



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE BIOCÊNCIAS
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

ANA BEATRIZ ALVES BENNEMANN

**Dieta do peixe-anfíbio *Kryptolebias hermaphroditus* Costa, 2011 (Cyprinodontiformes:
Rivulidae) em manguezais do Rio Grande do Norte, nordeste do Brasil**

NATAL/RN

2019

ANA BEATRIZ ALVES BENNEMANN

Dieta do peixe-anfíbio *Kryptolebias hermaphroditus* Costa, 2011 (Cyprinodontiformes: Rivulidae) em manguezais do Rio Grande do Norte, nordeste do Brasil

Monografia apresentada ao curso de graduação em Ciências biológicas, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Sergio Maia Queiroz Lima.
Coorientador: Dr. Helder Mateus Viana Espírito Santo.

NATAL/RN

2019

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Sergio Maia Queiroz Lima

Orientador

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE

Profa. Dra. Liana de Figueiredo Mendes

Membro interno

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE

Profa. Dra. Carla Ferreira Rezende

Membro externo

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

Dedico esse trabalho a todos os sentimentos que senti durante sua confecção: Empolgação, euforia, cansaço, amor, amizade, desespero, orgulho e gratificação. Também dedico as pessoas que estiveram comigo no processo.

AGRADECIMENTOS

Gostaria primeiramente de agradecer a energia vital que sinto a cada dia e sei que ela rege várias coisas desse universo. À minha família que aturou todos os meus estresses quando raramente eu estava em casa, pois passava a maioria do meu tempo na Universidade. Minha mãe maravilhosa que sempre que eu estava escrevendo me trazia chá com tapioca. Meu pai que sempre se preocupou com minha saúde mental e quando meu computador quebrou com meus documentos fez de tudo para me ajudar a recuperar. Minha irmã que segura todas as minhas barras emocionais e releva quando falo coisas sem sentido. O meu muito obrigada, família maravilhosa que eu tenho.

Ao meu querido orientador que me mostrou diversos conhecimentos, não só científicos, mas culturais e de vida, que influenciou com maestria minha pouca noção sobre ciência, pois ainda tenho muito o que aprender. Obrigada Sergio Maia Queiroz Lima, por me fazer descobrir que sou mais curiosa do que eu pensei, e olhe que sou bastante. Obrigada por e fazer enxergar a vida de uma maneira diferente, bem melhor do que antes.

Obrigada ao meu Coorientador Helder, que também contribuiu bastante para o meu olhar científico, me ajudando desde análises a eu me desapegar da minha hipótese de pelúcia. Obrigada a minha inspiração científica e amiga Silvia Yasmin, que me ensinou a vislumbrar o mundo dos buchos dos peixes e da ecologia trófica. Min quando crescer quero ser uma cientista igual a você, muito obrigada.

A todos meus amigos de laboratório que sempre tornaram minhas horas no laboratório tão instigantes e divertidas. Sávio muito obrigada por sempre está presente apoiando nas horas mais necessárias. Germa meu grande amigo companheiro de manguezal e carnaval, obrigada amigo por me ensinar a cozinhar, a coletar, a me achar na mata e a alterar no carnaval. Obrigada Nathalia por ter me ajudado a entrar no laboratório. Obrigada Luciano, Flavinha, Tata, Jéssica, Luquinhas, Vália, Carol, Nino, Dente, Geni, Ori, Yuri, Salú, Diego, Roney e aos que não lembrei por estar se dormir direito.

Obrigada aos meus amigos de coração, que sempre estiveram presentes nos momentos de comemoração e desespero, aguentando minhas infinitas conversas Leoanne, Rayane, Sky, Raynara, Holda, Lara e muitos outros. Obrigada aos meus amigos de sala que compartilharam dramas diários entre ir para o laboratório ou para a aula. Obrigada a Theodoro que no percurso final sempre esteve ao meu lado exaltando meu lado inteligente que muitas vezes nem lembrava que tinha.

Obrigada a essa Universidade maravilhosa que tanto amo UFRN, por ser minha segunda casa com toda sua grandiosidade e independência. Ao CNPQ o meu sincero obrigado por durante 2 anos fornecer minha singela bolsa de iniciação científica.

E por último e não menos importante, agradeço ao Thomas, Bar de mãe, Pedrão, Tá fluindo e Beco da Lama. Foram locais essenciais para desopilar quando necessário.

“A ignorância gera mais frequentemente confiança do que o conhecimento: são os que sabem pouco, e não aqueles que sabem muito, que afirmam de uma forma tão categórica que este ou aquele problema nunca será resolvido pela ciência”.

Charles Darwin.

RESUMO

Um dos grupos de peixe que mais desperta curiosidade são os rímulos do manguezal do grupo *Kryptolebias hermaphroditus*. Além de serem os únicos vertebrados autofecundantes conhecidos, apresentam hábito anfíbio com alta tolerância a hipóxia, capacidade de respiração cutânea e longos períodos de dessecação. Por causa de sua reprodução clonal, essa espécie desperta interesse em áreas como genômica ambiental e carcinogênese molecular, pois oferece vantagens para o seu uso em bioensaios em farmacologia e toxicologia, por gerar descendentes com pouca variação genética. Embora exista muita informação sobre *K. marmoratus* que ocorre nos manguezais do Caribe e da Flórida, quase nada é conhecido sobre a ecologia de *K. hermaphroditus* dos manguezais brasileiros. Assim o objetivo deste estudo é compreender a ecologia alimentar dessa espécie, comparando fatores sazonais e ontogenéticos enfatizando na exploração dos itens de origem autóctone e alóctone. Foram analisados 140 estômagos de espécimes coletados em manguezais do Rio Grande do Norte (dos rios Ceará-Mirim e Curimataú), sendo 70 do período da seca e 70 do chuvoso. Calculamos a importância relativa de cada item (por meio da frequência numérica, de ocorrência e volumétrica) durante a seca e cheia e comparamos também a dieta dos estados juvenil e adulto. Treze itens diferentes compuseram a dieta de *K. hermaphroditus*. Foram visualizados itens de origem vegetal, moluscos, crustáceos, microcrustáceos, larvas de insetos e insetos adultos. Os resultados mostram que na estação chuvosa os itens foram mais variados e apresentaram um maior volume em comparação com a seca. Com relação à variação ontogenética, os indivíduos jovens consumiram itens com volume menor, enquanto que os adultos além de consumirem itens com um volume maior, obtiveram uma variedade maior de itens. A dieta de *K. hermaphroditus* é similar à de *K. marmoratus*, com predominância de itens autóctones, mas sem canibalismo ou predação de outros peixes, que aconteceu na espécie irmã. Observou-se que não há muita sobreposição no consumo de itens autóctones e alóctones, quando se é consumido itens alóctones o número de itens autóctones por indivíduo diminui. Apesar dos itens com origem autóctone possuírem uma importância maior em ambas as estações, os itens alóctones devem ter um papel importante para a reposição de nutrientes do ecossistema.

Palavras-chave

Origem de recursos; Ontogenia; Sazonalidade; Peixes estuarinos; Ecologia de peixes.

ABSTRACT

One of the most curious groups of fish are the mangrove killifish of the *Kryptolebias hermaphroditus* group. Besides being the only known self-fertilizing vertebrates, they have an amphibious habit with high tolerance to hypoxia, skin breathing capacity, and long periods of desiccation. Because of its clonal reproduction, this species arouses interest in areas such as environmental genomics and molecular carcinogenesis, as it offers advantages for its use in pharmacology and toxicology bioassays, since it generates offsprings with little genetic variation. Although there is a lot of information available about *K. marmoratus*, which occurs in the Caribbean and Florida mangroves, almost nothing is known about the *K. hermaphroditus* ecology from Brazilian mangroves. Therefore, the aim of this study is to unveil a part of the food ecology of this species, comparing seasonally and ontogenetically the items found in their diet, with emphasis on the exploration of the autochthonous and allochthonous items. 140 stomachs of individuals collected from mangroves of Rio Grande do Norte state (from the Ceará-Mirim and Curimataú rivers) were analyzed, 70 from drought season and 70 from rainy season. We calculated the relative importance of each item (by numerical, occurrence, and volumetric frequency) during drought and rainy, the diets of juvenile and adult states were also compared. Thirteen different items comprehend the diet of *K. hermaphroditus*. Items of plant origin, mollusks, crustaceans, microcrustaceans, insect larvae, and adult insects were observed. The results show that in the rainy season, the items were more varied and presented a larger volume compared to the drought. Regarding the ontogenetic variation, young individuals consumed items of smaller volume, while adults, besides consuming items of larger volume, obtained a greater variety of items. The diet of *K. hermaphroditus* is similar to that of *K. marmoratus*, with predominance of autochthonous items, but without cannibalism or predation of other fish, which happened in the sister species. It was observed that the consumption of autochthonous and allochthonous items do not overlap much, when allochthonous items are consumed, the number of autochthonous items consumed per individual decreases. Although items of autochthon origin are important in both seasons, allochthonous items may play an important role in ecosystem nutrient replacement.

Keywords

Resources origin; Ontogeny; Seasonality; Estuarine fish; Fish ecology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Variações sazonais (seca e chuva) na dieta de <i>Kryptolebias hermaphroditus</i> em manguezais do Rio Grande do Norte	20
Figura 2 –	Tamanho mínimo que foi observado presença de ovos nos indivíduos de <i>K. hermaphroditus</i>	21
Figura 3 –	Variações ontogenéticas (jovens e adultos) na dieta de <i>Kryptolebias hermaphroditus</i> em manguezais do Rio Grande do Norte.....	23
Figura 4 –	Índice de importância relativa dos itens alimentares na dieta de <i>Kryptolebias hermaphroditus</i> comparando a ausência e presença de ovos nos períodos de chuva e seca, em manguezais do Rio Grande do Norte.....	24
Figura 5 –	Relação entre o número de itens alimentares alóctones e autóctones por estômago na dieta de <i>Kryptolebias hermaphroditus</i> coletados em manguezais do Rio Grande do Norte.....	25

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Número de indivíduos de *K. hermaphroditus* classificados em cada grau de repleção para seca e chuva 18
- Tabela 2 – Itens encontrados na análise da dieta de *Kryptolebias hermaphroditus*, seus índices de importância relativa em ambos os períodos e origem dos itens, nos manguezais do Rio Grande do Norte..... 19
- Tabela 3 – Resultados das proporções e comparações realizadas no teste de Goodman, da ocorrência de itens nos indivíduos comparando a seca e chuva. As letras que acompanham os valores de proporções indicam o resultado do teste de Goodman. Letras minúsculas comparam a proporção de itens alóctones e autóctones dentro de um mesmo estágio de vida (juvenil ou adulto). Letras maiúsculas comparam a proporção de itens entre juvenis e adultos em um tipo específico de item (alóctone ou autóctone). Letras diferentes indicam diferença significativa ao nível de 5%..... 22

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	OBJETIVOS.....	15
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	16
4	RESULTADOS.....	18
5	DISCUSSÃO.....	26
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	28
7	REFERÊNCIAS.....	29

1 INTRODUÇÃO

Os peixes de água doce da região Neotropical representam uma das faunas mais diversas de todo o planeta. Na América do Sul, atualmente existe uma riqueza de espécies que corresponde a cerca de 9.100 espécies, com aproximadamente 100 delas descritas a cada ano durante a última década (Reis *et al.*, 2016). No Brasil foram avaliadas 3130 espécies de peixes de água doce, 101 delas foram classificadas como criticamente em perigo (CR). Mais de metade delas (60 espécies) pertencem aos rivulídeos que são mais conhecidos pelos peixes-anuais, que por habitarem ambientes aquáticos temporários são altamente sensíveis a degradação ambiental (Brasil, 2014; Reis *et al.* 2016). Aproximadamente um terço dos rivulídeos são não-anuais, uma vez que vivem em ambientes perenes como pequenos riachos, alagados e manguezais (Costa, 2009), diferente dos anuais que vivem em poças temporárias que secam sazonalmente, e os ovos permanecem em estado de dormência até a próxima estação chuvosa (Costa *et al.*, 2010).

Na taxonomia atual, os rivulídeos não-anuais estão classificados em gêneros distintos por apresentarem preferências ecológicas especializadas (Costa, 2011). *Kryptolebias* é um gênero monofilético (Vermeulen & Hrbek, 2005) que engloba sete espécies nominais válidas, representadas tanto por espécies androdioicas (machos e hermafroditas) de manguezais, como dioicas de água doce (Costa *et al.*, 2010). O gênero é o único conhecido que engloba espécies autofecundantes de vertebrados, *K. hermaphroditus* Costa e *K. marmoratus* (Poey) (Tatarenkov *et al.*, 2009).

Descrita para o sudeste do Brasil (Costa, 2009), *K. hermaphroditus* também foi registrada nos estuários da Mata Atlântica, dos rios Ceará-Mirim e Curimataú, ambos no Rio Grande do Norte, além de registros em coleções de Pernambuco, Alagoas e Pará (Lira *et al.*, 2015; Schneider *et al.*, 2017). Por causa de sua reprodução clonal, essa espécie desperta interesse em áreas como genômica ambiental e carcinogênese molecular (Lee, 2008), pois oferece vantagens para o seu uso em bioensaios em farmacologia e toxicologia, por gerar descendentes com pouca variação genética (Govind, 2011), conhecer a alimentação de espécies modelo pode auxiliar na sua manutenção em cativeiro.

Essa espécie desenvolve todo o seu ciclo de vida nos estuários, mais especificamente em poças rasas de água salobra nas periferias de manguezais, além de apresentar alta tolerância à hipóxia, com capacidade de respiração cutânea e longos períodos de dessecação (Taylor, 2012). Estudos sobre a espécie-irmã *K. marmoratus* indicam o comportamento de saída de poças e a presença de alguns insetos em sua dieta e prevalência de itens autóctones. No entanto, nenhum estudo ecológico, alimentar e sobre o comportamento anfíbio ainda foi feito com *K. hermaphroditus*. Considerando que sua reprodução geralmente é clonal, o hábito anfíbio neste

grupo não deve estar relacionado à busca de parceiros como em outros rímulos não-anuais (e.g. *Anablepsoides micropus*, Espírito-Santo et al. 2019), mas pode servir para evitar a predação ou para buscar áreas para alimentação,

Os manguezais, onde a espécie estudada habita, são ambientes de transição entre a água doce e o mar, e são berçários para várias espécies de peixes marinhos, incluindo espécies de interesse comercial, contribuindo no crescimento e sobrevivência dos juvenis. Por terem produtividade primária e secundária elevada podem suportar uma grande abundância e diversidade de peixes e invertebrados (Beck *et al*, 2001). No nordeste do Brasil, os ecossistemas estuarinos possuem uma complexidade de habitats, apresentando desde canais principais e florestas de mangue, até praias estuarinas e poças de maré (Barletta, 2005). Apesar de no Nordeste a sazonalidade temporal ser bem menos marcante que nas áreas temperadas, há uma marcante sazonalidade pluviométrica, com chuvas concentradas entre os meses de março e agosto.

Informações sobre os padrões de alimentação de uma espécie e a avaliação quantitativa dos hábitos alimentares, são dados fornecidos pela análise do conteúdo estomacal dos indivíduos. Muitos componentes ecológicos importantes, como uso de habitat, consumo de energia, comportamento e interações inter/intraespecíficas, são integrados com os estudos de dieta. A descrição dos hábitos alimentares e da dieta dos peixes também fornece alicerce para a compreensão das interações tróficas nas redes alimentares aquáticas (Windell & Bowen, 1978). O entendimento da dieta considerando os aspectos relacionados à ontogenia e sazonalidade pode esclarecer a ecologia alimentar de uma espécie e suas relações bióticas e abióticas (Silva, 1999). Diferenças sazonais e ontogenéticas durante o ciclo de vida de uma espécie podem afetar a dieta dos peixes, seja influenciando sua alimentação por causa da diferença de tamanho corporal, ou por causa da disponibilidade de itens em cada período do ano (Lima Junior & Gotten, 2003; Fugi *et al*, 2007).

Esclarecer essa parte importante da ecologia de *K. hermaphroditus* é de extrema importância, uma vez que está classificada como “quase ameaçada” (Brasil, 2014) e só podemos tomar atitudes conservacionistas conhecendo os hábitos e limitações das espécies. Qual a composição de itens alimentares da dieta de *K. hermaphroditus*? A sazonalidade possui influência sobre a composição da dieta da espécie? Existe diferença na dieta de jovens e adultos? Qual a importância dos itens alóctones na dieta dessa espécie?

2 OBJETIVOS

Geral:

- Estudar a composição da dieta de *Kryptolebias hermaphroditus*, com ênfase na origem dos itens alimentares (autóctone ou alóctone), no intuito de verificar se é influenciada pela sazonalidade e ontogenia.

Específicos:

- Identificar a frequência de ocorrência dos itens que compõe a dieta de *K. hermaphroditus*;
- Identificar a origem dos itens encontrados (autóctone ou alóctone);
- Comparar a dieta da espécie estudada nos períodos de seca e chuva;
- Comparar a dieta de *K. hermaphroditus* entre jovens e adultos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Realizamos coletas de peixes nos manguezais dos rios Ceará-Mirim, no trecho que envolve o CTA (Centro tecnológico de Aquicultura), município de Extremoz (05°40'28.4" S 35°14'14.6" W) e rio Curimataú, município de Canguaretama (06°22'06.90" S 35°04'17.80" W), ambos no estado do Rio Grande do Norte, Brasil. Na época de seca, houve coletas nos meses de outubro/2017 a janeiro/2018. Na época de chuva as coletas foram realizadas no mês de julho e agosto de 2019. Os peixes foram coletados pelo método ativo de captura, com de redes de mão e peneiras de pesca (ambos de malha fina de 1mm), totalizando 140 espécimes, 70 da época de seca e 70 da cheia, as coletas que se deram no período diurno.

Após a captura os foram imersos em uma solução com Eugenol (óleo de cravo) para serem anestesiados, eutanasiados e depois foram fixados em formalina 4%. Após cinco dias foram transferidos para álcool 70%, de acordo com os procedimentos especificados nos documentos legais (licença de coleta 57145-1 e 056.064/2017 do comitê de ética), e tombados na coleção ictiológica da UFRN. Um paquímetro digital foi utilizado para medir os comprimentos totais e padrões dos espécimes. Posteriormente os peixes foram dissecados para a verificação do conteúdo estomacal. Para isso, os seus tratos digestórios foram retirados com incisões feitas da abertura urogenital até a região interopercular. Após a retirada dos estômagos da cavidade abdominal, os mesmos foram cortados com uma tesoura cirúrgica de ponta fina e o conteúdo foi removido e analisado em placa de Petri, com auxílio de uma lupa estereoscópica.

Dados como o grau de repleção dos estômagos baseados em porcentagem (classificados em: GR1 - 1-25%/ GR2 - 26-50%/ GR3 - 51-75%/ GR4 - 76-100%) e digestibilidade dos itens (fresca, parcial e total) foram observados e anotados. Além disso, foi verificada a presença de ovos maduros no interior das gônadas (todos exemplares hermafroditas) para avaliar o tamanho mínimo de maturação, que foi usado como parâmetro para determinação juvenil/adulto. Os itens alimentares presentes nos estômagos foram identificados até o menor nível taxonômico possível. Para facilitar a triagem e aumentar a consistência da identificação dos itens alimentares, foi criada uma coleção de referência, quando um novo item apareceu, ele foi alocado para a coleção de referência, com um número único de identificação, que foi usado ao longo de todo o estudo e quando um item foi recorrente, a mesma identificação foi utilizada. Os itens também foram classificados com relação à sua origem, alóctones itens vindos de fora do ecossistema aquático e autóctones vindo do mesmo.

Calculamos a frequência numérica (FN%) de cada item, que indica a quantidade de itens dividida pelo número tal de estômago analisados, e a frequência de ocorrência (FO%), que expressa o percentual de estômagos em que o item ocorreu (Hynes, 1950; Hyslop, 1980). Já o

volume ocupado (FV%) por cada item em cada indivíduo foi obtido pelo método volumétrico rápido de Hellawell & Abel, (1971). Neste, os itens alimentares foram separados de acordo com o nível taxonômico e espalhados sobre uma placa de Petri milimetrada e compactados contra uma lâmina de vidro de 1mm de espessura, pelas laterais e por cima, formando blocos de 1mm³. Assim, os blocos formados têm seu volume mensurado em ml (Bastos *et al*, 2013). As três porcentagens (FN%, FO% e FV%), foram usadas para calcular o índice de importância relativa (IIR%) de cada item na dieta de cada espécie estudada, que se dá pela fórmula $(IIR\% = (FN\% + FV\%) \times FO\%)$ (Pinkas *et al*, 1971, Hyslop, 1980). Adotou-se o teste de proporções multinomiais (Goodman, 1964), com nível de significância de 5%, para comparar as frequências absolutas (ocorrência dos itens), entre as categorias (jovens e adultos, período de seca e chuva) e dentro de cada categoria, separadamente. Comparações par a par entre cada proporção foram realizadas.

4 RESULTADOS

Dos 140 estômagos, apenas oito do período da seca estavam vazios e nenhum do período chuvoso. Em relação à repleção dos estômagos, observou-se que os estômagos com mais conteúdo são do período chuvoso, onde o número de indivíduos é superior para os graus GR3 e GR4. Já para o período da seca o número de indivíduos é superior para os graus GR1 e GR2 em comparação com o outro período (Tabela 1).

Tabela 1: Número de indivíduos de *K. hermaphroditus* classificados em cada grau de repleção para seca e chuva.

Grau de repleção	Nº indivíduos seca	Nº indivíduos chuva
GR1 - 1/25%	25	12
GR2 - 26/50%	17	9
GR3 - 51/75%	16	37
GR4 - 76 /100%	4	12

Com a digestibilidade total, dez indivíduos possuíam apenas material digerido. Já em relação a digestibilidade parcial, 85 indivíduos continham ao mesmo tempo itens identificáveis e material digerido. Os espécimes que só apresentaram itens alimentares ainda não digeridos, foram classificados na digestibilidade fresca, totalizando 37. Seis foi o máximo de tipos de itens encontrados em um único indivíduo na época de chuva, enquanto na seca o máximo foi de quatro tipos de itens em um único indivíduo. A análise da dieta de *Kryptolebias hermaphroditus* mostrou que existem 13 itens principais encontrados, sendo predominantemente caracterizada por itens de origem vegetal, moluscos, crustáceos, microcrustáceos, larvas de insetos e insetos (Tabela 2).

Tabela 2: Itens encontrados na análise da dieta de *Kryptolebias hermaphroditus*, seus índices de importância relativa em ambos os períodos e origem dos itens, nos manguezais do Rio Grande do Norte.

Itens	CLASSE/ordem/família/espécie	IIR% seca	IIR% chuva	Origem
Vegetal 1 (I1CR)	ULVOPHYCEAE	7,87	1,48	Autóctone
Ceratopogonidae (I2CR)	INSECTA/ Diptera/ Ceratopogonidae	2,32	0,41	Alóctone
Larva de Diptera (I3CR)	INSECTA/ Diptera	1,41	0,29	Autóctone
Vegetal 2 (I4CR) galho	MAGNOLIOPSIDA	2,25	4,94	Alóctone
Zoea (I5CR)	MALACOSTRACA/ Decapoda	9,86	63,45	Autóctone
Culicidae (I6CR)	INSECTA/ Diptera/ Culicidae	0,15	0,13	Alóctone
Uca sp. (I7CR)	MALACOSTRACA/ Decapoda/ Ocyropodidae/ Uca sp.	5,22	1,29	Autóctone
Formicidae (I8CR)	INSECTA/ Hymenoptera/ Formicidae	3,77	0,67	Alóctone
Muscidae (I9CR)	INSECTA/ Diptera/ Muscidae	0,09	0,00	Alóctone
Harpacticoida (I10CR)	MAXILLOPODA/ Harpacticoida	66,91	0,00	Autóctone
Gastropoda (I11CR)	GASTROPODA/ Ellobiida/ Ellobiidae/ Melampus coffea	0,17	0,23	Autóctone
Larva de Ceratopogonidae (I12CR)	INSECTA/ Diptera/ Ceratopogonidae	0,00	9,41	Autóctone
Tanaidae (I13CR)	MALACOSTRACA/ Tanaidacea/ Tanaidae	0,00	17,70	Autóctone

Sazonalidade

Somando os índices de importância relativas da seca e cheia com relação a origem dos itens, em ambos os períodos os itens autóctones obtiveram uma importância massivamente maior do que os alóctones. Na seca 91,43% autóctone e 8,57% alóctone e na cheia 93,85% autóctone e 6,15% alóctone.

Os itens com os maiores índices de importância relativa no período da seca foram os microcrustáceos copépodes Harpacticoida (66,91 IIR%), larvas zoea de crustáceos Decapoda (9,86 IIR%) e algas verdes da classe Ulvophyceae (7,87 IIR%) (Tabela 2). No período de chuva os itens autóctones seguem sendo os mais importantes, no entanto houve uma mudança nos tipos de itens. Os Harpacticoida não apresentaram importância, enquanto que, as zoea passaram a ser o item mais importante com IIR% de 63,45. Estes foram seguidos pelos microcrustáceos da ordem Tanaidacea (17,70 IIR%) e por larvas de Diptera da família Ceratopogonidae (9,41 IIR%), ambos itens ausentes no período de seca (Tabela 2).

Com relação ao período de seca, observamos que *Uca* sp. se destacou em termos volumétricos, com 33,1% de frequência volumétrica enquanto Harpacticoida foi o item mais frequente (28,6% de FO) e também o segundo mais importante em termos de volume (12,6% de FV) (Figura 1). No período de chuva há uma redução quase total da importância volumétrica de *Uca* e de Harpacticoida, e de passando a se destacar Tanaidacea com 32,4% de FV, larvas de Ceratopogonidae com 14,8% de FV, e Zoea com 15,7% de FV (Figura 1). Zoea (52,8% FO), larvas de Ceratopogonidae (48,6% FO) e Tanaidacea (47,1% FO) são os itens dominantes em termos de ocorrência no período chuvoso.

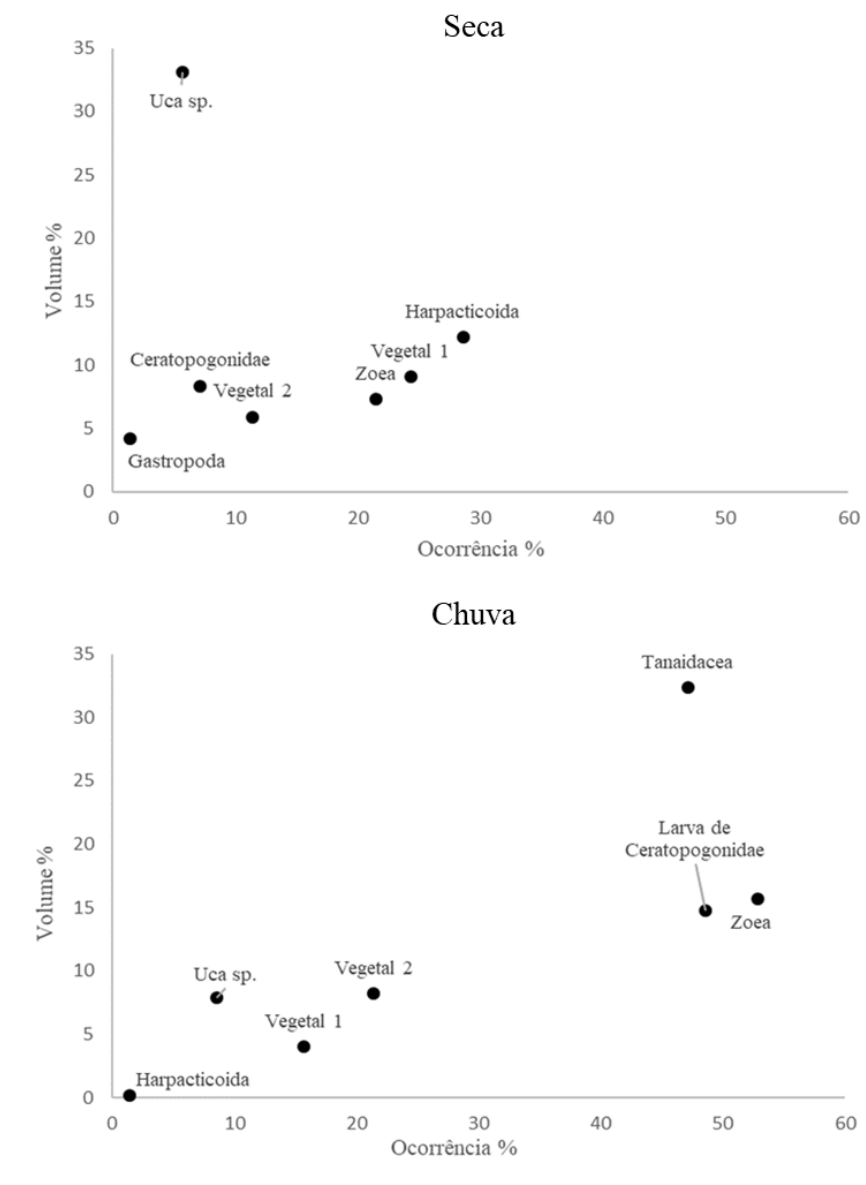


Figura 1: Variações sazonais (seca e chuva) na frequência de ocorrência e na frequência volumétrica dos itens da dieta de *Kryptolebias hermaphroditus* em manguezais do Rio Grande do Norte.

Ontogenia

Noventa indivíduos possuíam ovócitos maduros nas gônadas, enquanto 50 não apresentaram ovos. Os comprimentos padrões variaram entre 10.49 e 45.55 mm. Os espécimes que possuíam ovos (geralmente com comprimento padrão maior que 20 mm) foram considerados adultos, enquanto peixes sem ovos foram considerados juvenis. Foram poucos os indivíduos que possuíam mais de 20 mm que não possuíam ovos, por isso as análises foram baseadas em presença e ausência de ovos (Figura 2). O ideal é vc deixar claro um tamanho de primeira maturação como corte.

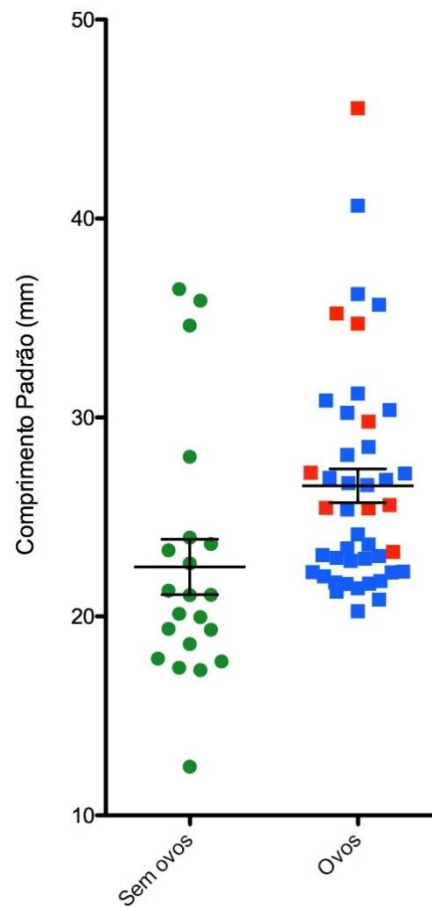


Figura 2: Tamanho mínimo que foi observado presença de ovos nos indivíduos de *K. hermaphroditus*.

No período da seca, 47 possuíam indivíduos ovos enquanto 23 não. O resultado foi semelhante no período de chuva, com 43 espécimes com e 27 sem ovos visíveis. Esses resultados sugerem que *K. hermaphroditus* se reproduz ao longo do ano, o que faz sentido em ambientes sazonalmente mais estáveis como os manguezais.

Com relação ao teste de Goodman realizado para comparação apenas entre jovens e adultos, houve diferença significativa na ocorrência de itens na dieta da espécie estudada, tanto para itens de origem alóctone quanto para autóctones (Tabela 3).

Tabela 3: Resultados das proporções e comparações realizadas no teste de Goodman, da ocorrência de itens nos indivíduos comparando a seca e chuva. As letras que acompanham os valores de proporções indicam o resultado do teste de Goodman. Letras minúsculas comparam a proporção de itens alóctones e autóctones dentro de um mesmo estágio de vida (juvenil ou adulto). Letras maiúsculas comparam a proporção de itens entre juvenis e adultos em um tipo específico de item (alóctone ou autóctone). Letras diferentes indicam diferença significativa ao nível de 5%.

Origem do recurso	Número de itens		Proporção dos itens	
	Juvenil	Adultos	Juvenil	Adultos
Alóctone	9	37	a 0,20 A	a 0,80 B
Autóctone	58	134	b 0,30 A	b 0,70 B

Levando em consideração a frequência de ocorrência e a frequência volumétrica podemos observar que os indivíduos jovens têm uma dieta predominantemente formada por itens de origem autóctone e com um tamanho menor, como Tanaidacea com FO 48,2% e FV 58%, Harpacticoida com FO 38,5% e FV 33,6% e larva de Ceratopogonidae (FO 62,9% e FV 28,2%). Para os indivíduos adultos, a dieta é mais diversificada, com itens tanto de origem alóctone como autóctone, como: *Uca. Sp* (FO 20% e FV 51,6%), Tanaidacea (FO 46,5% e FV 24,4%) e Zoea (FO 1025% e FV 25,60%) de origem autóctone e Ceratopogonidae (FO 15,5% e FV 15%) e Formicidae (FO 17,6% e FV 20,1%) de origem alóctone (Figura 2).

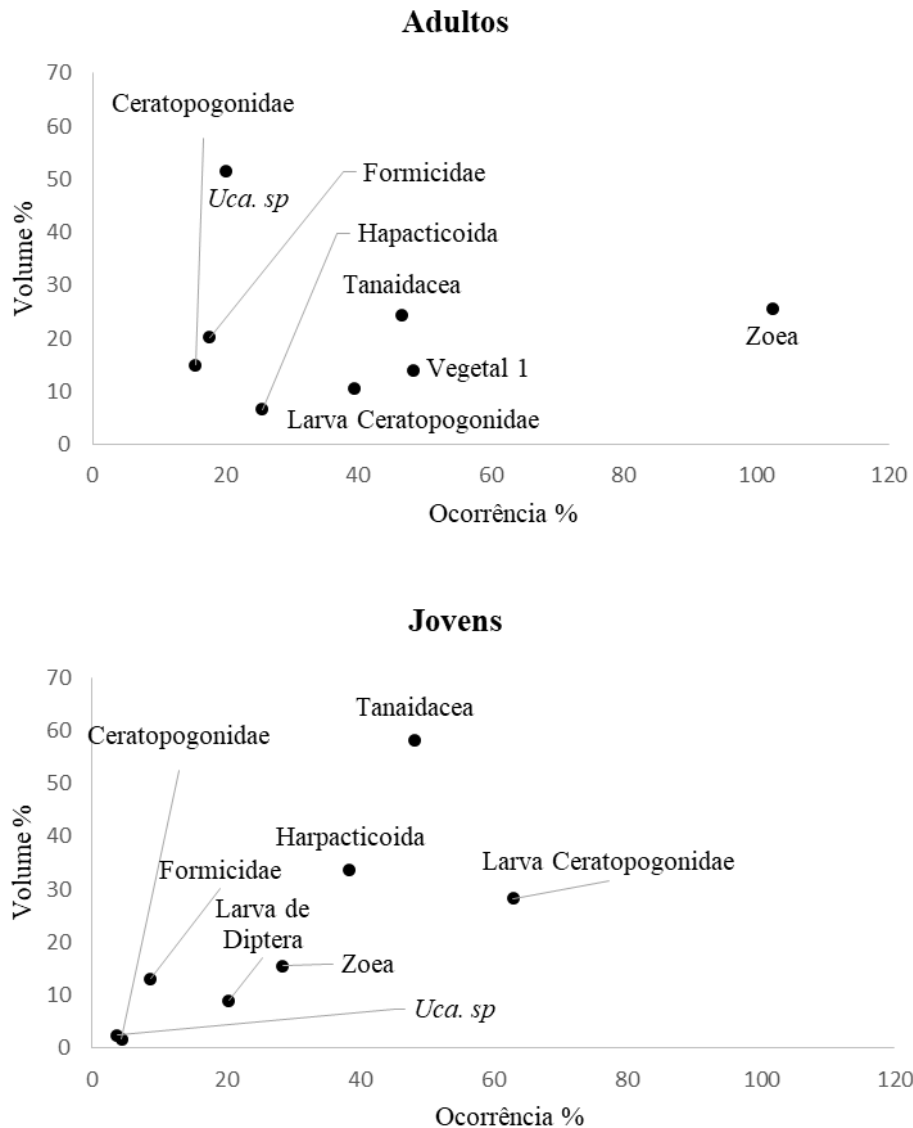


Figura 3: Variações ontogenéticas (jovens e adultos) na frequência de ocorrência e na frequência volumétrica dos itens da dieta de *Kryptolebias hermaphroditus* em manguezais do Rio Grande do Norte.

Sazonalidade X ontogenia

Na Figura 4 podemos observar a diferença entre os índices de importância relativa (IIR%) calculados para cada período e cada fase ontogenética. Microcrustáceo Harpacticoida e zooplâncton Zoea (ambos autóctones), possuem um tamanho e volume individuais pequenos, assim são consumidos facilmente. Para os adultos Harpacticoida e Zoea também foram importantes, mas em menor porcentagem que os jovens. *Uca sp.* (autóctone), Formicidae (alóctone) e Ceratopogonidae (alóctone) foram itens que obtiveram uma importância maior para os adultos, do que para os jovens, eles possuem um tamanho e volume maiores, sendo consumidos mais facilmente pelos adultos.

Para o período da chuva, o item que mais importou para os jovens foram larvas de Ceratopogonidae, seguido de Tanaidae. Com relação aos adultos Zoea se destaca, assim como larvas de Ceratopogonidae, Tanaidae e material vegetal 2. Podemos observar que em ambos os períodos, os indivíduos adultos apresentaram uma quantidade maior de itens importantes do que os jovens (Figura 3).

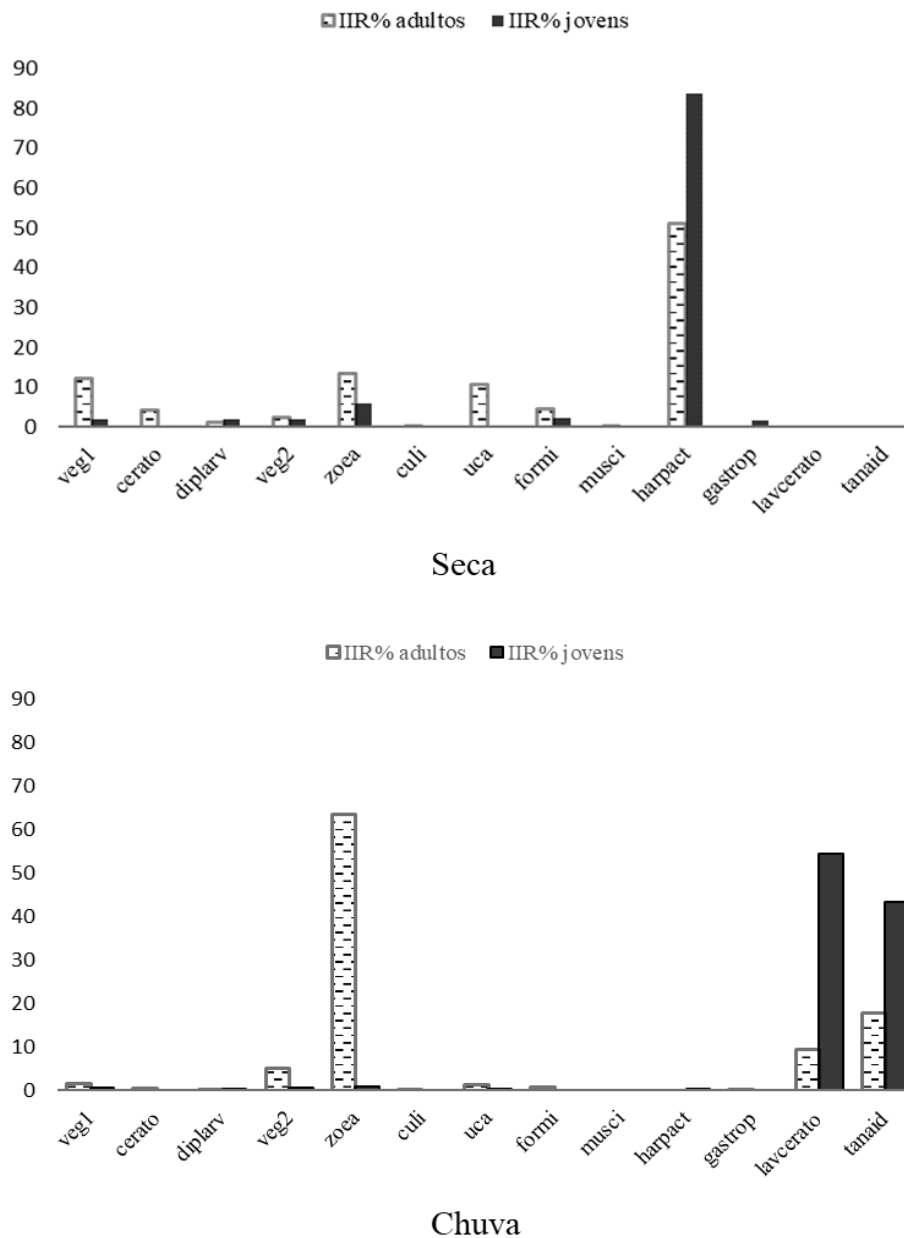


Figura 4. Índice de importância relativa dos itens alimentares na dieta de *Kryptolebias hermaphroditus* jovens e adultos nos períodos de chuva e seca, em manguezais do Rio Grande do Norte.

Apesar dos itens alóctones não apresentarem grande importância relativa na dieta da espécie, a Figura 5 mostra que o consumo de itens autóctones apresenta uma tendência de não coocorrência com os itens alóctones, não há muita sobreposição entre consumo de itens autóctones e alóctones. O número de itens alóctones é bastante inferior ao autóctone, ou seja, quando os indivíduos consomem itens autóctones, aparentam necessitar uma quantidade maior de número de itens, que quando consomem os alóctones (Figura 5).

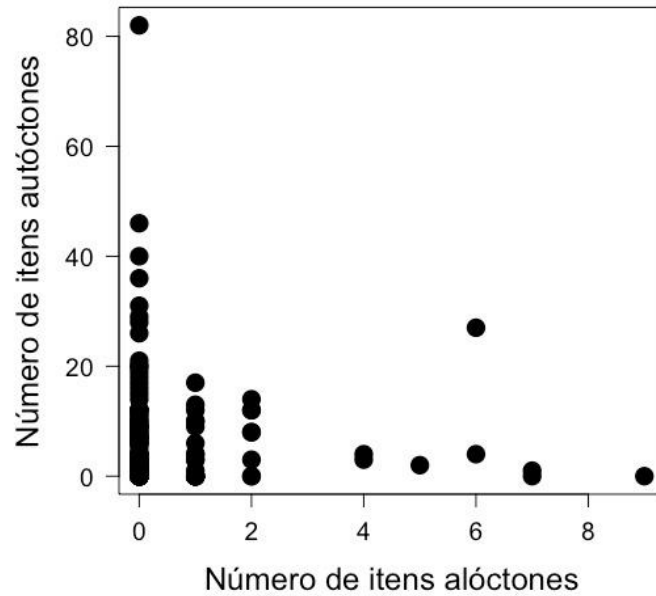


Figura 5: Relação entre o número de itens alimentares alóctones e autóctones por estômago na dieta de *Kryptolebias hermaphroditus* coletados em manguezais do Rio Grande do Norte.

5 DISCUSSÃO

Com relação à composição da dieta, a espécie-irmã *Kryptolebias marmoratus*, consome itens bastantes semelhantes. **Taylor (2012)** fez um compilado de estudos sobre a dieta da espécie-irmã de *K. hermaphroditus*, e verificou-se que a dieta de *K. marmoratus* era composta por crustáceos, dípteras, gastrópodes, copépodes e principalmente larvas de mosquito, e todos esses itens foram encontrados no presente estudo. A prevalência de itens autóctones também é observada em *K. marmoratus*. No entanto, **Taylor (2012)** relatou canibalismo e predação de outros peixes para a espécie o que não foi encontrado em *K. hermaphroditus*.

A predominância de recursos autóctones, tanto na chuva quanto na seca, na dieta de outras espécies de peixes, é relatada em alguns trabalhos (**Rezende & Mazzoni, 2006; Rolla et al, 2009**). Apesar desses resultados, vale ressaltar a importância dos recursos alóctones, uma vez que o aporte de matéria orgânica que é utilizado como alimento vem de fora do ecossistema aquático (**Henry et al, 1994**). A mata ciliar tem grande importância para o aporte de recursos alóctones em peixes continentais, e a remoção da mata ciliar ocasiona mudanças bruscas na estrutura da assembleia e densidade de peixes, além de modificar os padrões de alimentação das espécies (**Lobón-Cerviá et al, 2016**), isso também pode ser observado para as áreas de manguezal, onde o mangue funciona como uma mata ciliar.

No período da chuva o número de itens por indivíduos, a variedade de itens e o volume é maior em relação à seca para *K. hermaphroditus*, e isso foi observado também para a espécie de água doce *Pachyurus bonariensis* Steindachner em duas baías do Pantanal do Mato Grosso (**Fugi et al., 2007**). Naquele estudo verificou-se que na seca apenas dois itens foram encontrados, já na cheia a variedade de itens foi bem maior. Na época de chuva há uma maior fartura de alimentos, pois há uma maior entrada de matéria orgânica vinda da vegetação marginal, onde boa parte dos invertebrados aquáticos bastantes consumidos utilizam como fonte de alimento (**Russo et al, 2002**).

O aporte de material alóctone, tanto vegetal quanto animal, é maior na estação chuvosa e está sujeito a sazonalidade para *Bryconamericus microcephalus* em dois trechos de riachos da Mata atlântica do Rio de Janeiro (**Rezende & Mazzoni 2005**), corroborando com os resultados encontrados. Um estudo realizado com peixes de manguezais na Amazônia, verificou que no período da chuva a biomassa total dos peixes aumentou significativamente, e que as espécies dominantes aumentaram em peso e número durante a estação chuvosa (**Barletta et al, 2003**), isso mostra que o ambiente de manguezal também sofre grande influência da chuva.

O tamanho das presas se mostrou maior nos adultos do que nos jovens, sendo que microcrustáceos Harpacticoida e larvas de Ceratopogonidae foram os itens com mais importância na dieta dos jovens na seca e cheia respectivamente. Os indivíduos adultos, além de possuírem uma variedade de itens maior em relação à importância relativa, tais itens possuem maior volume, como caranguejos *Uca sp.* e formigas, ambos de origem alóctone, em relação à Harpacticoida e larvas de Ceratopogonidae, de origem autóctone. **Moraes et al. (2013)** também encontrou o mesmo para o bagre de água doce *Pimelodella lateristriga* no Sudeste do Brasil (Lichtenstein 1823), com os juvenis consumindo itens menores. Essas variações na dieta corroboram a hipótese de seleção do predador pelo tamanho das presas (**Lima-Junior & Goitein, 2003**). Outros estudos em relação ao predador e tamanho da presa foram realizados, no qual para *Retropinna retropinna* (Richardson) na Nova Zelândia, o tamanho médio da presa dominante aumentava à medida que a boca dos indivíduos aumentava (**Boubee & Ward, 1997**). Essa tendência também foi observada para *K. hermaphroditus*, onde os indivíduos adultos consumiram itens bem maiores.

Apesar dos itens alóctones possuírem uma importância bem menor em relação aos autóctones, o volume por unidade é superior do que os outros itens. Observa-se que há uma relação negativa entre as quantidades de itens por estômago quanto à origem, ou seja, quando há muitos itens autóctones a tendência é não ter itens alóctones, assim como o contrário. Outro ponto a se discutir é a diferença na escala de variação da Figura 5, a dos itens autóctones é bem maior que a alóctone. Quando um item autóctone é consumido, geralmente o número desse item por indivíduo é bem maior que quando comparado aos itens alóctones, que quando consumidos não precisam de uma quantidade muito grande, já que seus volumes são relativamente maiores que os itens autóctones.

As análises de conteúdo estomacal do rívalos do manguezal *Kryptolebias hermaphroditus* indicam que este peixe anfíbio se alimenta principalmente de invertebrados aquáticos. Embora a maioria dos rivulídeos apresente uma dieta dominada por invertebrados terrestres, este grupo de peixes parece depender predominantemente de recursos autóctones, como acontece em sua espécie irmã *K. marmoratus* (Taylor 2012). Além disso, mostramos que apesar de a base da alimentação da espécie ser dominada ao longo do ano por crustáceos, os grupos taxonômicos dominantes na dieta mudam completamente, com a predominância de copepodas Harpacticoida durante a seca e larvas de decapoda (zoea) durante as chuvas. Evidenciamos ainda que a dieta dos jovens é dominada por itens autóctones de tamanho reduzido enquanto os adultos comem itens de diferentes origens e tamanhos. E, por fim, mostramos que existe um *trade-off* no consumo de itens autóctones a alóctones. Embora pouco

frequentes, quando itens alóctones ocorrem em um indivíduo, a quantidade de itens autóctones consumida é muito reduzida.

6. CONCLUSÃO

O peixe-anfíbio neotropical *Kryptolebias hermaphroditus* se comporta como uma espécie invertívora, uma vez que sua dieta é composta predominantemente por invertebrados. A presença de material vegetal deve se dar por ingestão acidental. A dieta da espécie estudada é bastante similar à da sua espécie irmã *K. marmoratus* com predominância de itens autóctones, mas sem canibalismo ou predação de outros peixes. Os resultados mostraram que o período chuvoso influencia na composição da dieta, onde os itens possuem uma maior variedade e abundância com relação à seca. Ontogeneticamente os jovens tendem a consumir itens menores e com menos volume que os adultos e a variedade da dieta dos adultos se apresenta maior que a dos jovens.

7. REFERÊNCIAS

- BARLETTA, M., BARLETTA-BERGAN, A., SAINT-PAUL, U. S. G. H., & HUBOLD, G. (2005). The role of salinity in structuring the fish assemblages in a tropical estuary. *Journal of fish biology*, 66(1), 45-72.
- BARLETTA, M., BARLETTA-BERGAN, A., SAINT-PAUL, U., & HUBOLD, G. (2003). Seasonal changes in density, biomass, and diversity of estuarine fishes in tidal mangrove creeks of the lower Caeté Estuary (northern Brazilian coast, east Amazon). *Marine Ecology Progress Series*, 256, 217-228.
- BASTOS, R. F., MIRANDA, S. F. & GARCIA, A. M. (2013). Dieta e estratégia alimentar de *Characidium rachovii* (Characiformes, Crenuchidae) em riachos de planície costeira do sul do Brasil.
- BOUBEE, J. A., & WARD, F. J. (1997). Mouth gape, food size, and diet of the common smelt *Retropinna retropinna* (Richardson) in the Waikato River system, North Island, New Zealand. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 31(2), 147-154.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Portaria 445/2014, de 17 de dezembro de 2014.
- COSTA, W.J.E.M. (2009). Peixes aploqueilóideos da Mata Atlântica brasileira: história, diversidade e conservação/Aplocheiloid fishes of the Brazilian Atlantic Forest: history, diversity and conservation. *Museu Nacional, Rio de Janeiro*, 172 pp.
- COSTA, W. J. E. M., LIMA, S. M. Q. & BARTOLETTE, R. (2010). Androdioecy in *Kryptolebias* killifish and the evolution of self-fertilizing hermaphroditism. *Biological Journal of the Linnean Society* 99.2 (2010): 344-349.
- COSTA, W.J.E.M. (2011). Phylogenetic position and taxonomic status of *Anablepsoides*, *Atlantirivulus*, *Cynodonichthys*, *Laimosemion* and *Melanorivulus* (Cyprinodontiformes: Rivulidae). *Ichthyology Explorations of Freshwaters*, 22, 233–249.

ESPÍRITO-SANTO, H.M.V., SODRÉ, J.G., & ZUANON, J. (2019). He leaps, she beats: the role of social interactions on the overland movements of an Amazonian amphibious killifish. *Ecology of Freshwater Fish*, 28, 356–364.

FUGI, R., HAHN, N. S., NOVAKOWSKI, G. C., & BALASSA, G. C. (2007). Ecologia alimentar da corvina, *Pachyurus bonariensis* (Perciformes, Sciaenidae) em duas baías do Pantanal, Mato Grosso, Brasil. *Iheringia. Série Zoologia*.

GOODMAN, L.A. (1964). Simultaneous confidence intervals for contrasts among multinomial populations. *Ann. Math. Stat.*, 35 (2): 716-725.

GOVIND, P. (2011). A review of fish model in experimental pharmacology. *Int Res J Pharm*, 2(9), 33-36.

HELLAWELL, J.M. & R.A, ABEL. (1971). Rapid volumetric method for the analysis of the food of fishes. *Journal of Fish Biology* 3: 29-37.

HENRY, R., UIEDA, V. S., DE O. AFONSO, A. A., & KIKUCHI, R. M. (1994). Input of allochthonous matter and structure of fauna in a Brazilian headstream. *Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie: Verhandlungen*, 25(3), 1866-1870.

HYNES, H. B. N. (1950). The food of fresh-water sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pungitius*), with a review of methods used in studies of the food of fishes. *The Journal of Animal Ecology*, p. 36-58,

HYSLOP, E.J. (1980). Stomach contents analysis – a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology* 17, 411–429.

LEE, J. S., RAISUDDIN, S., & SCHLENK, D. (2008). *Kryptolebias marmoratus* (Poey, 1880): a potential model species for molecular carcinogenesis and ecotoxicogenomics. *Journal of Fish Biology*, 72(8), 1871-1889.

LIMA-JUNIOR, S. E., & GOITEIN, R. (2003). Ontogenetic diet shifts of a Neotropical catfish, *Pimelodus maculatus* (Siluriformes, Pimelodidae): An ecomorphological approach. *Environmental Biology of Fishes*, 68(1), 73-79.

LIRA, M.G.S.; DE PAIVA, R.E.C.; RAMOS, T.P.A.; LIMA, S.M.Q. (2015). First record of *Kryptolebias hermaphroditus* Costa, 2011 (Cyprinodontiformes: Rivulidae) in the extreme north atlantic forest mangroves, Rio Grande do Norte State, Brazil. *Check List*, 11, 1656.

LOBÓN-CERVIÁ, J., MAZZONI, R., & REZENDE, C. F. (2016). Effects of riparian forest removal on the trophic dynamics of a Neotropical stream fish assemblage. *Journal of Fish Biology*, 89(1), 50-64.

MORAES, M., SILVA FILHO, J. J. D., COSTA, R., MIRANDA, J. C., REZENDE, C. F., & MAZZONI, R. (2013). Life history and ontogenetic diet shifts of *Pimelodella lateristriga* (Lichtenstein 1823) (Osteichthyes, Siluriformes) from a coastal stream of Southeastern Brazil. *North-Western Journal of Zoology*, 9(2).

PINKAS, L., OLIPHANT, M.S. & IVERSON, I.L.K. (1971). Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters. *Fish Bull* 152:1–105.

RAMOS, J. A. A., BARLETTA, M., DANTAS, D. V., & COSTA, M. F. (2016). Seasonal and spatial ontogenetic movements of Gerreidae in a Brazilian tropical estuarine ecocline and its application for nursery habitat conservation. *Journal of fish biology*, 89(1), 696-712.

REIS, R. E., ALBERT, J. S., DARIO, F. DI., MINCARONE, M. M., PETRY, P. & ROCHA, L. A. (2016). Fish biodiversity and conservation in South America. *Journal of Fish Biology*, doi:10.1111/jfb.13016.

REZENDE, C. F., & MAZZONI, R. (2006). Contribution of autochthonous and alochthonous matter for the diet of *Bryconamericus microcephalus* (Miranda-Ribeiro)(Actinopterygii, Characidae), in two stretches of a Mata Atlântica stream, Rio de Janeiro, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 23(1), 58-63.

- REZENDE, C. F., & MAZZONI, R. (2005). Seasonal variation in the input of allochthonous matter in an Atlantic Rain Forest stream, Ilha Grande-RJ. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 17(2), 167-175.
- ROLLA, A. P. P. R., ESTEVES, K. E., & ÁVILA-DA-SILVA, A. O. (2009). Feeding ecology of a stream fish assemblage in an Atlantic Forest remnant (Serra do Japi, SP, Brazil). *Neotropical Ichthyology*, 7(1), 65-76.
- RUSSO, M. R., A. FERREIRA & R. M. DIAS. (2002). Disponibilidade de invertebrados aquáticos para peixes bentófagos de dois riachos da bacia do rio Iguaçu, Estado do Paraná, Brasil. *Acta Scientiarum*, 24(2): 411-417.
- SCHNEIDER, H., GUIMARÃES-COSTA, A., & SAMPAIO, I. (2017). New record of the mangrove rivulid *Kryptolebias hermaphroditus* Costa, 2011 (Cyprinodontiformes: Cynolebiidae) in the Pará state, northern Brazil. *Check List*, 13, 1.
- SILVA, C. P. D. D. (1999). Estrutura, dieta e padrão longitudinal da comunidade de peixes de dois rios da Estação Ecológica da Juréia-Itatins e sua regulação por fatores bióticos e abióticos. *Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas*, 153pp.
- WINDELL, J. T. & BOWEN, S. H. (1978). Methods for study of fishes diets based on analysis of stomach contents. In: BAGENAL, T. ed. *Methods for assessment of fish production in fresh water. Oxford, Blackwell Scientific*. p.219-226.
- TATARENKOV, A., LIMA, S. M., TAYLOR, D. S., & AVISE, J. C. (2009). Long-term retention of self-fertilization in a fish clade. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(34), 14456-14459.
- TAYLOR, D.S. (2012). Twenty-four years in the mud: what have we learned about the natural history and ecology of the mangrove rivulus, *Kryptolebias marmoratus*? *Integrative and Comparative Biology*, 52, 724–736.

VERMEULEN, F.B.M. & HRBEK, T. (2005). *Kryptolebias sepia* n. sp. (Actinopterygii: Cyprinodontiformes: Rivulidae), a new killifish from the Tapanohony River drainage in southeast Surinam. *Zootaxa* 928: 1–20.