustáceo - MOPF	54,19	1,68	0,05	1,00
Fezes de capivara - Macrófita C4	73,18	-0,88	0,19	1,00	Fezes bovinas - MOPF	54,19	1,94	0,03	1,00
MOPF - Macrófita C4	73,18	-1,04	0,15	1,00	MOPF - MOPF	54,19	2,30	0,01	1,00
Gastropoda - Macrófita C4	73,18	0,90	0,18	1,00	Gastropoda - MOPF	54,19	3,82	0,00	0,01
Inseto aquático - Macrófita C4	73,18	-0,62	0,27	1,00	Inseto aquático - MOPF	54,19	1,71	0,04	1,00
Inseto terrestre - Macrófita C4	73,18	-0,62	0,27	1,00	Inseto terrestre - MOPF	54,19	2,71	0,00	0,40
<i>Astyanax</i> sp. - Macrófita C4	73,18	-1,86	0,03	1,00	Macrófita C3 - MOPF	54,19	1,19	0,12	1,00
Macrófita C3 - Macrófita C4	73,18	-2,35	0,01	1,00	Perifíton - MOPF	54,19	3,43	0,00	0,04
Alga - <i>Synbranchus</i> sp.	73,18	0,14	0,44	1,00	Alga - <i>Geophagus</i> sp.	54,19	0,02	0,49	1,00
Bivalvia - <i>Synbranchus</i> sp.	73,18	0,33	0,37	1,00	Bivalvia - <i>Geophagus</i> sp.	54,19	0,58	0,28	1,00
Decapoda - <i>Synbranchus</i> sp.	73,18	0,33	0,37	1,00	Decapoda - <i>Geophagus</i> sp.	54,19	-0,98	0,16	1,00
<i>Plagioscion</i> sp. - <i>Synbranchus</i> sp.	73,18	-0,50	0,31	1,00	MOPG - <i>Geophagus</i> sp.	54,19	0,68	0,25	1,00
MOPG - <i>Synbranchus</i> sp.	73,18	0,10	0,46	1,00	Crustáceo - <i>Geophagus</i> sp.	54,19	-1,08	0,14	1,00

Fezes de capivara - <i>Synbranchus</i> sp.	73,18	-0,47	0,32	1,00	Fezes bovinas - <i>Geophagus</i> sp.	54,19	-0,23	0,41	1,00
MOPF - <i>Synbranchus</i> sp.	73,18	-0,33	0,37	1,00	MOPF - <i>Geophagus</i> sp.	54,19	-1,83	0,03	1,00
Gastropoda - <i>Synbranchus</i> sp.	73,18	0,92	0,18	1,00	Gastropoda - <i>Geophagus</i> sp.	54,19	0,30	0,38	1,00
Inseto aquático - <i>Synbranchus</i> sp.	73,18	-0,18	0,43	1,00	Inseto aquático - <i>Geophagus</i> sp.	54,19	-1,06	0,15	1,00
Inseto terrestre - <i>Synbranchus</i> sp.	73,18	-0,08	0,47	1,00	Inseto terrestre - <i>Geophagus</i> sp.	54,19	-1,08	0,14	1,00
<i>Astyanax</i> sp. - <i>Synbranchus</i> sp.	73,18	-1,28	0,10	1,00	Macrófita C3 - <i>Geophagus</i> sp.	54,19	-2,37	0,01	1,00
Macrófita C3 - <i>Synbranchus</i> sp.	73,18	-1,16	0,12	1,00	Perifíton - <i>Geophagus</i> sp.	54,19	-0,02	0,49	1,00
Macrófita C4 - <i>Synbranchus</i> sp.	73,18	0,30	0,38	1,00	MOPF - <i>Geophagus</i> sp.	54,19	-3,46	0,00	0,03
Alga - Perifíton	73,18	0,26	0,40	1,00	Alga - Sedimento	54,19	0,15	0,44	1,00
Bivalvia - Perifíton	73,18	0,66	0,26	1,00	Bivalvia - Sedimento	54,19	0,82	0,21	1,00
Decapoda - Perifíton	73,18	0,65	0,26	1,00	Decapoda - Sedimento	54,19	-0,97	0,17	1,00
<i>Plagioscion</i> sp. - Perifíton	73,18	-0,66	0,26	1,00	MOPG - Sedimento	54,19	0,80	0,21	1,00
MOPG - Perifíton	73,18	0,22	0,41	1,00	Crustáceo - Sedimento	54,19	-1,07	0,14	1,00
Fezes de capivara - Perifíton	73,18	-0,55	0,29	1,00	Fezes bovinas - Sedimento	54,19	-0,15	0,44	1,00
MOPF - Perifíton	73,18	-0,49	0,31	1,00	MOPF - Sedimento	54,19	-2,02	0,02	1,00
Gastropoda - Perifíton	73,18	1,57	0,06	1,00	Gastropoda - Sedimento	54,19	0,46	0,32	1,00
Inseto aquático - Perifíton	73,18	-0,20	0,42	1,00	Inseto aquático - Sedimento	54,19	-1,04	0,15	1,00
Inseto terrestre - Perifíton	73,18	-0,05	0,48	1,00	Inseto terrestre - Sedimento	54,19	-1,10	0,13	1,00
<i>Astyanax</i> sp. - Perifíton	73,18	-1,57	0,06	1,00	Macrófita C3 - Sedimento	54,19	-2,61	0,00	0,54
Macrófita C3 - Perifíton	73,18	-1,95	0,03	1,00	Perifíton - Sedimento	54,19	0,10	0,46	1,00
Macrófita C4 - Perifíton	73,18	0,52	0,30	1,00	MOPF - Sedimento	54,19	-3,96	0,00	0,00
<i>Synbranchus</i> sp. - Perifíton	73,18	0,04	0,48	1,00	<i>Geophagus</i> sp. - Sedimento	54,19	0,13	0,45	1,00
Alga - <i>Phalloceros</i> sp.	73,18	0,53	0,30	1,00	Alga - Vegetal terrestre	54,19	2,63	0,00	0,52
Bivalvia - <i>Phalloceros</i> sp.	73,18	0,78	0,22	1,00	Bivalvia - Vegetal terrestre	54,19	3,75	0,00	0,01
Decapoda - <i>Phalloceros</i> sp.	73,18	0,78	0,22	1,00	Decapoda - Vegetal terrestre	54,19	1,47	0,07	1,00
<i>Plagioscion</i> sp. - <i>Phalloceros</i> sp.	73,18	-0,12	0,45	1,00	MOPG - Vegetal terrestre	54,19	2,43	0,01	0,91
MOPG - <i>Phalloceros</i> sp.	73,18	0,52	0,30	1,00	Crustáceo - Vegetal terrestre	54,19	1,04	0,15	1,00
Fezes de capivara - <i>Phalloceros</i> sp.	73,18	-0,13	0,45	1,00	Fezes bovinas - Vegetal terrestre	54,19	1,46	0,07	1,00
MOPF - <i>Phalloceros</i> sp.	73,18	0,12	0,45	1,00	MOPF - Vegetal terrestre	54,19	1,18	0,12	1,00
Gastropoda - <i>Phalloceros</i> sp.	73,18	1,35	0,09	1,00	Gastropoda - Vegetal terrestre	54,19	2,95	0,00	0,19

Inseto aquático - <i>Phalloceros</i> sp.	73,18	0,21	0,42	1,00	Inseto aquático - Vegetal terrestre	54,19	1,07	0,14	1,00
Inseto terrestre - <i>Phalloceros</i> sp.	73,18	0,37	0,36	1,00	Inseto terrestre - Vegetal terrestre	54,19	1,73	0,04	1,00
<i>Astyanax</i> sp. - <i>Phalloceros</i> sp.	73,18	-0,94	0,17	1,00	Macrófita C3 - Vegetal terrestre	54,19	0,29	0,39	1,00
Macrófita C3 - <i>Phalloceros</i> sp.	73,18	-0,71	0,24	1,00	Perifíton - Vegetal terrestre	54,19	2,58	0,00	0,60
Macrófita C4 - <i>Phalloceros</i> sp.	73,18	0,71	0,24	1,00	MOPF - Vegetal terrestre	54,19	-0,88	0,19	1,00
<i>Synbranchus</i> sp. - <i>Phalloceros</i> sp.	73,18	0,34	0,37	1,00	<i>Geophagus</i> sp. - Vegetal terrestre	54,19	2,60	0,00	0,55
Perifíton - <i>Phalloceros</i> sp.	73,18	0,38	0,35	1,00	Sedimento - Vegetal terrestre	54,19	2,88	0,00	0,23
Alga - MOPF	73,18	2,29	0,01	1,00					
Bivalvia - MOPF	73,18	4,23	0,00	0,00					
Decapoda - MOPF	73,18	3,97	0,00	0,01					
<i>Plagioscion</i> sp. - MOPF	73,18	1,27	0,10	1,00					
MOPG - MOPF	73,18	2,89	0,00	0,49					
Fezes de capivara - MOPF	73,18	0,89	0,19	1,00					
MOPF - MOPF	73,18	2,73	0,00	0,81					
Gastropoda - MOPF	73,18	4,75	0,00	0,00					
Inseto aquático - MOPF	73,18	1,78	0,04	1,00					
Inseto terrestre - MOPF	73,18	3,08	0,00	0,26					
<i>Astyanax</i> sp. - MOPF	73,18	-0,20	0,42	1,00					
Macrófita C3 - MOPF	73,18	0,82	0,21	1,00					
Macrófita C4 - MOPF	73,18	2,96	0,00	0,39					
<i>Synbranchus</i> sp. - MOPF	73,18	1,52	0,06	1,00					
Perifíton - MOPF	73,18	2,62	0,00	1,00					
<i>Phalloceros</i> sp. - MOPF	73,18	1,07	0,14	1,00					
Alga - <i>Geophagus</i> sp.	73,18	0,48	0,32	1,00					
Bivalvia - <i>Geophagus</i> sp.	73,18	0,72	0,24	1,00					
Decapoda - <i>Geophagus</i> sp.	73,18	0,72	0,24	1,00					
<i>Plagioscion</i> sp. - <i>Geophagus</i> sp.	73,18	-0,17	0,43	1,00					
MOPG - <i>Geophagus</i> sp.	73,18	0,47	0,32	1,00					
Fezes de capivara - <i>Geophagus</i> sp.	73,18	-0,18	0,43	1,00					
MOPF - <i>Geophagus</i> sp.	73,18	0,06	0,47	1,00					

Gastropoda - <i>Geophagus</i> sp.	73,18	1,29	0,10	1,00
Inseto aquático - <i>Geophagus</i> sp.	73,18	0,15	0,44	1,00
Inseto terrestre - <i>Geophagus</i> sp.	73,18	0,31	0,38	1,00
<i>Astyanax</i> sp. - <i>Geophagus</i> sp.	73,18	-0,98	0,16	1,00
Macrófita C3 - <i>Geophagus</i> sp.	73,18	-0,77	0,22	1,00
Macrófita C4 - <i>Geophagus</i> sp.	73,18	0,66	0,26	1,00
<i>Synbranchus</i> sp. - <i>Geophagus</i> sp.	73,18	0,29	0,39	1,00
Perifíton - <i>Geophagus</i> sp.	73,18	0,33	0,37	1,00
<i>Phalloceros</i> sp. - <i>Geophagus</i> sp.	73,18	-0,04	0,48	1,00
MOPF - <i>Geophagus</i> sp.	73,18	-1,13	0,13	1,00
Alga - <i>Geophagus</i> sp.	73,18	-0,17	0,43	1,00
Bivalvia - <i>Geophagus</i> sp.	73,18	0,10	0,46	1,00
Decapoda - <i>Geophagus</i> sp.	73,18	0,11	0,46	1,00
<i>Plagioscion</i> sp. - <i>Geophagus</i> sp.	73,18	-1,22	0,11	1,00
MOPG - <i>Geophagus</i> sp.	73,18	-0,34	0,37	1,00
Fezes de capivara - <i>Geophagus</i> sp.	73,18	-0,94	0,17	1,00
MOPF - <i>Geophagus</i> sp.	73,18	-1,52	0,06	1,00
Gastropoda - <i>Geophagus</i> sp.	73,18	1,35	0,09	1,00
Inseto aquático - <i>Geophagus</i> sp.	73,18	-0,70	0,24	1,00
Inseto terrestre - <i>Geophagus</i> sp.	73,18	-0,83	0,20	1,00
<i>Astyanax</i> sp. - <i>Geophagus</i> sp.	73,18	-2,04	0,02	1,00
Macrófita C3 - <i>Geophagus</i> sp.	73,18	-3,57	0,00	0,05
Macrófita C4 - <i>Geophagus</i> sp.	73,18	0,07	0,47	1,00
<i>Synbranchus</i> sp. - <i>Geophagus</i> sp.	73,18	-0,29	0,38	1,00
Perifíton - <i>Geophagus</i> sp.	73,18	-0,62	0,27	1,00
<i>Phalloceros</i> sp. - <i>Geophagus</i> sp.	73,18	-0,75	0,23	1,00
MOPF - <i>Geophagus</i> sp.	73,18	-4,60	0,00	0,00
<i>Geophagus</i> sp. - <i>Geophagus</i> sp.	73,18	-0,69	0,24	1,00
Alga - <i>Triportheus</i> sp.	73,18	-0,50	0,31	1,00
Bivalvia - <i>Triportheus</i> sp.	73,18	-0,42	0,34	1,00

Decapoda - <i>Triportheus</i> sp.	73,18	-0,41	0,34	1,00
<i>Plagioscion</i> sp. - <i>Triportheus</i> sp.	73,18	-1,15	0,13	1,00
MOPG - <i>Triportheus</i> sp.	73,18	-0,61	0,27	1,00
Fezes de capivara - <i>Triportheus</i> sp.	73,18	-1,03	0,15	1,00
MOPF - <i>Triportheus</i> sp.	73,18	-1,08	0,14	1,00
Gastropoda - <i>Triportheus</i> sp.	73,18	0,20	0,42	1,00
Inseto aquático - <i>Triportheus</i> sp.	73,18	-0,83	0,20	1,00
Inseto terrestre - <i>Triportheus</i> sp.	73,18	-0,82	0,21	1,00
<i>Astyanax</i> sp. - <i>Triportheus</i> sp.	73,18	-1,83	0,03	1,00
Macrófita C3 - <i>Triportheus</i> sp.	73,18	-1,91	0,03	1,00
Macrófita C4 - <i>Triportheus</i> sp.	73,18	-0,38	0,35	1,00
<i>Synbranchus</i> sp. - <i>Triportheus</i> sp.	73,18	-0,56	0,29	1,00
Perifíton - <i>Triportheus</i> sp.	73,18	-0,75	0,23	1,00
<i>Phalloceros</i> sp. - <i>Triportheus</i> sp.	73,18	-0,89	0,19	1,00
MOPF - <i>Triportheus</i> sp.	73,18	-2,28	0,01	1,00
<i>Geophagus</i> sp. - <i>Triportheus</i> sp.	73,18	-0,85	0,20	1,00
Alga - Sedimento	73,18	-1,27	0,10	1,00
Bivalvia - Sedimento	73,18	-1,67	0,05	1,00
Decapoda - Sedimento	73,18	-1,56	0,06	1,00
<i>Plagioscion</i> sp. - Sedimento	73,18	-2,25	0,01	1,00
MOPG - Sedimento	73,18	-1,72	0,04	1,00
Fezes de capivara - Sedimento	73,18	-1,73	0,04	1,00
MOPF - Sedimento	73,18	-3,04	0,00	0,30
Gastropoda - Sedimento	73,18	-0,31	0,38	1,00
Inseto aquático - Sedimento	73,18	-1,76	0,04	1,00
Inseto terrestre - Sedimento	73,18	-2,38	0,01	1,00
<i>Astyanax</i> sp. - Sedimento	73,18	-2,80	0,00	0,65
Macrófita C3 - Sedimento	73,18	-4,78	0,00	0,00
Macrófita C4 - Sedimento	73,18	-1,22	0,11	1,00
<i>Synbranchus</i> sp. - Sedimento	73,18	-1,11	0,13	1,00

Perifiton - Sedimento	73,18	-1,97	0,02	1,00
<i>Phalloceros</i> sp. - Sedimento	73,18	-1,56	0,06	1,00
MOPF - Sedimento	73,18	-5,65	0,00	0,00
<i>Geophagus</i> sp. - Sedimento	73,18	-1,50	0,07	1,00
<i>Triportheus</i> sp. - Sedimento	73,18	-0,37	0,35	1,00
Alga - <i>Cichla</i> sp.	73,18	1,30	0,10	1,00
Bivalvia - <i>Cichla</i> sp.	73,18	1,88	0,03	1,00
Decapoda - <i>Cichla</i> sp.	73,18	1,85	0,03	1,00
<i>Plagioscion</i> sp. - <i>Cichla</i> sp.	73,18	0,51	0,31	1,00
MOPG - <i>Cichla</i> sp.	73,18	1,42	0,08	1,00
Fezes de capivara - <i>Cichla</i> sp.	73,18	0,37	0,35	1,00
MOPF - <i>Cichla</i> sp.	73,18	1,00	0,16	1,00
Gastropoda - <i>Cichla</i> sp.	73,18	2,54	0,01	1,00
Inseto aquático - <i>Cichla</i> sp.	73,18	0,90	0,18	1,00
Inseto terrestre - <i>Cichla</i> sp.	73,18	1,30	0,10	1,00
<i>Astyanax</i> sp. - <i>Cichla</i> sp.	73,18	-0,56	0,29	1,00
Macrófita C3 - <i>Cichla</i> sp.	73,18	-0,12	0,45	1,00
Macrófita C4 - <i>Cichla</i> sp.	73,18	1,61	0,05	1,00
<i>Synbranchus</i> sp. - <i>Cichla</i> sp.	73,18	0,92	0,18	1,00
Perifiton - <i>Cichla</i> sp.	73,18	1,24	0,11	1,00
<i>Phalloceros</i> sp. - <i>Cichla</i> sp.	73,18	0,53	0,30	1,00
MOPF - <i>Cichla</i> sp.	73,18	-0,61	0,27	1,00
<i>Geophagus</i> sp. - <i>Cichla</i> sp.	73,18	0,58	0,28	1,00
<i>Triportheus</i> sp. - <i>Cichla</i> sp.	73,18	1,56	0,06	1,00
Sedimento - <i>Cichla</i> sp.	73,18	2,88	0,00	0,50
Alga - Vegetal terrestre	73,18	1,73	0,04	1,00
Bivalvia - Vegetal terrestre	73,18	3,09	0,00	0,25
Decapoda - Vegetal terrestre	73,18	2,93	0,00	0,42
<i>Plagioscion</i> sp. - Vegetal terrestre	73,18	0,74	0,23	1,00
MOPG - Vegetal terrestre	73,18	2,11	0,02	1,00

Fezes de capivara - Vegetal terrestre	73,18	0,51	0,30	1,00
MOPF - Vegetal terrestre	73,18	1,72	0,04	1,00
Gastropoda - Vegetal terrestre	73,18	3,79	0,00	0,02
Inseto aquático - Vegetal terrestre	73,18	1,23	0,11	1,00
Inseto terrestre - Vegetal terrestre	73,18	2,11	0,02	1,00
<i>Astyanax</i> sp. - Vegetal terrestre	73,18	-0,55	0,29	1,00
Macrófita C3 - Vegetal terrestre	73,18	-0,02	0,49	1,00
Macrófita C4 - Vegetal terrestre	73,18	2,26	0,01	1,00
<i>Synbranchus</i> sp. - Vegetal terrestre	73,18	1,13	0,13	1,00
Perifíton - Vegetal terrestre	73,18	1,86	0,03	1,00
<i>Phalloceros</i> sp. - Vegetal terrestre	73,18	0,69	0,25	1,00
MOPF - Vegetal terrestre	73,18	-0,78	0,22	1,00
<i>Geophagus</i> sp. - Vegetal terrestre	73,18	0,75	0,23	1,00
<i>Triportheus</i> sp. - Vegetal terrestre	73,18	1,87	0,03	1,00
Sedimento - Vegetal terrestre	73,18	4,49	0,00	0,00
<i>Cichla</i> sp. - Vegetal terrestre	73,18	0,11	0,46	1,00

Tabela S6. Comparações pareadas (pós-teste de Tukey) das razões de isótopos estáveis de nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$) dos recursos alimentares amostrados no grupo TR (locais com pisciculturas) nos períodos sazonais chuvoso e seco, no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná, São Paulo, Brasil. Valores em negrito correspondem aos pares de recursos alimentares que apresentaram diferenças significativas e não puderam ser agrupados. diff: diferença entre as médias dos grupos; lwr: limite inferior do intervalo de confiança da diferença entre as médias; upr: limite superior do intervalo de confiança da diferença entre as médias; MOPG: matéria orgânica particulada grossa; MOPF: matéria orgânica particulada fina.

Verão					Inverno				
Comparações	χ^2	Z	P	P ajustado	Comparações	diff	lwr	upr	P ajustado
Alga - Bivalvia	60,46	-0,39	0,35	1,00	Fezes bovinas- <i>Geophagus</i> sp.	0,30	-11,69	12,30	1,00
Alga - Decapoda	60,46	-1,87	0,03	1,00	MOPF- <i>Geophagus</i> sp.	0,44	-6,48	7,37	1,00
Bivalvia - Decapoda	60,46	-2,36	0,01	1,00	MOPG- <i>Geophagus</i> sp.	0,86	-11,13	12,86	1,00
Alga - <i>Plagioscion</i> sp.	60,46	-2,04	0,02	1,00	Sedimento- <i>Geophagus</i> sp.	1,01	-6,57	8,60	1,00
Bivalvia - <i>Plagioscion</i> sp.	60,46	-2,22	0,01	1,00	Perifíton- <i>Geophagus</i> sp.	1,75	-6,73	10,24	1,00

Decapoda - <i>Plagioscion</i> sp.	60,46	-0,68	0,25	1,00	Alga- <i>Geophagus</i> sp.	2,82	-5,67	11,30	1,00
Alga - MOPG	60,46	-0,17	0,43	1,00	Macrófita C3- <i>Geophagus</i> sp.	2,95	-4,39	10,30	0,98
Bivalvia - MOPG	60,46	0,26	0,40	1,00	Bivalvia- <i>Geophagus</i> sp.	3,46	-4,13	11,05	0,95
Decapoda - MOPG	60,46	2,15	0,02	1,00	MOPF- <i>Geophagus</i> sp.	4,09	-2,84	11,01	0,74
<i>Plagioscion</i> sp. - MOPG	60,46	2,18	0,01	1,00	Inseto aquático- <i>Geophagus</i> sp.	4,30	-5,18	13,79	0,95
Alga - Fezes de capivara	60,46	-1,18	0,12	1,00	Vegetal terrestre- <i>Geophagus</i> sp.	4,40	-2,95	11,74	0,72
Bivalvia - Fezes de capivara	60,46	-1,07	0,14	1,00	Inseto terrestre- <i>Geophagus</i> sp.	4,43	-3,16	12,02	0,75
Decapoda - Fezes de capivara	60,46	0,05	0,48	1,00	Gastropoda- <i>Geophagus</i> sp.	5,07	-3,42	13,55	0,72
<i>Plagioscion</i> sp. - Fezes de capivara	60,46	0,49	0,31	1,00	Crustáceo- <i>Geophagus</i> sp.	7,27	-2,22	16,75	0,32
MOPG - Fezes de capivara	60,46	-1,15	0,12	1,00	Decapoda- <i>Geophagus</i> sp.	7,28	-1,20	15,76	0,17
Alga - MOPF	60,46	-0,62	0,27	1,00	MOPF-Fezes bovinas	0,14	-10,81	11,09	1,00
Bivalvia - MOPF	60,46	-0,38	0,35	1,00	MOPG-Fezes bovinas	0,56	-14,13	15,25	1,00
Decapoda - MOPF	60,46	2,01	0,02	1,00	Sedimento-Fezes bovinas	0,71	-10,67	12,09	1,00
<i>Plagioscion</i> sp. - MOPF	60,46	1,99	0,02	1,00	Perifíton-Fezes bovinas	1,45	-10,55	13,45	1,00
MOPG - MOPF	60,46	-0,56	0,29	1,00	Alga-Fezes bovinas	2,51	-9,48	14,51	1,00
Fezes de capivara - MOPF	60,46	0,90	0,18	1,00	Macrófita C3-Fezes bovinas	2,65	-8,57	13,87	1,00
Alga - Gastropoda	60,46	-0,39	0,35	1,00	Bivalvia-Fezes bovinas	3,16	-8,22	14,54	1,00
Bivalvia - Gastropoda	60,46	-0,03	0,49	1,00	MOPF-Fezes bovinas	3,78	-7,17	14,73	1,00
Decapoda - Gastropoda	60,46	2,00	0,02	1,00	Inseto aquático-Fezes bovinas	4,00	-8,73	16,73	1,00
<i>Plagioscion</i> sp. - Gastropoda	60,46	2,05	0,02	1,00	Vegetal terrestre-Fezes bovinas	4,09	-7,13	15,32	0,99
MOPG - Gastropoda	60,46	-0,26	0,40	1,00	Inseto terrestre-Fezes bovinas	4,13	-7,25	15,51	0,99
Fezes de capivara - Gastropoda	60,46	1,02	0,15	1,00	Gastropoda-Fezes bovinas	4,76	-7,23	16,76	0,99
MOPF - Gastropoda	60,46	0,29	0,39	1,00	Crustáceo-Fezes bovinas	6,97	-5,76	19,69	0,83
Alga - Inseto aquático	60,46	-1,63	0,05	1,00	Decapoda-Fezes bovinas	6,98	-5,02	18,97	0,76
Bivalvia - Inseto aquático	60,46	-1,69	0,05	1,00	MOPG-MOPF	0,42	-10,53	11,37	1,00
Decapoda - Inseto aquático	60,46	-0,16	0,44	1,00	Sedimento-MOPF	0,57	-5,22	6,37	1,00
<i>Plagioscion</i> sp. - Inseto aquático	60,46	0,41	0,34	1,00	Perifíton-MOPF	1,31	-5,62	8,24	1,00
MOPG - Inseto aquático	60,46	-1,71	0,04	1,00	Alga-MOPF	2,37	-4,55	9,30	1,00
Fezes de capivara - Inseto aquático	60,46	-0,15	0,44	1,00	Macrófita C3-MOPF	2,51	-2,97	7,99	0,95
MOPF - Inseto aquático	60,46	-1,46	0,07	1,00	Bivalvia-MOPF	3,02	-2,78	8,81	0,87

Gastropoda - Inseto aquático	60,46	-1,56	0,06	1,00	MOPF-MOPF	3,64	-1,25	8,54	0,37
Alga - Inseto terrestre	60,46	-0,54	0,30	1,00	Inseto aquático-MOPF	3,86	-4,26	11,98	0,93
Bivalvia - Inseto terrestre	60,46	-0,25	0,40	1,00	Vegetal terrestre-MOPF	3,95	-1,52	9,43	0,42
Decapoda - Inseto terrestre	60,46	2,00	0,02	1,00	Inseto terrestre-MOPF	3,99	-1,81	9,78	0,50
<i>Plagioscion</i> sp. - Inseto terrestre	60,46	2,01	0,02	1,00	Gastropoda-MOPF	4,62	-2,30	11,55	0,55
MOPG - Inseto terrestre	60,46	-0,45	0,33	1,00	Crustáceo-MOPF	6,83	-1,30	14,95	0,19
Fezes de capivara - Inseto terrestre	60,46	0,94	0,17	1,00	Decapoda-MOPF	6,84	-0,09	13,76	0,06
MOPF - Inseto terrestre	60,46	0,11	0,46	1,00	Sedimento-MOPG	0,15	-11,23	11,53	1,00
Gastropoda - Inseto terrestre	60,46	-0,18	0,43	1,00	Perifíton-MOPG	0,89	-11,11	12,89	1,00
Inseto aquático - Inseto terrestre	60,46	1,49	0,07	1,00	Alga-MOPG	1,95	-10,04	13,95	1,00
Alga - <i>Astyanax</i> sp.	60,46	-1,33	0,09	1,00	Macrófita C3-MOPG	2,09	-9,13	13,31	1,00
Bivalvia - <i>Astyanax</i> sp.	60,46	-1,25	0,10	1,00	Bivalvia-MOPG	2,60	-8,78	13,98	1,00
Decapoda - <i>Astyanax</i> sp.	60,46	-0,12	0,45	1,00	MOPF-MOPG	3,22	-7,73	14,17	1,00
<i>Plagioscion</i> sp. - <i>Astyanax</i> sp.	60,46	0,34	0,37	1,00	Inseto aquático-MOPG	3,44	-9,29	16,17	1,00
MOPG - <i>Astyanax</i> sp.	60,46	-1,32	0,09	1,00	Vegetal terrestre-MOPG	3,53	-7,69	14,76	1,00
Fezes de capivara - <i>Astyanax</i> sp.	60,46	-0,13	0,45	1,00	Inseto terrestre-MOPG	3,57	-7,81	14,95	1,00
MOPF - <i>Astyanax</i> sp.	60,46	-1,08	0,14	1,00	Gastropoda-MOPG	4,20	-7,79	16,20	1,00
Gastropoda - <i>Astyanax</i> sp.	60,46	-1,19	0,12	1,00	Crustáceo-MOPG	6,41	-6,32	19,13	0,90
Inseto aquático - <i>Astyanax</i> sp.	60,46	0,00	0,50	1,00	Decapoda-MOPG	6,42	-5,58	18,41	0,85
Inseto terrestre - <i>Astyanax</i> sp.	60,46	-1,12	0,13	1,00	Perifíton-Sedimento	0,74	-6,85	8,33	1,00
Alga - Macrófita C3	60,46	-0,83	0,20	1,00	Alga-Sedimento	1,80	-5,78	9,39	1,00
Bivalvia - Macrófita C3	60,46	-0,72	0,23	1,00	Macrófita C3-Sedimento	1,94	-4,35	8,23	1,00
Decapoda - Macrófita C3	60,46	1,69	0,05	1,00	Bivalvia-Sedimento	2,45	-4,12	9,02	0,99
<i>Plagioscion</i> sp. - Macrófita C3	60,46	1,78	0,04	1,00	MOPF-Sedimento	3,07	-2,72	8,87	0,86
MOPG - Macrófita C3	60,46	-0,83	0,20	1,00	Inseto aquático-Sedimento	3,29	-5,40	11,98	0,99
Fezes de capivara - Macrófita C3	60,46	0,75	0,23	1,00	Vegetal terrestre-Sedimento	3,38	-2,91	9,68	0,85
MOPF - Macrófita C3	60,46	-0,34	0,37	1,00	Inseto terrestre-Sedimento	3,42	-3,15	9,99	0,87
Gastropoda - Macrófita C3	60,46	-0,58	0,28	1,00	Gastropoda-Sedimento	4,05	-3,53	11,64	0,85
Inseto aquático - Macrófita C3	60,46	1,25	0,10	1,00	Crustáceo-Sedimento	6,26	-2,44	14,95	0,43
Inseto terrestre - Macrófita C3	60,46	-0,43	0,33	1,00	Decapoda-Sedimento	6,27	-1,32	13,85	0,22

<i>Astyanax</i> sp. - Macrófita C3	60,46	0,93	0,18	1,00	Alga-Perifíton	1,06	-7,42	9,55	1,00
Alga - Macrófita C4	60,46	-0,70	0,24	1,00	Macrófita C3-Perifíton	1,20	-6,15	8,55	1,00
Bivalvia - Macrófita C4	60,46	-0,50	0,31	1,00	Bivalvia-Perifíton	1,71	-5,88	9,30	1,00
Decapoda - Macrófita C4	60,46	1,25	0,11	1,00	MOPF-Perifíton	2,33	-4,59	9,26	1,00
<i>Plagioscion</i> sp. - Macrófita C4	60,46	1,54	0,06	1,00	Inseto aquático-Perifíton	2,55	-6,94	12,04	1,00
MOPG - Macrófita C4	60,46	-0,64	0,26	1,00	Vegetal terrestre-Perifíton	2,64	-4,70	9,99	0,99
Fezes de capivara - Macrófita C4	60,46	0,69	0,24	1,00	Inseto terrestre-Perifíton	2,68	-4,91	10,27	1,00
MOPF - Macrófita C4	60,46	-0,23	0,41	1,00	Gastropoda-Perifíton	3,31	-5,17	11,80	0,99
Gastropoda - Macrófita C4	60,46	-0,43	0,33	1,00	Crustáceo-Perifíton	5,52	-3,97	15,00	0,76
Inseto aquático - Macrófita C4	60,46	1,09	0,14	1,00	Decapoda-Perifíton	5,53	-2,96	14,01	0,59
Inseto terrestre - Macrófita C4	60,46	-0,30	0,38	1,00	Macrófita C3-Alga	0,14	-7,21	7,48	1,00
<i>Astyanax</i> sp. - Macrófita C4	60,46	0,86	0,20	1,00	Bivalvia-Alga	0,64	-6,94	8,23	1,00
Macrófita C3 - Macrófita C4	60,46	0,02	0,49	1,00	MOPF-Alga	1,27	-5,66	8,20	1,00
Alga - <i>Synbranchus</i> sp.	60,46	-1,12	0,13	1,00	Inseto aquático-Alga	1,49	-8,00	10,97	1,00
Bivalvia - <i>Synbranchus</i> sp.	60,46	-1,01	0,16	1,00	Vegetal terrestre-Alga	1,58	-5,77	8,93	1,00
Decapoda - <i>Synbranchus</i> sp.	60,46	0,11	0,45	1,00	Inseto terrestre-Alga	1,61	-5,97	9,20	1,00
<i>Plagioscion</i> sp. - <i>Synbranchus</i> sp.	60,46	0,54	0,29	1,00	Gastropoda-Alga	2,25	-6,23	10,73	1,00
MOPG - <i>Synbranchus</i> sp.	60,46	-1,10	0,14	1,00	Crustáceo-Alga	4,45	-5,03	13,94	0,94
Fezes de capivara - <i>Synbranchus</i> sp.	60,46	0,04	0,48	1,00	Decapoda-Alga	4,46	-4,02	12,95	0,87
MOPF - <i>Synbranchus</i> sp.	60,46	-0,84	0,20	1,00	Bivalvia-Macrófita C3	0,51	-5,78	6,80	1,00
Gastropoda - <i>Synbranchus</i> sp.	60,46	-0,96	0,17	1,00	MOPF-Macrófita C3	1,13	-4,34	6,61	1,00
Inseto aquático - <i>Synbranchus</i> sp.	60,46	0,21	0,42	1,00	Inseto aquático-Macrófita C3	1,35	-7,13	9,83	1,00
Inseto terrestre - <i>Synbranchus</i> sp.	60,46	-0,88	0,19	1,00	Vegetal terrestre-Macrófita C3	1,44	-4,56	7,44	1,00
<i>Astyanax</i> sp. - <i>Synbranchus</i> sp.	60,46	0,18	0,43	1,00	Inseto terrestre-Macrófita C3	1,48	-4,81	7,77	1,00
Macrófita C3 - <i>Synbranchus</i> sp.	60,46	-0,69	0,25	1,00	Gastropoda-Macrófita C3	2,11	-5,23	9,46	1,00
Macrófita C4 - <i>Synbranchus</i> sp.	60,46	-0,64	0,26	1,00	Crustáceo-Macrófita C3	4,32	-4,17	12,80	0,89
Alga - Perifíton	60,46	-0,35	0,36	1,00	Decapoda-Macrófita C3	4,33	-3,02	11,67	0,74
Bivalvia - Perifíton	60,46	0,01	0,50	1,00	MOPF-Bivalvia	0,62	-5,17	6,42	1,00
Decapoda - Perifíton	60,46	1,91	0,03	1,00	Inseto aquático-Bivalvia	0,84	-7,85	9,54	1,00
<i>Plagioscion</i> sp. - Perifíton	60,46	2,01	0,02	1,00	Vegetal terrestre-Bivalvia	0,94	-5,36	7,23	1,00

MOPG - Perifíton	60,46	-0,21	0,42	1,00	Inseto terrestre-Bivalvia	0,97	-5,60	7,54	1,00
Fezes de capivara - Perifíton	60,46	1,02	0,15	1,00	Gastropoda-Bivalvia	1,61	-5,98	9,19	1,00
MOPF - Perifíton	60,46	0,31	0,38	1,00	Crustáceo-Bivalvia	3,81	-4,89	12,50	0,97
Gastropoda - Perifíton	60,46	0,04	0,48	1,00	Decapoda-Bivalvia	3,82	-3,77	11,41	0,90
Inseto aquático - Perifíton	60,46	1,53	0,06	1,00	Inseto aquático-MOPF	0,22	-7,90	8,34	1,00
Inseto terrestre - Perifíton	60,46	0,21	0,42	1,00	Vegetal terrestre-MOPF	0,31	-5,17	5,79	1,00
<i>Astyanax</i> sp. - Perifíton	60,46	1,19	0,12	1,00	Inseto terrestre-MOPF	0,35	-5,45	6,14	1,00
Macrófita C3 - Perifíton	60,46	0,58	0,28	1,00	Gastropoda-MOPF	0,98	-5,95	7,91	1,00
Macrófita C4 - Perifíton	60,46	0,44	0,33	1,00	Crustáceo-MOPF	3,18	-4,94	11,31	0,99
<i>Synbranchus</i> sp. - Perifíton	60,46	0,96	0,17	1,00	Decapoda-MOPF	3,19	-3,73	10,12	0,95
Alga - <i>Phalloceros</i> sp.	60,46	-1,67	0,05	1,00	Vegetal terrestre-Inseto aquático	0,09	-8,39	8,58	1,00
Bivalvia - <i>Phalloceros</i> sp.	60,46	-1,64	0,05	1,00	Inseto terrestre-Inseto aquático	0,13	-8,57	8,82	1,00
Decapoda - <i>Phalloceros</i> sp.	60,46	-0,51	0,31	1,00	Gastropoda-Inseto aquático	0,76	-8,72	10,25	1,00
<i>Plagioscion</i> sp. - <i>Phalloceros</i> sp.	60,46	0,00	0,50	1,00	Crustáceo-Inseto aquático	2,97	-7,43	13,36	1,00
MOPG - <i>Phalloceros</i> sp.	60,46	-1,69	0,05	1,00	Decapoda-Inseto aquático	2,98	-6,51	12,46	1,00
Fezes de capivara - <i>Phalloceros</i> sp.	60,46	-0,43	0,34	1,00	Inseto terrestre-Vegetal terrestre	0,03	-6,26	6,33	1,00
MOPF - <i>Phalloceros</i> sp.	60,46	-1,47	0,07	1,00	Gastropoda-Vegetal terrestre	0,67	-6,68	8,02	1,00
Gastropoda - <i>Phalloceros</i> sp.	60,46	-1,57	0,06	1,00	Crustáceo-Vegetal terrestre	2,87	-5,61	11,36	1,00
Inseto aquático - <i>Phalloceros</i> sp.	60,46	-0,34	0,37	1,00	Decapoda-Vegetal terrestre	2,88	-4,46	10,23	0,99
Inseto terrestre - <i>Phalloceros</i> sp.	60,46	-1,51	0,07	1,00	Gastropoda-Inseto terrestre	0,64	-6,95	8,22	1,00
<i>Astyanax</i> sp. - <i>Phalloceros</i> sp.	60,46	-0,29	0,39	1,00	Crustáceo-Inseto terrestre	2,84	-5,86	11,53	1,00
Macrófita C3 - <i>Phalloceros</i> sp.	60,46	-1,32	0,09	1,00	Decapoda-Inseto terrestre	2,85	-4,74	10,44	0,99
Macrófita C4 - <i>Phalloceros</i> sp.	60,46	-1,21	0,11	1,00	Crustáceo-Gastropoda	2,20	-7,28	11,69	1,00
<i>Synbranchus</i> sp. - <i>Phalloceros</i> sp.	60,46	-0,47	0,32	1,00	Decapoda-Gastropoda	2,21	-6,27	10,70	1,00
Perifíton - <i>Phalloceros</i> sp.	60,46	-1,56	0,06	1,00	Decapoda-Crustáceo	0,01	-9,47	9,50	1,00
Alga - MOPF	60,46	-0,29	0,39	1,00					
Bivalvia - MOPF	60,46	0,18	0,43	1,00					
Decapoda - MOPF	60,46	2,58	0,00	1,00					
<i>Plagioscion</i> sp. - MOPF	60,46	2,34	0,01	1,00					
MOPG - MOPF	60,46	-0,13	0,45	1,00					

Fezes de capivara - MOPF	60,46	1,16	0,12	1,00
MOPF - MOPF	60,46	0,57	0,28	1,00
Gastropoda - MOPF	60,46	0,18	0,43	1,00
Inseto aquático - MOPF	60,46	1,81	0,03	1,00
Inseto terrestre - MOPF	60,46	0,42	0,34	1,00
<i>Astyanax</i> sp. - MOPF	60,46	1,34	0,09	1,00
Macrófita C3 - MOPF	60,46	0,92	0,18	1,00
Macrófita C4 - MOPF	60,46	0,63	0,27	1,00
<i>Synbranchus</i> sp. - MOPF	60,46	1,10	0,14	1,00
Perifíton - MOPF	60,46	0,13	0,45	1,00
<i>Phalloceros</i> sp. - MOPF	60,46	1,73	0,04	1,00
Alga - <i>Geophagus</i> sp.	60,46	-1,72	0,04	1,00
Bivalvia - <i>Geophagus</i> sp.	60,46	-1,70	0,04	1,00
Decapoda - <i>Geophagus</i> sp.	60,46	-0,57	0,29	1,00
<i>Plagioscion</i> sp. - <i>Geophagus</i> sp.	60,46	-0,05	0,48	1,00
MOPG - <i>Geophagus</i> sp.	60,46	-1,75	0,04	1,00
Fezes de capivara - <i>Geophagus</i> sp.	60,46	-0,47	0,32	1,00
MOPF - <i>Geophagus</i> sp.	60,46	-1,53	0,06	1,00
Gastropoda - <i>Geophagus</i> sp.	60,46	-1,62	0,05	1,00
Inseto aquático - <i>Geophagus</i> sp.	60,46	-0,39	0,35	1,00
Inseto terrestre - <i>Geophagus</i> sp.	60,46	-1,56	0,06	1,00
<i>Astyanax</i> sp. - <i>Geophagus</i> sp.	60,46	-0,34	0,37	1,00
Macrófita C3 - <i>Geophagus</i> sp.	60,46	-1,38	0,08	1,00
Macrófita C4 - <i>Geophagus</i> sp.	60,46	-1,27	0,10	1,00
<i>Synbranchus</i> sp. - <i>Geophagus</i> sp.	60,46	-0,51	0,30	1,00
Perifíton - <i>Geophagus</i> sp.	60,46	-1,61	0,05	1,00
<i>Phalloceros</i> sp. - <i>Geophagus</i> sp.	60,46	-0,04	0,48	1,00
MOPF - <i>Geophagus</i> sp.	60,46	-1,79	0,04	1,00
Alga - <i>Geophagus</i> sp.	60,46	1,33	0,09	1,00
Bivalvia - <i>Geophagus</i> sp.	60,46	3,07	0,00	0,27

Decapoda - <i>Geophagus</i> sp.	60,46	5,41	0,00	0,00
<i>Plagioscion</i> sp. - <i>Geophagus</i> sp.	60,46	4,03	0,00	0,01
MOPG - <i>Geophagus</i> sp.	60,46	2,04	0,02	1,00
Fezes de capivara - <i>Geophagus</i> sp.	60,46	2,36	0,01	1,00
MOPF - <i>Geophagus</i> sp.	60,46	3,49	0,00	0,06
Gastropoda - <i>Geophagus</i> sp.	60,46	2,56	0,01	1,00
Inseto aquático - <i>Geophagus</i> sp.	60,46	3,49	0,00	0,06
Inseto terrestre - <i>Geophagus</i> sp.	60,46	3,10	0,00	0,24
<i>Astyanax</i> sp. - <i>Geophagus</i> sp.	60,46	2,55	0,01	1,00
Macrófita C3 - <i>Geophagus</i> sp.	60,46	3,87	0,00	0,01
Macrófita C4 - <i>Geophagus</i> sp.	60,46	2,58	0,00	1,00
<i>Synbranchus</i> sp. - <i>Geophagus</i> sp.	60,46	2,30	0,01	1,00
Perifíton - <i>Geophagus</i> sp.	60,46	2,30	0,01	1,00
<i>Phalloceros</i> sp. - <i>Geophagus</i> sp.	60,46	2,94	0,00	0,41
MOPF - <i>Geophagus</i> sp.	60,46	2,97	0,00	0,38
<i>Geophagus</i> sp. - <i>Geophagus</i> sp.	60,46	3,00	0,00	0,34
Alga - <i>Triportheus</i> sp.	60,46	-0,25	0,40	1,00
Bivalvia - <i>Triportheus</i> sp.	60,46	0,01	0,50	1,00
Decapoda - <i>Triportheus</i> sp.	60,46	1,12	0,13	1,00
<i>Plagioscion</i> sp. - <i>Triportheus</i> sp.	60,46	1,42	0,08	1,00
MOPG - <i>Triportheus</i> sp.	60,46	-0,13	0,45	1,00
Fezes de capivara - <i>Triportheus</i> sp.	60,46	0,81	0,21	1,00
MOPF - <i>Triportheus</i> sp.	60,46	0,18	0,43	1,00
Gastropoda - <i>Triportheus</i> sp.	60,46	0,02	0,49	1,00
Inseto aquático - <i>Triportheus</i> sp.	60,46	1,08	0,14	1,00
Inseto terrestre - <i>Triportheus</i> sp.	60,46	0,12	0,45	1,00
<i>Astyanax</i> sp. - <i>Triportheus</i> sp.	60,46	0,94	0,17	1,00
Macrófita C3 - <i>Triportheus</i> sp.	60,46	0,33	0,37	1,00
Macrófita C4 - <i>Triportheus</i> sp.	60,46	0,29	0,39	1,00
<i>Synbranchus</i> sp. - <i>Triportheus</i> sp.	60,46	0,76	0,22	1,00

Perifíton - <i>Triportheus</i> sp.	60,46	0,00	0,50	1,00
<i>Phalloceros</i> sp. - <i>Triportheus</i> sp.	60,46	1,23	0,11	1,00
MOPF - <i>Triportheus</i> sp.	60,46	-0,07	0,47	1,00
<i>Geophagus</i> sp. - <i>Triportheus</i> sp.	60,46	1,28	0,10	1,00
Alga - Sedimento	60,46	-0,21	0,42	1,00
Bivalvia - Sedimento	60,46	0,27	0,39	1,00
Decapoda - Sedimento	60,46	2,49	0,01	1,00
<i>Plagioscion</i> sp. - Sedimento	60,46	2,33	0,01	1,00
MOPG - Sedimento	60,46	-0,03	0,49	1,00
Fezes de capivara - Sedimento	60,46	1,19	0,12	1,00
MOPF - Sedimento	60,46	0,63	0,26	1,00
Gastropoda - Sedimento	60,46	0,27	0,39	1,00
Inseto aquático - Sedimento	60,46	1,82	0,03	1,00
Inseto terrestre - Sedimento	60,46	0,49	0,31	1,00
<i>Astyanax</i> sp. - Sedimento	60,46	1,37	0,09	1,00
Macrófita C3 - Sedimento	60,46	0,95	0,17	1,00
Macrófita C4 - Sedimento	60,46	0,68	0,25	1,00
<i>Synbranchus</i> sp. - Sedimento	60,46	1,13	0,13	1,00
Perifíton - Sedimento	60,46	0,21	0,42	1,00
<i>Phalloceros</i> sp. - Sedimento	60,46	1,75	0,04	1,00
MOPF - Sedimento	60,46	0,11	0,46	1,00
<i>Geophagus</i> sp. - Sedimento	60,46	1,81	0,04	1,00
<i>Triportheus</i> sp. - Sedimento	60,46	0,12	0,45	1,00
Alga - <i>Cichla</i> sp.	60,46	-1,90	0,03	1,00
Bivalvia - <i>Cichla</i> sp.	60,46	-2,03	0,02	1,00
Decapoda - <i>Cichla</i> sp.	60,46	-0,50	0,31	1,00
<i>Plagioscion</i> sp. - <i>Cichla</i> sp.	60,46	0,14	0,44	1,00
MOPG - <i>Cichla</i> sp.	60,46	-2,02	0,02	1,00
Fezes de capivara - <i>Cichla</i> sp.	60,46	-0,37	0,35	1,00
MOPF - <i>Cichla</i> sp.	60,46	-1,81	0,04	1,00

Gastropoda - <i>Cichla</i> sp.	60,46	-1,88	0,03	1,00
Inseto aquático - <i>Cichla</i> sp.	60,46	-0,27	0,39	1,00
Inseto terrestre - <i>Cichla</i> sp.	60,46	-1,83	0,03	1,00
<i>Astyanax</i> sp. - <i>Cichla</i> sp.	60,46	-0,22	0,41	1,00
Macrófita C3 - <i>Cichla</i> sp.	60,46	-1,60	0,05	1,00
Macrófita C4 - <i>Cichla</i> sp.	60,46	-1,38	0,08	1,00
<i>Synbranchus</i> sp. - <i>Cichla</i> sp.	60,46	-0,43	0,33	1,00
Perifíton - <i>Cichla</i> sp.	60,46	-1,84	0,03	1,00
<i>Phalloceros</i> sp. - <i>Cichla</i> sp.	60,46	0,12	0,45	1,00
MOPF - <i>Cichla</i> sp.	60,46	-2,16	0,02	1,00
<i>Geophagus</i> sp. - <i>Cichla</i> sp.	60,46	-3,84	0,00	0,02
<i>Triportheus</i> sp. - <i>Cichla</i> sp.	60,46	-1,30	0,10	1,00
Sedimento - <i>Cichla</i> sp.	60,46	-2,16	0,02	1,00
Alga - Vegetal terrestre	60,46	-0,34	0,37	1,00
Bivalvia - Vegetal terrestre	60,46	0,08	0,47	1,00
Decapoda - Vegetal terrestre	60,46	2,30	0,01	1,00
<i>Plagioscion</i> sp. - Vegetal terrestre	60,46	2,21	0,01	1,00
MOPG - Vegetal terrestre	60,46	-0,19	0,42	1,00
Fezes de capivara - Vegetal terrestre	60,46	1,09	0,14	1,00
MOPF - Vegetal terrestre	60,46	0,43	0,33	1,00
Gastropoda - Vegetal terrestre	60,46	0,10	0,46	1,00
Inseto aquático - Vegetal terrestre	60,46	1,70	0,04	1,00
Inseto terrestre - Vegetal terrestre	60,46	0,30	0,38	1,00
<i>Astyanax</i> sp. - Vegetal terrestre	60,46	1,27	0,10	1,00
Macrófita C3 - Vegetal terrestre	60,46	0,75	0,23	1,00
Macrófita C4 - Vegetal terrestre	60,46	0,53	0,30	1,00
<i>Synbranchus</i> sp. - Vegetal terrestre	60,46	1,04	0,15	1,00
Perifíton - Vegetal terrestre	60,46	0,05	0,48	1,00
<i>Phalloceros</i> sp. - Vegetal terrestre	60,46	1,66	0,05	1,00
MOPF - Vegetal terrestre	60,46	-0,09	0,46	1,00

<i>Geophagus</i> sp. - Vegetal terrestre	60,46	1,72	0,04	1,00
<i>Triportheus</i> sp. - Vegetal terrestre	60,46	0,03	0,49	1,00
Sedimento - Vegetal terrestre	60,46	-0,19	0,43	1,00
<i>Cichla</i> sp. - Vegetal terrestre	60,46	2,03	0,02	1,00

Tabela S7. Resultados dos testes de convergência Gelman-Rubin para os modelos de mistura via cadeias de Markov aplicados para *Geophagus sveni* e *Plagioscion squamosissimus* nos locais sem (CT1 e CT2) e com pisciculturas (TR1, TR2 e TR3) e períodos (chuvoso e seco) de amostragem, no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná, São Paulo, Brasil. Obs. Para uma boa convergência, geralmente os valores devem ser $< 1,05$.

<i>Geophagus sveni</i>		<i>Plagioscion squamosissimus</i>	
Número de variáveis analisadas	Grupo CT chuvoso	Número de variáveis analisadas	Grupo CT chuvoso
	1 > 1,01		2 > 1,01
66	0 > 1,05	68	0 > 1,05
	0 > 1,1		0 > 1,1
Número de variáveis analisadas	Grupo CT seco	Número de variáveis analisadas	Grupo CT seco
	8 > 1,01		1 > 1,01
73	2 > 1,05	70	0 > 1,05
	0 > 1,1		0 > 1,1
Número de variáveis analisadas	Grupo TR chuvoso	Número de variáveis analisadas	Grupo TR chuvoso
	0 > 1,01		1 > 1,01
90	0 > 1,05	85	0 > 1,05
	0 > 1,1		0 > 1,1
Número de variáveis analisadas	Grupo TR seco	Número de variáveis analisadas	Grupo TR seco
	0 > 1,01		6 > 1,01
88	0 > 1,05	91	1 > 1,05
	0 > 1,1		0 > 1,1

Tabela S8. Comparações pareadas (pós-teste de Dunn) para índice hepatossomático calculado para *Geophagus sveni* nos locais sem (CT1 e CT2) e com pisciculturas (TR1, TR2 e TR3), no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná, São Paulo, Brasil. Valores em negrito correspondem a valores significativos.

Comparações	χ^2	Z	P ajustado
CT1 - CT2	28,53	-0,37	1
CT1 - TR1	28,53	-4,15	0,0002
CT2 - TR1	28,53	3,94	0,0004
CT1 - TR2	28,53	-3,85	0,0006
CT2 - TR2	28,53	-3,63	0,0014
TR1 - TR2	28,53	0,31	1
CT1 - TR3	28,53	-3,87	0,0005
CT2 - TR3	28,53	3,66	0,0012
TR1 - TR3	28,53	-0,28	1
TR2 - TR3	28,53	-0,55	1

Tabela S9. Valores médios $\pm$ desvio padrão dos grupos de recursos alimentares amostrados nos locais sem (CT1 e CT2) e com pisciculturas (TR1, TR2 e TR3) e períodos (chuvoso e seco) de amostragem, no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná, São Paulo, Brasil.

Local_Período de amostragem		Vegetal aquático	Organismo aquático	Inseto terrestre	Sedimento	Ração	Vegetal terrestre	Peixe
CT1_chuvoso	$\delta^{13}\text{C}$	-25,37$\pm$6,12	-19,16$\pm$13,64	-22,84$\pm$0	-12,01$\pm$2,11		-27,44$\pm$5,11	-21,07$\pm$3,66
	$\delta^{15}\text{N}$	10,42$\pm$1,13	10,97$\pm$2,05	3,98$\pm$0	8,06$\pm$2,26		5,52$\pm$2,53	14,71$\pm$2,16
CT1_seco	$\delta^{13}\text{C}$	-18,22 $\pm$ 5,79	-17,28 $\pm$ 9,96	-24,3 $\pm$ 2,04	-16,5 $\pm$ 2,75		-30,22 $\pm$ 1,74	-19,06 $\pm$ 0
	$\delta^{15}\text{N}$	9,26 $\pm$ 0,63	11,08 $\pm$ 2,21	7,69 $\pm$ 0,34	6,59 $\pm$ 4,22		4,23 $\pm$ 2,11	15,21 $\pm$ 0
CT2_chuvoso	$\delta^{13}\text{C}$	-27,52 $\pm$ 2,95	-15,12 $\pm$ 13,64	-20,74 $\pm$ 8,90	-16,71 $\pm$ 6,99		-24,17 $\pm$ 6,22	-24,16 $\pm$ 5,60
	$\delta^{15}\text{N}$	11,21 $\pm$ 1,53	12,61 $\pm$ 2,53	7,19 $\pm$ 0,08	9,17 $\pm$ 5,27		8,5 $\pm$ 4,25	14,62 $\pm$ 3,11
CT2_seco	$\delta^{13}\text{C}$	-25,05 $\pm$ 4,57	-23,94 $\pm$ 7,31	-18,80 $\pm$ 6,64	-15,41 $\pm$ 2,05		-26,38 $\pm$ 2,05	
	$\delta^{15}\text{N}$	11,33 $\pm$ 0,03	12,97 $\pm$ 3,69	8,84 $\pm$ 1,33	8,49 $\pm$ 3,7		6,7 $\pm$ 0,24	

TR1_chuvoso	$\delta^{13}\text{C}$	-21,45±7,28	-23,08±4,42	-23,33±0,92	-14,53±1,75	-21,09±3,65	-27,54±1,5	-26,44±4,85
	$\delta^{15}\text{N}$	7,58±2,37	7,40±2,94	7,87±1,94	5,77±0,25	3,42±0,82	8,74±1,59	10,98±0,71
TR1_seco	$\delta^{13}\text{C}$	-21,72±4,84	-20,67±13,54	-21,62±8,57	-14,61±5,4	-16,51±1,63	-27,96±1,27	-21,24±0
	$\delta^{15}\text{N}$	4,51±3,75	6,64±3,96	6,24±0,39	5,35±0,11	4,21±0,34	7,13±0,84	9,26±0
TR2_chuvoso	$\delta^{13}\text{C}$	-27,61±2,93	-23,67±4,83	-22,52±3,11	-14,62±3,63	-21,08±2,36	-24,11±7,4	-24,82±3,46
	$\delta^{15}\text{N}$	8,09±1,82	8,43±2,65	8,92±0,49	8,68±1,04	3,75±0,48	7,82±0,17	15,43±4,80
TR2_seco	$\delta^{13}\text{C}$	-23,78±7,4	-20,44±10,52	-22,24±0	-18,59±0	-16,51±1,63	-29,14±2,1	
	$\delta^{15}\text{N}$	7,05±2,32	7,61±3,19	8,59±0	7,42±0	4,21±0,34	9,56±6,28	
TR3_chuvoso	$\delta^{13}\text{C}$	-23,86±6,04	-22,40±6,33	-23,07±6,07	-14,48±2,58	-21,29±3,13	-22,46±8,53	
	$\delta^{15}\text{N}$	8,85±1,79	10,25±2,72	6,87±5,91	-2,26±0,54	3,19±0,72	6,22±0,53	
TR3_seco	$\delta^{13}\text{C}$	-20,26±7,91	-18,30±9,52	-18,91±0,39	-17,13±0,91	-16,56±0	-18,85±8,61	
	$\delta^{15}\text{N}$	8,96±1,98	8,61±2,75	10,88±2,90	3,81±3,61	3,97±0	6,8±2,48	

Tabela S10. Composição bromatológica da ração fornecida aos peixes de cultivo nas três pisciculturas em tanques-rede avaliadas no reservatório de Ilha Solteira, São Paulo, Brasil.

Composição bromatológica	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
	Fase inicial	Alevinos	Crescimento
2ª matéria seca (%)	90,78	89,91	91,05
Cinzas ¹ (%)	12,59	10,17	13,49
Extrato etéreo ¹ (%)	2,30	3,22	3,47
Proteína bruta ¹ (%)	42,98	39,5	34,70
Fibra bruta ¹ (%)	1,92	2,37	5,09
Energia bruta kcal/kg	4373,0	4293,0	4133,6
Energia: proteína (kcal/kg)	10,17	10,87	11,91

¹em 100% de matéria seca.

Conclusão geral

As influências das pisciculturas em tanques-rede sobre os aspectos alimentares das duas espécies avaliadas foram confirmadas. As análises de conteúdo estomacal, isótopos estáveis, concentração dos substratos energéticos, bromatologia da ração e o índice hepatossomático se mostraram eficazes em avaliar essas influências. Por meio do conteúdo estomacal observou-se que ocorreu mudança na dieta entre os locais de amostragem e o consumo de ração por *G. sveni* e CT1. Os isótopos estáveis, por sua vez, demonstraram que apesar de não haver ração no conteúdo estomacal dos peixes em CT2 e na espécie carnívora, ocorreu a assimilação de ração. Essa não identificação de ração no estômago pode ser devido ao tempo de digestão entre o consumo de ração nos locais TR e a movimentação até CT2.

A associação entre a composição bromatológica da ração, substratos energéticos e isótopos estáveis, confirmou os altos níveis proteicos da ração assimilada pelas duas espécies. Dessa forma, pode-se sugerir que as concentrações dos substratos energéticos para as duas espécies foram influenciadas pela ingestão e assimilação de ração provenientes das pisciculturas. Observou-se ainda que sazonalidade e sexo foram fatores importantes que interferiram nos resultados observados, demonstrando que os machos e fêmeas podem vir a usufruir do fornecimento de energia das pisciculturas para a reprodução. Além disso, maiores valores de IHS nos locais onde ocorreu maior assimilação de ração em ambos os períodos sazonais, indicaram maiores reservas de energia.

Por fim, foi possível observar que as influências das pisciculturas em tanques-rede vão além do consumo de ração ou aumento na abundância de peixes e outros organismos no entorno dos tanques, como relatados em estudos anteriores. Os resultados aqui apresentados indicam que está ocorrendo influências em vários níveis tróficos e em locais onde não há pisciculturas em operação. Ainda, os resultados demonstraram que essa assimilação de ração promoveu alterações nas concentrações dos substratos energéticos, levantando questionamentos sobre as consequências dessas alterações fisiológicas para a reprodução dessas espécies. Essas altas concentrações de proteína e energia poderiam favorecer a reprodução e o crescimento dessas espécies, aumentando assim o estoque pesqueiro? Poderiam favorecer a manutenção dessas populações de espécies não nativas? Estudos futuros abrangendo a comunidade como um todo em uma série temporal maior e com espécies nativas fazem-se necessários para responder esses questionamentos. Os resultados aqui observados podem ainda fornecer informações aos piscicultores sobre as

consequências da perda de matéria orgânica para o ambiente aquático, como parâmetro para medidas mitigadoras que possam reduzir tal perda.