



Universidade Federal do Rio Grande
Instituto de Ciências Biológicas
Pós-graduação em Biologia de Ambientes Aquáticos
Continentais

**A importância dos sistemas aquáticos na ecologia trófica da
lagartixa-da-areia (*Liolaemus occipitalis* Boulenger, 1885) em
habitats de dunas de areia**

Laís da Silva Martins

Orientador: Dr. Alexandro Marques Tozetti

Rio Grande
2016

A importância dos sistemas aquáticos na ecologia trófica da lagartixa-da-areia (*Liolaemus occipitalis* Boulenger, 1885) em habitats de dunas de areia

Aluna: Laís da Silva Martins

Orientadora: Dr. Alexandro Marques Tozetti.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais.

Dedico este trabalho aos meus pais pelos incansáveis esforços para tornar meus sonhos realidade e por sempre acreditar em mim.

AGRADECIMENTOS

Ao orientador Alexandro Marques Tozetti, pela oportunidade de realização desse trabalho, oferecendo uma orientação completa e incentivando sempre na busca de novos conhecimentos.

Aos técnicos do laboratório de Zoologia, Francis e Elis, que estavam sempre disponíveis a ajudar durante as dúvidas.

Ao professor Alexandre Garcia pela ajuda com as análises dos isótopos.

Ao Mateus Oliveira, à Marluci Rebelato Müller, por sempre estarem disponível a responder e discutir questões sobre o trabalho.

Aos alunos de graduação do LEVERT pelo suporte no processamento das amostras.

Aos órgãos financiadores CNPq e Capes pelo apoio financeiro na realização deste trabalho e pela bolsa de mestrado.

Aos meus colegas de curso por tornar as aulas do curso mais divertidas.

Aos professores do BAC pelos novos conhecimentos e pelos direcionamentos e puxões de orelhas.

À minha família, em especial minha super mãe, Patrícia Lima da Silva, que me apoia em todas as minhas decisões, nas coletas, em tudo. Sem você eu jamais teria conseguido chegar onde cheguei. Você é o meu maior exemplo, te amo!

Ao meu pai Ricardo Antônio Borges Martins, que sempre me incentivou a alcançar meus sonhos e me tornar uma bióloga.

A minha tia Rosaura Martins Caurio por ser uma segunda mãe em todos os momentos em que precisei.

A minha irmã por tornar minhas idas a Porto Alegre bem mais divertidas.

A minha “mãedrastra” Joana Moura Martins pelo carinho de sempre.

Ao meu “paidrasto” Ricardo Roca por sempre estar perto, mesmo quando estamos longe.

Resumo

A identificação de eventos de transferência de matéria e energia entre habitats tem sido intensamente estudada pelos ecólogos. Esse gradiente de energia se dá através da entrada e saída de matéria. A transferência inter-habitat de material é também conhecida como subsídio trófico. Na região sul do Brasil, o cordão de dunas litorânea apresenta um complexo de banhados adjacentes. Os banhados são ecossistemas muito produtivos, diferente do ambiente de dunas, cuja produtividade é muito baixa. Assim, o objetivo do estudo foi analisar se ocorre transferência energética entre esses dois ambientes, e se essa transferência muda de acordo com nível de alagamento dos banhados. *Liolaemus occipitalis* apresenta um habitat estritamente de dunas e foi a espécie escolhida para representar a importância dos ambientes úmidos que cercam essas áreas. Foi utilizado a análise de isótopos estáveis (AIE) para analisar os valores isotópicos dos tecidos dos lagartos coletados, bem como para os valores das fontes aquáticas e terrestres mais abundantes na área amostrada. Também foi realizada a análise de conteúdo estomacal (ACE) para complementar os dados de isótopos. Os valores isotópicos dos tecidos dos lagartos variaram com a mudança do nível de alagamento dos banhados, bem como a contribuição das diferentes fontes coletadas (aquáticas e terrestres). O valor e o tamanho das elipses também variou de acordo com as estações, sendo maior na estação de pico de seca, corroborando com o que foi encontrada na ACE, na qual, no mesmo período, foi encontrado um maior volume e maior número de diferentes itens alimentares encontrados. Sendo assim, foi possível comprovar que há essa transferência de matéria e energia entre esses dois ambientes, comprovando que, para preservação dos animais que vivem nos ambientes menos produtivos (dunas) é necessário a conservação também dos habitats que fornecem suporte trófico a eles (banhados).

Palavras-chave: subsídio trófico, banhados, dunas, isótopos estáveis, ecologia trófica, dieta.

Lista de Tabelas

Capítulo 2

Tabela 1 – Valores médios de $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ ($X \pm$ desvio padrão) das fontes basais e do consumidor nas diferentes estações coletados nas dunas de Rio Grande, RS, Brasil.

Listas de Figuras

Capítulo 1

Figura 1- Mapa sul americano onde se observa a distribuição dos gêneros da família *Liolaemidae*, representados pelo sombreamento verde (Abdala e Quinteros, 2013).

Capítulo 2

Figura 1 - Em A está representada a área de estudo na Praia do Cassino, no município de Rio Grande, Rio Grande do sul, Brasil. Em B está representado uma imagem dos sangradouros com baixo nível de água (pico de seca) e C uma imagem dos sangradouros com alto nível de água (pico de alagamento), quando o banhado adjacente as dunas deságuam na praia.

Figura 2 - Contribuição, em volume (figura A) e frequência de ocorrência (figura B), das diferentes fontes alimentares em cada período amostrado. 1 = pico de seca; 2 = início do alagamento; 3 = pico de alagamento.

Figura 3 - Biplot dos valores de isótopo de carbono e nitrogênio para as fontes aquáticas e terrestres (media \pm desvio padrão) e valores isotópicos das amostras de músculos dos lagartos coletados no cordão de dunas do município de Rio Grande (■ = início do alagamento; ▲ = pico de seca; ● = pico de alagamento; ○ = fonte terrestre; △ = fonte aquática; □ = POM+SOM).

Figura 4 - Boxplot da contribuição das fontes primárias para o valor isotópico do músculo de *Liolaemus occipitalis* no pico de seca (A), início de alagamento (B) e pico de alagamento (C).

Figura 5 - Tamanho (figura A) e a sobreposição (figura B) entre si das elipses isotópicas entre os períodos das amostragens (Figura A: ○ = lagartos pico de seca; △ = lagartos início do alagamento; + = lagartos pico alagamento; Elipse verde = pico de alagamento; Elipse vermelha = início do alagamento; Elipse preta = pico de seca; Figura B: 1 = pico de seca; 2 = início do alagamento; 3 = pico de alagamento).

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
RESUMO	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
LISTA DE TABELAS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
LISTAS DE FIGURAS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
SUMÁRIO	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
CAPÍTULO 1	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
INTRODUÇÃO GERAL	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
Aplicação de isótopos estáveis para estudo da ecologia trófica	Erro! Indicador não definido.
Espécie alvo do estudo: a lagartixa-da-areia, <i>Liolaemus occipitalis</i> ...	Erro! Indicador não definido.
Objetivos	Erro! Indicador não definido.6
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.7
CAPÍTULO 2	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.2
A IMPORTÂNCIA DO SISTEMAS AQUÁTICOS NA ECOLOGIA TRÓFICA DA LAGARTIXA- DA-AREIA (<i>LIOLAEMUS OCCIPITALIS</i> BOULENGER, 1885) EM HABITATS DE DUNAS DE AREIA	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.3
RESUMO	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.4
ABSTRACT	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.5
INTRODUÇÃO	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.6
METODOLOGIA	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.9
Área de estudo e amostragem	29
Delineamento amostral	30Erro! Indicador não definido.
Capturas dos lagartos	Erro! Indicador não definido.1
Avaliação da dieta dos lagartos	Erro! Indicador não definido.2

Avaliação da contribuição dos produtores aquáticos e terrestres para sustentação dos lagartos	Erro! Indicador não definido.3
Análises dos dados.....	Erro! Indicador não definido.5
RESULTADOS	35
Análise de conteúdo estomacal	Erro! Indicador não definido.5
Análise de Isótopos Estáveis	Erro! Indicador não definido.7
DISCUSSÃO	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.2
Considerações Finais	Erro! Indicador não definido.4
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.6

CAPÍTULO 1

Introdução Geral

A obtenção de alimento é uma das mais importantes dimensões do nicho ecológico de uma espécie (Travassos et al., 2015). A identificação de eventos de transferência de matéria e energia entre habitats tem sido intensamente estudado pelos ecólogos em diferentes habitats e envolvendo vários grupos taxonômicos (Fantle et al., 1999; McCluney e Sabo, 2010). Essa transferência de material inter-habitat é também conhecida como subsídio trófico (Polis et al., 1997), na qual a energia fixada por organismos fotossintetizantes, que é incorporada ao longo da cadeia alimentar por outros organismos, acaba sendo conduzida e incorporada nas cadeias tróficas de outros habitats. A transferência pode ser medida de várias formas, seja pela movimentação dos indivíduos durante sua dispersão (transferência ativa), seja pelo transporte acidental de partes dos organismos de um ambiente ao outro (transferência passiva). Como exemplo de transferência ativa, podemos citar os peixes anádromos, caracterizados por apresentarem uma parte da sua vida na água doce e outra na água salgada (Naiman et al., 2002; Walters et al., 2009), cujo representante mais popular é o salmão. Exemplos de transferência passiva seriam aqueles onde o fluxo de matéria e energia se daria por meio de vetores físicos como a água e o vento (Reichardt, 1996), transportando fragmentos, excretas ou carcaças de organismos de um habitat à outro.

A importância do subsídio trófico na manutenção energética de um sistema pode alcançar níveis extremos como o proposto por Fisher e Likens (1973), que descreveram que a maioria de matéria que entra num determinado rio é alóctone, ou seja, vem de outros ambientes, sendo que apenas 1% é produzida dentro deste rio (autóctone). Sendo assim,

um ecossistema adjacente ao rio que estaria suprindo a falta de energia. Essa mesma analogia pode ser aplicada a qualquer relação ecotonal, como no caso da transferência entre ambientes terrestres/aquáticos (Sanzone et al., 2003). Insetos aquáticos após sua metamorfose, por exemplo, migram para habitats terrestres para completarem seus ciclos de vida, onde passam a compor a rede trófica terrestre, servindo como presas para consumidores insetívoros (Jackson e Fisher, 1986).

Habitats associados a áreas alagáveis apresentam oferta de recurso que variam de acordo os ciclos de alagamento, uma vez que esses eventos coincidem com os picos de produtividade primária (Seigel et al., 1995; Wellborn et al., 1999). Esses picos de produtividade podem fornecer um suporte de energia e matéria a ambientes próximos, configurando uma dinâmica de exportação e/ou importação de biomassa, que vem sendo bastante explorada por pesquisadores (Polis et al., 1997). No litoral do extremo sul brasileiro, por exemplo, o fluxo de energia entre os sistemas marinho e dulcícola são promovidos pela entrada de juvenis de tainha (*Mugil liza*) nos banhados de água doce litorâneos (Oliveira et al., 2014), enriquecendo-os com matéria de origem marinha.

A extensa área de banhados sub-temperados encontrada no extremo sul do Brasil proporciona as condições ideais para a investigação do papel do subsídio trófico entre os sistemas aquático e terrestre. Banhados são áreas alagadas permanentes ou temporárias, cuja denominação varia de acordo como a região do país (brejos, pântanos, pantanal, charcos, varjões, alagados, entre outros). São caracterizados pela presença de água rasa ou solo saturado de água, pelo acúmulo de material orgânico proveniente da vegetação e pela presença de plantas e animais adaptados à vida aquática (Burger, 2010). De acordo com Junk et al. (1989), banhados são zonas de transição entre os ambientes aquáticos e terrestres, que são 'alimentados' por fontes como rios e lagos adjacentes, pela precipitação direta ou por águas subterrâneas. Esse ecossistema funciona como um fornecedor de matéria orgânica, resultando em uma alta biodiversidade composta por espécies tanto do sistema aquático como do terrestre (Mitsch e Gosselink, 2000). São ecossistemas prioritários à conservação, pois suportam uma rica biodiversidade apresentam uma alta produtividade e oferecem diversos recursos a sociedade (Rolon e Maltchik, 2006).

Entender como se dá o fluxo de matéria dos ambientes úmidos para os ecossistemas adjacentes é a chave para entender o potencial dos banhados em fornecer subsídios tróficos aos ambientes que o cercam (Tozetti et al., dados não publicados). Na parte costeira do extremo sul do Brasil os banhados são permeados por formações de

dunas de areia (Peterson e Dersch, 1981), caracterizadas por grande diversidade e também por populações de organismos pouco produtivos quando comparados aos banhados (Peterson e Dersch, 1981). O movimento constante da areia, escassez de nutrientes, escassez de matéria orgânica, drenagem rápida da água e elevadas taxas de evaporação, limitam o crescimento das plantas e dos animais, resultando em um ambiente que não suporta um alto número de consumidores primários (Peterson e Dersch, 1981).

O município de Rio Grande situa-se no extremo sul do Brasil (32°04'54.00"S 52°09'48.00"O), abrigando extensas áreas de planícies alagáveis com predomínio de campos, dunas, restingas (Martins et al., 2014). As dunas costeiras possuem uma cobertura vegetal esparsa, grande variação térmica diária, alta drenagem e predomínio de corpos d'água temporários (Oliveira et al., 2013). Essa configuração do habitat faz da região uma área de estudo interessante para a avaliação das interações tróficas entre os sistemas aquático e terrestres. Alguns estudos na região já avaliaram essa interação no que diz respeito a aves (Bugoni et al., 2010) e peixes (Abreu et al., 2006), muito embora pouco se saiba sobre essa interligação de cadeia alimentares envolvendo outros vertebrados, como o caso dos lagartos.

A composição da dieta de um lagarto pode variar devido a inúmeros fatores, como o sexo (macho ou fêmea), estágio ontogenético e a sazonalidade climática (seca vs. chuva; calor vs. frio). Os efeitos da sazonalidade sobre a dieta já foram testados em diferentes espécies de lagartos. Em *Cnemidophorus tigris* (Baird e Girard, 1852), por exemplo, Pianka (1970) encontrou que o comprimento do corpo desse lagarto é proporcional a pluviosidade anual da região, sugerindo que a abundância dessa espécie está relacionada a oferta de alimentos. Vitt e Lacher (1981) encontraram que *Polychrus acustirostris* (Spix, 1825) apresenta sua dieta relacionada a reprodução, ou seja, em períodos reprodutivos ocorre uma diferenciação na sua alimentação. Schoener et al. (1982) mostraram uma diferenciação de *Iguana iguana* (Linnaeus, 1758) devido à grande importância de flores e frutas na sua dieta, eventos que acontecem principalmente em uma época específica do ano. *Kentropyx calcarata* (Spix, 1825) apresentou diferenças na composição e tamanho das presas, tamanho do corpo e tempo de atividade nas duas estações amostradas (seca e chuvosa; Vitt, 1991). Em *Cnemidophorus littoralis* (Rocha, Araújo, Vrcibradic e Costa, 2000), Teixeira-Filho et al. (2003) não encontraram diferenças significativas na composição da dieta entre machos e fêmeas, entre as estações seca e chuvosa e entre as idades dos animais. No entanto, a previsibilidade na dieta de muitas espécies de lagartos neotropicais

não é suficiente para que se avalie a dependência desses organismos aos diferentes habitats do entorno de suas áreas de vida.

No sistema de dunas da planície costeira do Rio Grande do Sul existem algumas espécies de lagartos com pequena área de vida e baixo poder de deslocamento, como, por exemplo, a lagartixa-da-areia *Liolaemus occipitalis* (Boulenger, 1885). Esta espécie constitui em um bom modelo de estudo para avaliar a incorporação de matéria aquática em organismos terrestres, onde hipoteticamente suas relações tróficas podem ser determinadas por diversos fatores, tais como história evolutiva, o tamanho do corpo, especializações e disponibilidade de presas. Mesmo forrageando exclusivamente em ambientes de dunas, a alta produtividade dos banhados pode gerar uma contribuição importante para a manutenção das populações de *L. occipitalis*. Todavia, essa afirmação depende do levantamento de dados em campo que até o momento são inexistentes.

Aplicação de isótopos estáveis para estudo da ecologia trófica

A maioria dos estudos com ecologia trófica é realizada com a análise de dados observacionais do conteúdo estomacal, ou pelo acesso direto ao estômagos de indivíduos mortos naturalmente ou de forma intencional (George-Nascimento et al., 1985), ou pela lavagem estomacal, ou através da coleta de fezes (Gill et al., 1983; Dickman e Huang, 1988). O grande problema dessas ferramentas é que elas inferem dados apenas dos alimentos recém ingeridos (Layman et al., 2012), não permitindo a avaliação de animais com o estômago vazio, nem mesmo o que foi assimilado pelo corpo do animal. À respeito do que foi assimilado, informações cruciais sobre as fontes primárias que sustentam uma cadeia trófica acabam sendo desconsideradas por estas abordagens observacionais (Schindler e Lubetkin, 2004).

Uma alternativa que vem sendo utilizada para entender estas relações tróficas é a análise de isótopos estáveis (AIE), que além de evitar os problemas relacionados as outras metodologias, pode responder as questões que a análise do conteúdo não forneceria (Peterson e Fry, 1987). Os isótopos são átomos de um mesmo elemento que possuem diferente número de nêutrons como, por exemplo, o carbono (^{12}C , ^{13}C) e o nitrogênio (^{14}N , ^{15}N). Esses elementos são utilizados para identificar as fontes orgânicas de determinados matérias. Esta seria uma evidência indireta sobre as rotas de transferência de energia dentro das cadeias e teias tróficas (Fry, 2006). A maioria dos estudos realizados no extremo sul brasileiro utilizando essa técnica está relacionada a

peixes (Abreu et al., 2006; 2007; Garcia et al., 2007), aves (Quillfeldt et al., 2008; Bugoni et al., 2010), anfíbios (Huckenback et al., 2014) e mamíferos marinhos (Botta et al., 2012; Zenteno et al., 2013).

Assim como a AIE é utilizada para avaliar a ecologia trófica dos animais, também auxilia para descobrir a fonte primária de carbono que sustenta os sistemas tróficos. Ou seja, podemos inferir os valores de carbono e nitrogênio para plantas aquáticas e terrestres que servem de fonte primária para cada ecossistema. Esses valores mudam de planta para planta devido a diferença no seu metabolismo. Existem três diferentes tipos de metabolismo: C3, C4 e CAM (Kerbaudy, 2004). Eles dependem do número de carbonos que o primeiro composto estável apresenta. De acordo com o tipo de metabolismo, as plantas podem apresentar diferentes valores de notação delta (Δ), que é a relação entre composição isotópica (R) da amostra sobre a composição isotópica padrão. Nas plantas C3 esse valor varia de -24‰ a -38‰. Nas plantas C4 esse valor varia de -11‰ a -15‰, isso ocorre, pois diferentes das plantas C3, o carbono é fixado como bicarbonato e o fracionamento isotópico durante essa fixação é menor que o fracionamento da fixação do gás carbônico (plantas C3) (Martinelli et al., 2009). Nas plantas CAM, ocorre o stress hídrico, ou seja, elas possuem o metabolismo C4, mas abrem os estômatos para as trocas gasosas somente à noite para evitar a perda de água (Kerbaudy, 2004). Nessas plantas os valores de Δ são muito similar ao das plantas C4 (Martinelli et al., 2009).

Espécie alvo do estudo: a lagartixa-da-areia, Liolaemus occipitalis

A família *Liolaemidae* consiste de mais de 200 espécies pertencentes ao gênero *Ctenophores*, *Liolaemus* e *Phymaturus*. *Liolaemus* é o gênero mais irradiado, com 200 espécies (Pincheira-Donoso et al., 2008a). As espécies de *Liolaemus* sul-americanas distribuem-se entre Argentina, Bolívia, Brasil, Chile, Paraguai, Peru e Uruguai, sendo assim colonizadoras de quase todos os habitats disponíveis no centro-sul e sul da América do Sul (Pincheira-Donoso et al., 2008a; Figura 1).

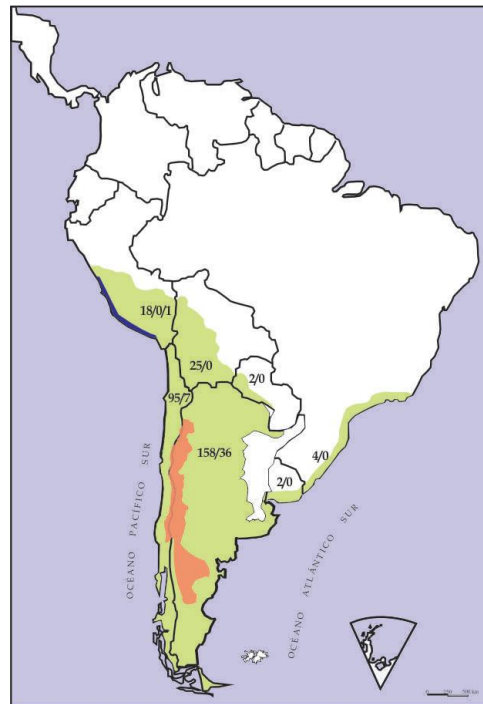


Figura 1: Mapa sul americano onde se observa a distribuição dos gêneros da família *Liolaemidae*. O sombreamento verde representa a distribuição do gênero *Liolaemus*, o vermelho do gênero *Phymaturus* e o azul, do gênero *Ctenoblepharys*. Os números representam, respectivamente, o número de espécies de cada gênero no país correspondente. (Abdala e Quinteros, 2013).

A lagartixa-da-areia (*Liolaemus occipitalis*) é uma espécie relativamente comum em ambientes de dunas costeiras do sul brasileiro e associada a ambientes abertos. Os resultados do estudo de Bujes e Verrastro (2006) também indicaram que *Liolaemus occipitalis* regula sua temperatura corporal através de mecanismos comportamentais. Sua temperatura corporal ideal varia em uma base diária e sazonal, de acordo com a variação térmica nas dunas. A temperatura do substrato é a fonte de calor mais importante para a termorregulação de *L. occipitalis*. A temperatura do corpo de *L. occipitalis*, apesar de ser mais baixa, é relativamente semelhante à de outras espécies de *Liolaemus*. Apresenta dimorfismo sexual acentuado, tem dieta basicamente insetívora e reproduz-se entre setembro e março (Verrastro e Krause, 1999). Devido ao seu hábitat restrito ao cordão de dunas, ao fato de ser um lagarto insetívoro (insetos são o principal elo de ligação entre os dois ambientes) e a importância ecológica devido a sua vulnerabilidade (espécie apresenta-

se em situação vulnerável a extinção; Decreto N.º 51.797, de 8 de Setembro de 2014) esse lagarto foi escolhido como meio para desenvolver este estudo.

Objetivos

O presente estudo teve como objetivo avaliar qual a origem dos recursos alimentares para o lagarto que vive nas dunas. A hipótese que suporta esse objetivo é que as dunas não possuem produtividade suficiente para suportar a quantidade de animais que vivem ali, podendo ocorrer uma dependência de fontes alóctones (banhados) para suprir a necessidade dos indivíduos que residem nas dunas. Outro objetivo será avaliar se essa fonte varia sazonalmente, já que a produtividade do banhado que estaria, supostamente, fornecendo subsídio às dunas, varia de acordo com nível de alagamento e a pluviosidade. O objetivo deste trabalho não é informar a dieta da espécie, e sim atribuir a isso a importância de fontes alóctones a esse animal. Sendo assim, se verdadeira essa premissa, só a conservação dos ambientes de dunas e restinga não seria suficiente para manter o ecossistema que ali reside. Se comprovado, sem os banhados dando suporte a esses ambientes, é possível uma diminuição em riqueza e abundância dos ecossistemas mais pobres. O ideal seria buscar alternativas para a preservação e para que o banhado ainda continuasse com sua alta produtividade, tornando-se importante, principalmente porque atualmente eles são uma das paisagens mais degradadas pela ação antrópica.

Referências Bibliográficas

- Abdala, C.S., Quinteros, A.S. 2013. Los últimos 30 años de estudios de la familia de lagartijas más diversa de Argentina. Actualización taxonómica y sistemática de *Liolaemidae*. Cuad. herpetol. 28 (2), 00-00
- Abreu, P.C., Costa, C.S.B., Bemvenuti, C.E., Odebrecht, C., Graneli, W., Anésio, A.M. 2006. Eutrophication processes and trophic interactions in a shallow estuary: preliminary results based on stable isotope analysis ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$). Estuar. Coast. 29, 277–285.
- Abreu, P.C., Ballester, E.L.C., Odebrecht, C., Wasielesky Jr, W., Cavalli, R.O., Granéli, W., Anésio, A. 2007. Importance of biofilm as food source for shrimp (*Farfantepenaeus paulensis*) evaluated by stable isotopes (delta 13C and delta 15N). J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 347, 88-96.
- Botta, S., Hohn, A.A., Macko, S.A., Secchi, E.R. 2012. Isotopic variation in delphinids from the subtropical western South Atlantic. J. Mar. Biol. Assoc. UK. 92(08), 1689-1698.
- Bugoni, L., McGill, R.A., Furness, R.W. 2010. The importance of pelagic longline fishery discards for a seabird community determined through stable isotope analysis. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 391(1), 190-200.
- Bujes, C.S., Verrastro, L. 2006. Thermal biology of *Liolaemus occipitalis* (Squamata, Tropiduridae) in the coastal sand dunes of Rio Grande do Sul, Brazil. Braz. J. Biol. 66(3), 29-41.
- Burger, M. I. 2010. "Situação e ações prioritárias para a conservação de banhados e áreas úmidas da zona costeira." Disponível em [round7/round7/guias_r7/sismica_r7/refere/Banhados.pdf](#)>
- Dickman, C.R., Huang, C. 1988. The reliability of fecal analysis as a method for determining

the diet of insectivorous mammals. DOI: [dx.doi.org/10.2307/1381753](https://doi.org/10.2307/1381753), 108-113.

George-Nascimento, M., Bustamante, R., Oyarzún, C. 1985. Feeding ecology of the South American sea lion *Otaria flavescens*: food contents and food selectivity. *Marine Ecology Progress Series*, 21, 135–143.

Gill, R.B., Carpenter, L.H., Bartmann, R.M., Baker, D.L., Schoonveld, G.G. 1983. Fecal analysis to estimate mule deer diets. *The Journal of Wildlife Management*, 47(4), 902-915.

Fantle, M.S., Dittel, A.I., Schwalm, S.M., Epifanio, C.E., Fogel, M.L. 1999. A food web analysis of the juvenile blue crab, *Callinectes sapidus*, using stable isotopes in whole animals and individual amino acids. *Oecologia*, 120(3), 416-426.

Fisher, S.G., Likens, G.E. 1973. Energy flow in Bear Brook, New Hampshire: an integrative approach to stream ecosystem metabolism. *Ecol. Monogr.* 43(4), 421-439.

Fry, B. 2006. *Stable Isotope Ecology*, ed. Springer, New York.

Garcia, A.M., Hoeninghaus, D.J., Vieira, J.P., Winemiller, K.O. 2007. Isotopic variation of fishes in freshwater and estuarine zones of a large subtropical coastal lagoon. *Estuar. Coast. Shelf. S.* 3, 399-408.

Huckembeck, S., Loebmann, D., Albertoni, E.F., Hefler, S.M., Oliveira, M.C., Garcia, A. M. 2014. Feeding ecology and basal food sources that sustain the Paradoxal frog *Pseudis minuta*: a multiple approach combining stomach content, prey availability, and stable isotopes. *Hydrobiologia*. 740 (1), 253-264.

Jackson, J.K., Fisher, S.G. 1986. Secondary production, emergence, and export of aquatic insects of a Sonoran Desert stream. *Ecology*. 67(3), 629-638.

Junk, W.J., Bayley, P.B., Sparks, R.E. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems." Canadian special publication of fisheries and aquatic sciences. 106(1), 110-127.

Kerbaui, G.B. 2004. Fisiologia vegetal. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.

Layman, C.A., Araujo, M.S., Boucek, R., Hammerschlag-Peyer, C.M., Harrison, E., Jud, Z.R., Matich, P., Rosenblatt, A.E., Vaudo, J.J., Yeager, L.A., Post, D.M., Bearhop, S. 2012. Applying stable isotopes to examine food-web structure: an overview of analytical tools. Biol. Ver. 87, 545–562

Martins, L.S., Verrastro, L., Tozetti, A.M. 2014. The Influences of Habitat on Body Temperature Control in a Southern Population of *Liolaemus occipitalis* (Boulenger, 1885) in Brazil. South American Journal of Herpetology 9(1), 9-13.

Martinelli, L.A., Ometto, J.P.H.B., Ferraz, E.S., Victoria, R.L., Camargo, P.B., Moreira, M.Z. 2009. Desvendando Questões Ambientais com Isótopos Estáveis. São Paulo, Brasil: Oficina de Textos, 144 p.

McCluney, K.E., Sabo, J.L. 2010. Tracing water sources of terrestrial animal populations with stable isotopes: laboratory tests with crickets and spiders. PloS one. 5(12), e15696.

Mitsch, W.J., Gosselink, J.G. 2000. The value of wetlands: importance of scale and landscape setting. Ecol. Econ. 35(1), 25-33.

Naiman, R.J., Bilby, R.E., Schindler, D.E., Helfield, J.M. 2002. Pacific salmon, nutrients, and the dynamics of freshwater and riparian ecosystems." Ecosystems. 5(4), 399-417.

- Oliveira, M.C.L.M., Bastos, R.F., Claudino, M.C., Assumpção, C.M., Garcia, A.M. 2014. Transport of marine-derived nutrients to subtropical freshwater food webs by juvenile mullets: a case study in southern Brazil. *Aquatic. Biology.* 20, 91-100.
- Oliveira, M.C.L.M., Santos M.B., Loebmann D., Hartman A., Tozetti, A.M. 2013. Diversity and associations between coastal habitats and anurans in southernmost Brazil. *An. Acad. Bras. Cien.* 85(2), 575-582.
- Peterson, B.J., Fry, B. 1987. Stable isotopes in ecosystem studies. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 18, 293-320.
- Peterson, J.M., Dersch, E. 1981. A guide to sand dune and coastal ecosystem functional relationships, ed. Michigan State University Cooperative Extension Service, Michigan.
- Pianka, E.R. 1970. Comparative autoecology of the lizard in different part of its geographic range *Cnemidophorus tigris*. *Ecology.* 51(4), 703-720
- Pincheira-Donoso, D., Scolaro, J.A., Sura, P. 2008a. A monographic catalogue on the systematics and phylogeny of the South American iguanian lizard family *Liolaemidae* (Squamata, Iguania). *Zootaxa.* 1800, 1–85.
- Pincheira-Donoso, D., Hodgson, D.J., Tregenza, T. 2008b. Comparative evidence for strong phylogenetic inertia in precloacal signalling glands in a species-rich lizard clade. *Evol. Ecol. Res.* 10(1), 11-28.
- Polis, G.A., Anderson, W.B., Holt, R.D. 1997. Toward an integration of landscape and food web ecology: the dynamics of spatially subsidized food webs. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 28, 289-316.
- Quillfeldt, P., Bugoni, L., McGill, R.A., Masello, J.F., Furness, R.W. 2008. Differences in stable isotopes in blood and feathers of seabirds are consistent across species, age and latitude: implications for food web studies. *Mar. Biol.* 155(6), 593-598.

- Reichardt, K. 1996. Dinâmica da matéria e da energia em ecossistemas, ed. USP-ESALQ, Piracicaba.
- Sanzone, D.M., Meyer, J.L., Martí, E., Gardiner, E.P., Tank, J.L., Grimm, N.B. 2003. Carbon and nitrogen transfer from a desert stream to riparian predators. *Oecologia*. 134(2), 238-250.
- Schindler, D.E., Lubetkin, S.C., 2004. Using stable isotopes to quantify material transport in food webs, ed. University of Chicago Press, Chicago.
- Schoener, T.W., Slade, J.B., Stinson, C.H. 1982. Diet and sexual dimorphism in the very catholic lizard genus, *Leiocephalus* of the Bahamas. *Oecologia*. 53(2), 160-169.
- Seigel, R.A., Gibbons, J.W., Lynch, T.K. 1995. Temporal changes in reptile populations: effects of a severe drought on aquatic snakes. *Herpetologica*. 51, 424-434.
- Tozetti, A.M., Bastos, R.F., Rebelato, M.M., Oliveira, M., Garcia, A.M. 2015. Isotopic niche and relative importance of terrestrial and aquatic primary carbon sources sustaining anurans in a subtemperate wetland. *Hydrobiologia* (no prelo).
- Teixeira-Filho, P.F., Rocha, C.F.D., Ribas, S.C. 2003. Relative feeding specialization may depress ontogenetic, seasonal, and sexual variations in diet: the endemic lizard *Cnemidophorus littoralis* (Teiidae). *Braz. J. Biol.* 63(2), 321-328.
- Travassos, M.L., Tinoco, M.S., Marques, R., Delabie, J.H. 2015. Lizard prey predilections and resource use in restinga habitats on the north coast of Bahia. *Salamandra*. 51(2), 171-181.
- Verrastro, L., Krause, L. 1999. Ciclo reprodutivo de machos de *Liolaemus occipitalis* Boulenger (Sauria, Tropiduridae). *Rev. Bras. Zool.* 16(1), 227-231.

- Vitt, L.J. 1991. Ecology and life history of the wide-foraging lizard *Kentropyx calcarata* (Teiidae) in Amazonian Brazil. *Can. J. Zoolog.* 69(11), 2791-2799.
- Vitt, L.J., Lacher, J.T.E. 1981. Behavior, habitat, diet, and reproduction of the iguanid lizard in the caatinga of northeastern Brazil. *Polychrus acutirostris*. *Herpetologica.* 37(1), 53-63.
- Walters, D.M., Roy, A.H., Leigh, D.S. 2009. Environmental indicators of macroinvertebrate and fish assemblage integrity in urbanizing watersheds. *Ecol. Indic.* 9(6), 1222-1233.
- Wellborn, G.A., Skelly, D.K., Werner, E.E. 1999. Mechanisms creating community structure across a freshwater habitat gradient. *Annu. Rev. Ecol. Evol. S.* 27, 337-363.
- Zenteno, L., Crespo, E., Goodall, N., Aguilar, A., Oliveira, L., Drago, M., Secchi, E.R., Garcia, N, Cardona, L. 2013. Stable isotopes of oxygen reveal dispersal patterns of the South American sea lion in the southwestern Atlantic Ocean. *J. Zool.* 291(2), 119-126.

CAPÍTULO 2

A importância do sistemas aquáticos na ecologia trófica da lagartixa- da-areia (*Liolaemus occipitalis* Boulenger, 1885) em habitats de dunas de areia

Manuscrito a ser submetido a revista Zoology

**A importância dos sistemas aquáticos na ecologia trófica da lagartixa-
da-areia (*Liolaemus occipitalis* Boulenger, 1885) em habitats de dunas de
areia**

**Laís da Silva Martins¹, Alexandre Miranda Garcia³, Rodrigo Ferreira Bastos³ e Alexandro
Marques Tozetti²**

1 Laboratório de Ecologia de Vertebrados Terrestres, Instituto de Ciências Biológicas,
Universidade Federal do Rio Grande, Avenida Itália, Km 8, 96201-900 Rio Grande, RS, Brasil

2 Laboratório de Ecologia de Vertebrados Terrestres, Universidade do Vale do Rio dos Sinos,
Avenida Unisinos, 950, 93022-000 São Leopoldo, RS, Brasil

3 Laboratório de Ictiologia, Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande,
Caixa Postal 474, Rio Grande, Rio Grande do Sul 96203-900, Brazil

Palavras-chave: subsídio trófico, banhados, dunas, isótopos estáveis, ecologia trófica, dieta

Correspondência para: Laís da Silva Martins. E-mail: bio.laissm@gmail.com

Resumo

Os subsídios tróficos ou a transferência de matéria e energia entre habitats pode subsidiar a manutenção de populações de consumidores em habitats relativamente pouco produtivos. No extremo sul brasileiro existem extensas áreas de banhados que ocorrem ao lado de formações de dunas de areia. Apesar de sua baixa produtividade primária, o sistema de dunas abriga populações de vertebrados com elevada densidade e que supostamente dependeriam de subsídios tróficos dos banhados adjacentes em função da baixa produtividade das dunas. Nesse estudo investigamos se existe contribuição da matéria gerada nos banhados na formação dos tecidos de consumidores com área de vida restritas as dunas tendo como modelo de estudo a lagartixa-da-areia (*Liolaemus occipitalis*). A ecologia alimentar desse lagarto foi avaliada pela análise de conteúdo estomacal bem como por meio da comparação das razões isotópicas de carbono- $\delta^{13}\text{C}$ e nitrogênio- $\delta^{15}\text{N}$ entre o lagarto e os principais produtores primários dos dois habitats (dunas e banhados). Nosso objetivo foi avaliar a contribuição da matéria gerada nos banhados e nas dunas (fixada pelos produtores primários desses sistemas) na sustentação dos lagartos. Essa seria uma medida indireta da contribuição desses sistemas desde a base da cadeia alimentar (plantas) até os consumidores não herbívoros como *Liolaemus*, potencializada pela caráter conservativo da assinatura isotópica do carbono ao longo da cadeia alimentar. Os resultados apontaram que a produtividade primária das dunas têm uma maior contribuição para a formação de matéria incorporada nos tecidos dos lagartos do que os banhados (70-91% no pico da seca, 66-79% no início do alagamento e 59-73% no pico da cheia). Todavia, a contribuição do banhado aumenta significativamente durante o pico de alagamento dos banhados (de 0-25% a 0-29% para plantas aquáticas e 0-29% a 0-36% para POM+SOM). A avaliação da dieta revelou predomínio de presas terrestres sendo que sua composição sofreu mudanças nos níveis de alagamento do banhado, maior volume no pico de alagamento (2006 mm³) e maior riqueza no início do alagamento (11 diferentes táxons) corroborando os dados isotópicos. Esses resultados apontam para a importância trófica não só das dunas, habitat exclusivo da espécie, mas também dos banhados. Por se tratar de uma espécie ameaçada esses resultados tornam-se relevantes também para os esforços de manutenção de suas populações cujo manejo deve atuar não só para conservação do sistema de dunas, mas também os banhados adjacentes.

Abstract

Trophic subsidies or the transfer of matter and energy between habitats can support the maintenance of consumer populations in relatively unproductive habitats. In Brazil's far south there are extensive areas of wetlands that occur next to sand dune formations. Despite its low primary productivity, the dune system is home to populations of vertebrate with high density and that supposedly would depend on trophic subsidies adjacent wetlands due to the low productivity of the dunes. In this study we investigated whether there is contribution of matter generated in the paddies in the formation of consumer tissue with restricted living area with the dunes as a model the lizard-the-sand (*Liolaemus occipitalis*). The feeding ecology of this lizard was evaluated by stomach content analysis and by comparing the isotopic ratios of carbon and nitrogen- $\delta^{13}\text{C}$ $\delta^{15}\text{N}$ between the lizard and the main primary producers of the two habitats (dunes and wetlands). Our objective was to evaluate the contribution of the generated matter in marshes and dunes (fixed by primary producers of these systems) in support of lizards. This would be an indirect measure of the contribution of these systems from the base of the food chain (plants) to non-herbivores consumers as *Liolaemus*, enhanced by conservative character of the carbon isotope signature along the food chain. The results showed that the primary productivity of the dunes have a greater contribution to the formation of matter incorporated in the tissues of lizards than plated (70-91% at the peak of the drought, 66-79% at the beginning of the flooding and 59-73% at the peak of full). However, the plated contribution increases significantly during peak flooding of plated (0-25% and 0-29% for aquatic plants and 0-29% to 0-36% for PMS + sound). The dietary assessment revealed a predominance of terrestrial prey and that its composition has undergone changes in flooding levels of plated, higher volume at peak flooding (2006 mm³) and greater wealth at the beginning of flooding (11 taxa) corroborating the isotopic data. These results point to the importance trophic not only the dunes, unique habitat of the species, but also the marshlands. Because it ratar of an endangered species these results also become relevant for the maintenance efforts of their populations whose management must act not only for conservation of the dunes system, but also the adjacent wetlands.

Introdução

A transferência de matéria e energia entre habitats configura um fluxo que é conhecido como subsídio trófico entre habitats (Polis et al., 1997). Esse fluxo tem sido descrito em diversos sistemas, sendo mais comuns aqueles que abordam a participação de fontes alóctones em rios, lagos e estuários (Wieczorek et al., 2015). O aporte da matéria, seja ela na forma de fragmentos de organismos ou excretas misturados aos sedimentos, carcaças ou animais inteiros pode servir como complementação das fontes energéticas dos consumidores locais aumentando a capacidade de suporte do habitat (McCluney e Sabo, 2010; Huckembeck et al., 2014). O fluxo de matéria pode se dar por meio de vetores físicos como a água e o vento (Reichardt, 1996) ou pela movimentação de organismos vivos. Neste caso, a energia fixada pelos autótrofos (plantas, fitoplâncton) e incorporada por consumidores ao longo da cadeia alimentar, pode ser conduzida por esses organismos pelas suas movimentações entre habitats. Peixes anádromos, como é o caso do salmão, constituem alguns dos exemplos mais bem conhecidos podendo ser consumido por até 50 diferentes espécies de mamíferos e aves no Alasca (Willson e Halupka, 1995). A dependência quanto a fontes externas de matéria ao habitat foi bem estudada para os sistemas rio/floresta (Paetzold et al., 2005), límnic/marinho (Oliveira et al., 2014) e terrestre/aquático (Peterson e Fry, 1987; Michener e Lajtha, 2007), todavia ainda há um cenário promissor para o crescimento no número desses estudos na região neotropical. Esse fluxo já foi registrado na região costeira do extremo sul do Brasil onde se identificou a ação de alguns juvenis de peixes marinhos (*Mugil liza*) promovendo a entrada de matéria marinha para o sistema de água doce durante sua movimentação para pequenos riachos costeiros (Oliveira et al., 2014). Há outros exemplos em que a produtividade aquática se mostrou altamente relevante para a sustentação de populações de consumidores terrestres de anfíbios anuros (Huckembeck et al., 2014), serpentes (Rebelato e Tozetti, dados não publicados) e aves (Quillfeldt et al., 2008; Bugoni et al., 2010). Estes últimos envolveram especificamente habitats de banhados que são zonas de interface entre sistemas aquático e terrestre (Junk et al., 1989), cujo fluxo de matéria orgânica favorece uma alta biodiversidade associada (Mitsch e Gosselink, 2000). Essa é uma das razões para que sejam considerados ecossistemas prioritários a conservação (Rolon e Maltchik, 2006).

Nos banhados do extremo sul do Brasil, os ciclos de alagamento podem favorecer a

troca de matéria entre habitats aquáticos e terrestres (Schütz, 2003). No extremo sul brasileiro, os banhados se estendem em amplas planícies de campos periodicamente alagáveis sendo que na porção costeira ele ocorrem em associação a cordões de dunas de areia (Martins et al., 2014). Habitats de dunas são geralmente pouco produtivos (Ringuelet, 1962; Widholzer 1986) o que em associação com sua proximidade espacial ao banhados poderiam receber algum tipo de subsídio trófico aquático. Os banhados subtemperados do sul do Brasil formam uma paisagem relativamente homogênea em termos de relevo, solo e cobertura vegetal. As dunas são caracterizadas por pequena riqueza de espécies mas uma elevada abundância populacional. Estudos de monitoramento de fauna identificaram biomassa de anfíbios anuros, répteis e pequenos mamíferos compatíveis com habitats como o cerrado e formações florestais (Santos et al., 2012; Oliveira et al., 2013). Essa abundância de indivíduos é aparentemente incompatível com a esperada baixa produtividade desse sistema. Esse fato levanta a possibilidade de que os corpos d'água dos banhados adjacentes atuem na sustentação da biota terrestre das dunas aumentando sua capacidade de suporte. Além disso, a oferta de recurso dos banhados varia de acordo os ciclos de alagamento (Seigel et al., 1995; Wellborn et al., 1999) na qual podem fornecer um suporte de energia e matéria a ambientes próximos configurando uma dinâmica de exportação de biomassa (Fantle et al., 1999). Essa ação pode se dar pela movimentação de vetores biológicos, como insetos que possuam alguma fase aquática que se desenvolvem nos banhados e quando adultos se dispersam para outros habitats, sendo considerados os principais elos tróficos entre dois ecossistemas (Jackson e Fisher, 1986). Esses animais poderiam promover o fluxo de matéria para os sistema de dunas ao serem consumidos por animais insetívoros.

A lagartixa-da-areia (*Liolaemus occipitalis*), por exemplo, é uma espécie potencialmente favorecida por esse processo uma vez que se trata de um insetívoro com vínculo estreito ao sistema de dunas e uma das espécies de répteis mais abundantes nesse habitat. Trata-se de um lagarto endêmico do ambiente de dunas do sul do Brasil e Uruguai (Bujes e Verrastro, 2006). Apesar de seu *status* preocupante quanto a conservação (Marques et al., 2002) ele apresenta populações relativamente estáveis no extremo sul brasileiro (Martins et al., 2014). Em função de seu pequeno porte (machos atingem até 60,2mm e fêmeas 53,2mm; Verrastro e Bujes, 1998), seu habitat territorialista e sua pequena capacidade de deslocamento, essa espécie representa um bom modelo

para o estudo da ecologia trófica no habitat de dunas, mais especificamente um bom modelo para estudos com subsídio trófico. Com essas características, acredita-se que não são animais que transitam entre outros habitats, ou seja, é pouco provável que eles busquem alimento diretamente no banhado, e sim que fiquem próximos aos suas tocas, protegendo seu território e esperando encontros com as presas no ambiente de dunas. A espécie tem dieta basicamente insetívora e forrageia nas porções mais secas do habitat (Verrastro e Krause, 1999; Verrastro e Ely, 2015).

Em habitat relativamente pouco produtivo, como as dunas de areia, é possível que a teia alimentar da qual *L. occipitalis* participa seja subsidiada por habitats adjacentes e mais produtivos como as áreas alagadas ou banhados. Se correta, essa hipótese aponta para o fato de que os banhados que permeiam as formações de dunas estariam viabilizando a sobrevivência de espécies de lagartos ao "exportarem" matéria e energia para as dunas (fontes alóctones de recurso) (Polis et al., 1997, Oliveira et al., 2014). Entretanto, somente a descrição das presas consumidas pelo lagarto não é suficiente para avaliar o caminho da matéria e da energia ao longo da cadeia alimentar desde sua base. Apesar da análise do conteúdo estomacal (ACE) ser classicamente utilizada para o mapeamento da dieta das espécies ele não permite avaliar com precisão a origem desses recursos. Por outro lado, a identificação da contribuição da produtividade do habitat terrestre (aqui representado pelos campos com dunas) e aquático (aqui representado pelos banhados) na dieta de um consumidor pode ser avaliada por meio da análise de isótopos estáveis (AIE). A proporção entre isótopos leves e pesados dos elementos atômicos podem ser utilizadas para identificar as fontes de matéria orgânica para produtores primários e descrever como essa matéria passa pela cadeia alimentar (Peterson e Fry, 1987). Isótopos de carbono (^{12}C , ^{13}C) e nitrogênio (^{14}N , ^{15}N) por exemplo, podem ser utilizados para identificar o caminho da matéria dentro das cadeias e teias tróficas e seu nível trófico respectivamente (Fry, 2006).

Esse rastreamento pode ser feito quando houver uma diferenciação na razão isotópica dos principais produtores dos ecossistemas comparados. Em geral plantas terrestres costumam ser mais enriquecidas em carbono do que as aquáticas (Peterson e Fry, 1987; Symes, 2012). Isso ocorre devido as diferenças na composição isotópica de plantas com fotossíntese do tipo C3, C4/CAM. Como a razão isotópica de carbono tende a ser conservativa entre os diferentes níveis tróficos, os valores dos produtores costumam ser semelhantes aos dos consumidores finais (Peterson e Fry, 1987) e com isso a amostragem

de plantas é uma ferramenta útil para rastrear o habitat de origem da matéria dos tecidos de diferentes consumidores (Fry, 2006). Dessa forma os isótopos de carbono podem trazer importantes informações sobre a origem predominante da matéria que constituem os tecidos dos consumidores sejam eles consumidores diretos (consumidores primários) ou indiretos (carnívoros) destas fontes. Assim, amostragem de plantas e de consumidores é uma ferramenta útil para rastrear o habitat de origem da matéria, permitindo inferências sobre a produtividade primária na sustentação de consumidores de diversos níveis tróficos e não apenas dos herbívoros (Fry, 2006; Oliveira et al., 2014). Considerando a configuração dos banhados subtropicais brasileiros e sua interface com o sistema de dunas, é plausível imaginar que a assinatura isotópica dos tecidos dos lagartos indiquem o nível de contribuição dos produtores primários do ambiente aquático e terrestre.

Desse modo, o presente estudo teve como objetivo avaliar a importância relativa do sistema aquático (representados pelos produtores primários dos banhados) e do sistema terrestre (representados produtores primários das dunas) na sustentação trófica da lagartixa-da-areia (*Liolaemus occipitalis*). Nossa hipótese de trabalho foi a de que mesmo sendo um lagarto que forrageia estritamente nas dunas, a formação de seus tecidos é influenciada pela produtividade dos banhados que margeiam essas dunas. Conseqüentemente esperamos que haja uma significativa participação de fontes aquáticas na formação dos seus tecidos e que esta aumente durante os picos de alagamento uma vez que nesse período há aumento na produtividade primária do banhados.

Metodologia

Área de estudo e amostragem

A coleta de dados foi realizada entre abril de 2014 a março de 2015 em ambientes de campos associados a dunas costeiras em uma extensa planície alagável na cidade do Rio Grande, (32°02'06"S; 52°05' 55"W), extremo sul brasileiro. A cobertura vegetal tem predomínio de formação campestre sendo registradas eventualmente manchas esparsas de uma vegetação com componente arbustivo (restinga) pouco desenvolvida (com

indivíduos pequenos e que raramente ultrapassam 1m de altura). A relativa homogeneidade da paisagem é alterada principalmente pelos ciclos de alagamento, quando algumas porções do habitat tornam-se inundadas (Oliveira et al., 2013; Martins et al., 2014). O ciclo de formação desses corpos d'água temporários é definido pela combinação entre intensidade das chuvas, ventos e taxa de evaporação. O conjunto de corpos hídricos forma um mosaico de poças temporárias que se distribui nas porções mais baixas dos cordões de dunas. De um modo simplificado chamaremos esse conjunto de corpos hídricos de banhados.

O clima da região é subtemperado úmido, com temperatura anual média de 18,1°C (Maluf, 2000), com precipitação pluvial média anual de 1.162 mm e com chuvas que de acordo com as séries históricas são distribuídas de modo regular ao longo do ano (Maluf, 2000). Apesar de não haver um padrão tão fortemente demarcado entre as estações seca e chuvosa, como ocorre no norte, nordeste e sudeste do Brasil, a formação dos corpos d'água temporários costumam ser mais frequentes no inverno, com picos entre junho e agosto (Maluf, 2000; Oliveira et al 2013; Tozetti et al., dados não publicados), sendo o período mais seco registrado entre dezembro e fevereiro (Santos et al., 2012 e Oliveira et al., 2013).

Delineamento amostral

As relações tróficas do sistema de campos com dunas foi avaliada por meio da análise de isótopos estáveis (AIE) feitas a partir de amostras de músculos dos lagartos e das fontes basais (plantas) dos ecossistemas aquáticos (banhados) e terrestres (dunas). Como o objetivo foi o de mapear o habitat de origem da matéria que compõem os tecidos dos lagartos, foram usadas espécies de plantas com a maior representatividade em termos de biomassa nos dois habitats examinados.

As amostragens foram planejadas de modo a permitir o mapeamento da variação sazonal na configuração da paisagem a qual pode ser dividida em dois extremos: pico de alagamentos e pico de seca. Por se tratar se um habitat de dunas com solo arenoso e rápida drenagem, a maior parte dos corpos d'água é temporária o que proporciona uma grande variação da configuração do habitat entre esses dois períodos. As amostragens foram feitas entre abril de 2014 e março de 2015 durante as quais ocorreram capturas mensais de lagartos para avaliação do conteúdo estomacal. Para descrever o panorama isotópico de consumidores (lagartos) e produtores (plantas) ao longo dos ciclos de alagamento, as coletas de amostras de tecido foram feitas em três períodos distintos sendo

eles: pico de seca (janeiro), início do alagamento (maio) e pico do alagamento (setembro). Os detalhes das amostragens para captura de animais e coleta de amostras de tecidos estão descritos a seguir. A definição desses períodos foi feita levando-se em conta não só os ciclos de cheia, mas também os períodos de maior atividades dos lagartos, a qual é interrompida entre os meses mais frios do ano (junho a agosto) (Martins et al., 2014), quando a temperatura média do ar se aproxima a zero graus Celcius.

Capturas dos lagartos

Os lagartos foram capturados ao longo da área amostrada por meio de procura visual entre abril de 2014 e março de 2015. Para potencializar a captura de indivíduos, as coletas foram realizadas dentro do período de pico de atividade da espécie que ocorre entre 9:00h e 12:00h (Santos et al., 2012; Martins et al., 2014). Foram selecionados dois sítios amostrais distantes dois quilômetros entre si (situados nas coordenadas 32°17'28"/52°15'46" e 32°16'31"/52°14'15") e inseridos em uma ampla extensão de planície alagável. Foram selecionados pontos específicos na paisagem para amostragem de modo a evitar que ambos tivessem conexões durante o período de pico de cheia. Além disso foram selecionadas localidades similares quanto ao tipo de cobertura vegetal (densidade e composição de espécies vegetais) bem como com níveis semelhantes de alagamento durante o período de cheia. As unidades amostrais situam-se em uma região conhecida como Balneário do Cassino que se estende ao longo da faixa litorânea do município de Rio Grande (Figura 1). Em cada unidade amostral foi feita a varredura da paisagem ao longo de transectos lineares com cerca de um quilômetro de extensão para a captura de lagartos. Todos os lagartos encontrados foram capturados e submetidos a lavagem estomacal em campo para coleta de itens alimentares (veja sessão específica sobre análise de conteúdo estomacal a seguir). Todos os indivíduos capturados foram manipulados com cuidado durante o procedimento para tomada de medidas como o comprimento rostro-cloacal (CRC), comprimento da cauda e massa (g) antes da lavagem. Os indivíduos capturados, mas não coletados foram identificados por marcações por corte de artelhos de acordo com Waichman (1992). Do total de animais capturados, 21 indivíduos foram coletados para retirada de amostra de tecido e análise de isótopos estáveis. Estes foram eutanasiados logo após a captura com uso de barbitúrico (0,1 ml/por animal). Todas as coletas foram autorizadas pelo órgão SISBIO/ICMbio (licença de coleta número 44829-1).

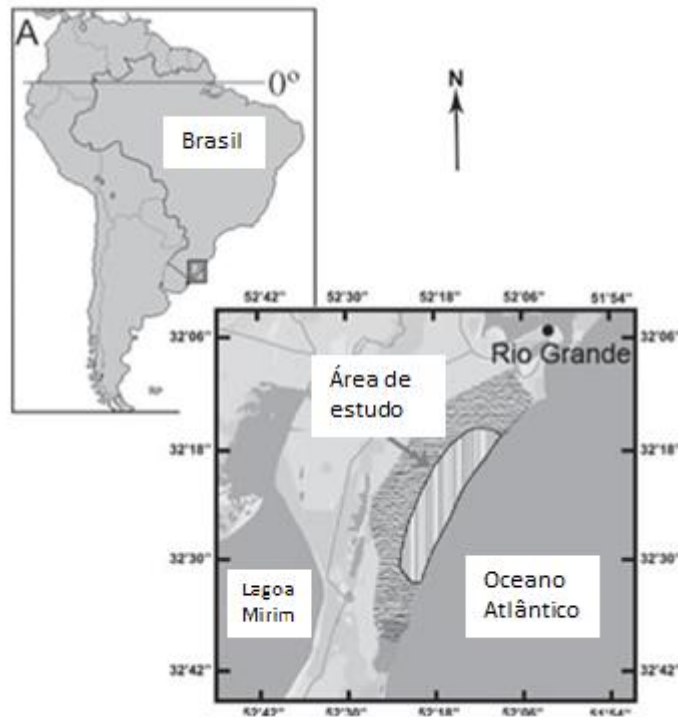


Figura 1: Área de estudo na Praia do Cassino, no município de Rio Grande, Rio Grande do sul, Brasil.

Avaliação da dieta dos lagartos

Apesar do fato de que para a maioria dos estudos de dieta de lagartos de pequeno porte seja utilizado a eutanásia dos indivíduos (Pough, 1973; Teixeira-Filho et al., 2003; Menezes et al., 2006) optamos pela técnica da lavagem estomacal evitando a eutanásia. Essa medida foi tomada por se tratar de uma espécie ameaçada de extinção. Além de ser uma técnica pouco invasiva e com baixa taxa de mortalidade a lavagem estomacal tem sido amplamente usada em estudos de dieta (Legler, 1977).

Após capturados e suas medidas retiradas, sua boca era aberta com ajuda de uma pinça e era colocado um tubo plástico de espessura de 4,5 milímetros (sonda) no tubo digestório do animal até seu estômago. Após, jatos de água retirada do banhado eram inseridos via seringa de 4ml até que todo conteúdo estomacal estivesse sido expelido. Esse material era coletado com auxílio de uma peneira e em seguida armazenado em potes preenchidos com álcool 70% para a preservação e cessar o processo de digestão.

O material regurgitado após a lavagem foi espalhado uniformemente sobre uma placa de Petri de modo a preencher toda sua superfície e mantendo uma altura regular de um milímetro. Sempre que possível, as partes de uma mesma presa foram agrupadas identificadas e sua contribuição no conjunto do conteúdo foi estimado em termos de área. Esta foi calculada em mm^3 por meio do uso de um papel milimetrado mantido sob a placa de Petri, sendo que as três medidas utilizadas foram o comprimento, a largura e a altura (que era sempre de um milímetro) para atingir o valor do volume encontrado. Não foram registrados o N das presas devido ao alto grau de fragmentação do conteúdo sendo atribuído apenas a contribuição de cada categoria de presa em termos de área.

Avaliação da contribuição dos produtores aquáticos e terrestres para sustentação dos lagartos

É importante salientar que o delineamento do estudo buscou descrever a relação indireta entre plantas pelos lagartos uma vez que estes não consomem as plantas, mas consomem invertebrados que podem ser herbívoros. Desse modo, alguns níveis tróficos situados abaixo do ocupado pelos lagartos poderiam ter uma dependência direta em relação a essas plantas o que afetaria, indiretamente a sustentação dos lagartos. Por esse motivo nosso delineamento visou a avaliação do papel da produtividade primária gerada pelas plantas de diferentes hábitat na sustentação indireta dos lagartos. Usamos as plantas (organismos responsáveis pela fixação da matéria) como traçadores para a identificação do hábitat original (aquático ou terrestres) da matéria que chega aos *Liolaemus*. Esse delineamento é corrente em estudos isotópicos uma vez que a razão isotópica de carbono é conservativa ao longo dos níveis tróficos, e com isso os níveis de enriquecimento de carbono dos produtores são semelhantes aos dos consumidores finais (DeNiro e Epstein, 1978). Sabendo-se que os sinais do principais produtores do habitat terrestre e aquático são distintos, a amostragem de plantas é uma ferramenta útil para rastrear o habitat de origem da matéria, permitindo inferências sobre a produtividade primária na sustentação de consumidores de diversos níveis tróficos (Fry, 2006; Oliveira et al., 2014).

Coletou-se amostras dos produtores primários mais representativos (em termos de biomassa) nos dois ambientes: aquático (banhados) e terrestre (dunas). É necessário a coleta de produtores dos diferentes hábitats, visto que eles apresentam diferentes metabolismos (C3 e C4/CAM), É a partir dessa diferença, no tipo de fotossíntese que essas

plantas realizam, que encontramos uma diferente notação isotópica. Foram selecionadas como plantas representativas dos produtores terrestres a *Blutaparon portulacoides* e representantes plantas produtores aquáticas: *Myriophyllum aquaticum* e *Pistia stratiotes*. Essas coletas foram feitas em duplicata em cada um dos pontos amostrais. As análises com os produtores primários foram feitas a partir de caule e folhas, eliminando as raízes, para não ocorrer mistura de amostras, visto que em plantas aquáticas podem ocorrer associações com fungos, líquens ou outros pequenos animais. Foram utilizados valores de matéria orgânica em suspensão (POM) e matéria orgânica do sedimento (SOM) dos banhados adjacentes as dunas, coletados por Oliveira et al (2014). Todo material coletado foi mantido congelado até sua preparação para análise.

Os valores médios de $\delta^{13}\text{C}$ das plantas foram estatisticamente diferentes entre si, sendo que o teste a post hoc indicou que as variações significativas ocorreram entre as espécies aquáticas (*M. aquaticum* e *P. stratiotes*) e terrestres (*B. portulacoides*) ($H_{[2;75]} = 56,7$; $p = 0 < 000$). Não houve variação significativa dos valores médios do $\delta^{15}\text{N}$ entre plantas aquáticas e terrestres ($U = 638,5$; $p = 0,91$; $n = 75$). A maioria das amostras de plantas apresentou valores médios de $\delta^{15}\text{N}$ entre 1,0‰ e 8,5‰. Os valores de POM utilizados foram de $\delta^{13}\text{C}$ foi de 27,9 e $\delta^{15}\text{N}$ de 1,2. Para o SOM, utilizou-se $\delta^{13}\text{C}$ de 25,6 e $\delta^{15}\text{N}$ de 0,3 (Oliveira et al., 2014). Como os valores são muito próximos, para as análises utilizou-se a média entre essas fontes.

Amostras de lagartos foram obtidas de porções do músculo da pata traseira e da cauda por dissecação de animais recém eutanasiados através do processo descrito por Garcia et al. (2007). Todas as amostras foram armazenadas em gelo até o seu transporte ao laboratório e o seu processamento. Cada amostra foi lavada em água destilada, colocada individualmente em placa de Petri (previamente esterilizada em solução de 10% HCl por 24 horas) e levada a estufa (60°C) por 48 horas. Após serem retiradas da estufa, as amostras foram maceradas (pistilo e grau) e sub-amostras desse material foram acondicionadas em cápsulas de estanho ultra-puras (5x9 mm, Costech®) pesadas e enviadas ao *Analytical Chemistry Laboratory of the Institute of Ecology, University of Georgia* EUA, para determinação da razão isotópica de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) e nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$) (veja Garcia et al., 2007). A avaliação isotópica foi feita por conversão total da amostra em gás para a leitura através de um espectrômetro de massa. Para as medidas de isótopos de carbono, a razão isotópica da amostra foi comparada com o padrão “marine limestone

fossil”, Pee Dee Belemnite (PDB), enquanto que para o nitrogênio foi utilizado ar atmosférico como padrão.

Análises dos dados

As variações nos valores médios (\pm DP) das razões isotópicas ($\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$) das principais fontes orgânicas de carbono (plantas C3 aquáticas, C4 terrestres) e dos lagartos foram comparadas visualmente através de ‘biplots’, onde as posições relativas das fontes de carbono orgânico assimiladas pelo consumidor (lagarto) foram indicadas no eixo X e a posição relativa do nível trófico foi indicada no eixo Y (Fry, 2006; Garcia et al., 2007; Oliveira et al., 2014). Para determinar a contribuição de cada grupo de plantas na dieta dos lagartos foram gerados modelos de mistura bayesianos em R (SIAR, versão 3.0.3) (Parnell et al., 2010, R Development Core Team 2012). Nos modelos de misturas gerados foi utilizado um fracionamento isotópico de $\Delta^{13}\text{C} = 0,47 \pm 1,23$ e de $\Delta^{15}\text{N} = 2,54 \pm 0,11$, por melhor se ajustar aos dados coletados. Os modelos de elipses isotópicas foram gerados a partir do script descrito por Jackson et al. (2011), na qual o autor sugere que nichos isotópicos são modelagens que baseados nos valores dos isótopos de carbono e nitrogênio através de métricas bayesianas, fornecendo uma descrição melhor e mais padronizada da estrutura trófica da população, sendo possível fazer uma aproximação com o real nicho trófico dos indivíduos.

Para a análise da dieta foram calculados o número de itens alimentares, diferentes famílias de artrópodes encontradas nos estômagos (N), a frequência de ocorrência (FO) e o volume (V) de cada categoria de presa encontrada nos estômagos. A frequência de ocorrência foi determinada pelo cálculo do número de estômagos com um determinado item alimentar, dividido pelo número total de estômagos analisados e posteriormente multiplicado por 100, para expressar porcentagem.

Resultados

Análise de conteúdo estomacal

A ACE foi realizada por meio da lavagem estomacal. Indivíduos com tamanho corporal (CRC) inferior a quatro milímetros não foram submetidos a esse processo para diminuir o risco de morte para esses animais jovens. Dos 40 animais submetidos a esse processo, 26 apresentaram conteúdo. Foram encontrados 12 diferentes itens alimentares, sendo a maioria de insetos. Houve predomínio de díptera (presente em 23 conteúdos).

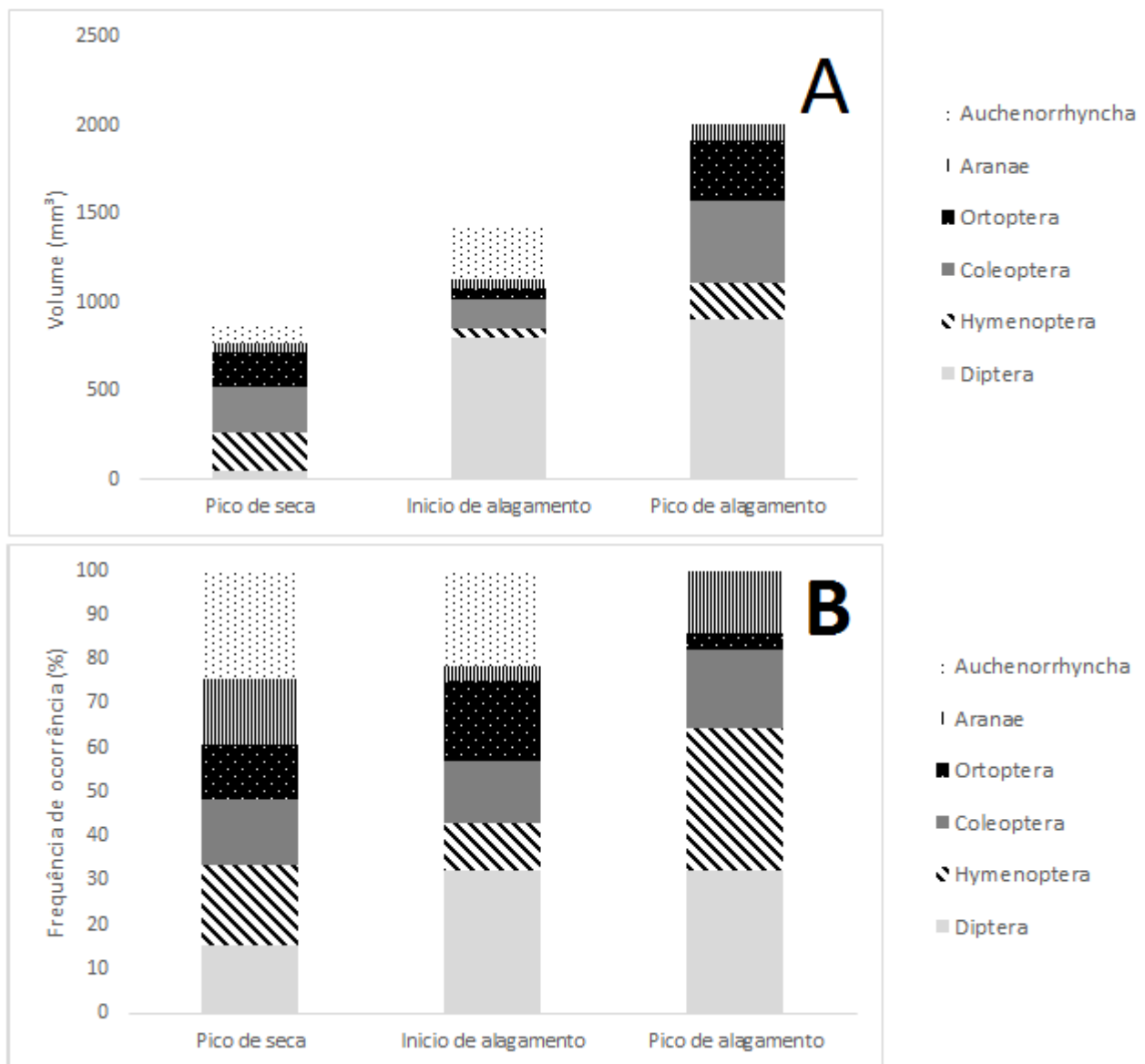


Figura 2: Contribuição, em volume (quadro A) e frequência de ocorrência (quadro B) dos diferentes itens alimentares encontrados nos estômagos dos lagartos que passaram pelo processo de lavagem estomacal.

Análise de Isótopos Estáveis

Foi analisado um total de 75 amostras de produtores (3 espécies de vegetais) e 21 amostras de lagartos (Tabela 1). A amplitude de variação nos valores médios das razões isotópicas do carbono ($\delta^{13}\text{C}$) das fontes basais foi aproximadamente três vezes ($\sim 19,8\%$)

maior do que a variação das razões isotópicas de nitrogênio ($\delta^{15}\text{N} \sim 7,4\text{‰}$; Tabela 1). As plantas aquáticas (*Myriophyllum aquaticum* e *Pistia stratiotes*) tiveram valores de $\delta^{13}\text{C}$ cerca de duas vezes menores do que as amostras de plantas terrestres (*Blutaparon portulacoides*) ($U = 0,0$; $p < 0.001$; $N = 75$) (entre $-13,6$ e $-30,0$) (Tabela 1, Figura 3).

Os valores médios do $\delta^{13}\text{C}$ dos lagartos apresentaram menor amplitude de variação ($\sim 3,9\text{‰}$) do que o observado para as fontes alimentares basais, estando seus valores extremos ($-15,4\text{‰}$ e $-19,9\text{‰}$) posicionados em patamares superiores aos dos valores médios de $\delta^{13}\text{C}$ dos produtores aquáticos e inferiores aos dos produtores terrestres. Todavia, apresentam maior proximidade com estes produtores terrestres (Figura 2).

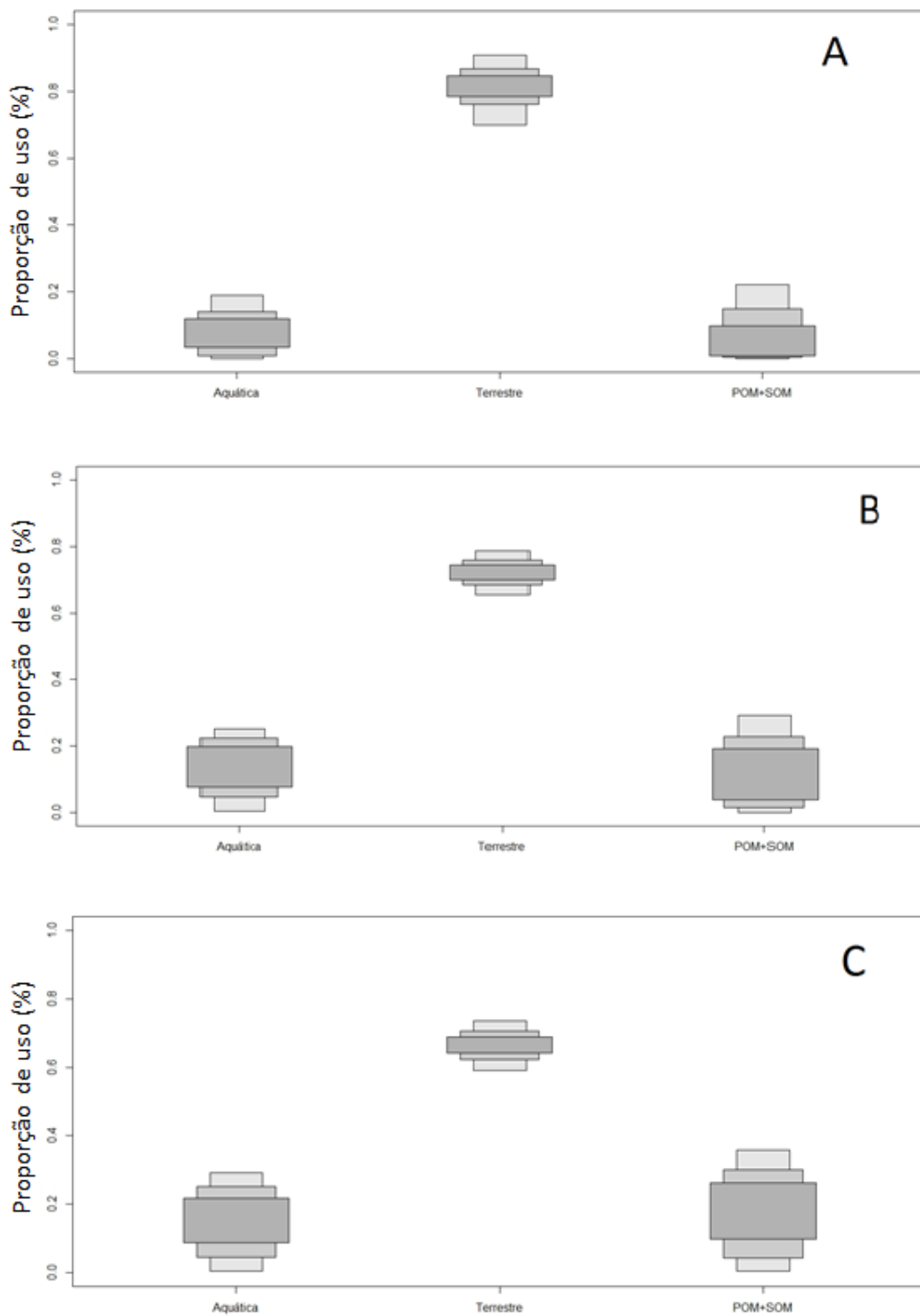


Figura 4: Boxplot da contribuição das fontes primárias para o valor isotópico do músculo de *Liolaemus occipitalis* no pico de seca (A), início de alagamento (B) e pico de alagamento (C) do cordão de dunas do município de Rio Grande, RS, Brasil.

Houve uma variação significativa no nível de enriquecimento de carbono nos tecidos dos lagartos entre os diferentes níveis de alagamento do habitat com uma tendência a maior contribuição das fontes aquáticas no período de maior alagamento ($H[2;21] = 8,49$; $p = 0,014$). De acordo com o teste post hoc essa variação foi significativa apenas entre os extremos ou seja, entre o pico da cheia ($\delta^{13}C = -19,02 \pm 0,52$) e o período de seca ($-16,76 \pm 1,43$). Os resultados dos modelos de mistura isotópica indicaram que a produtividade primária das dunas têm uma maior contribuição na formação dos tecidos dos lagartos do que os banhados (Figura 3). Esse padrão foi observado tanto para os lagartos capturados na estação seca (percentual de assimilação de fontes alimentares basais de origem terrestre = 70-91%), quanto alagamento (66-79%) e no pico de cheia (59-73%; com 95% de intervalo de credibilidade). Apesar da contribuição terrestre ser a predominante, os banhados revelaram uma contribuição significativa e que tende a aumentar gradualmente durante o início do alagamento (0-25% para plantas aquáticas e 0-29% para POM+SOM) até o pico do alagamento (0-29% para plantas aquáticas e 0-36% para POM+SOM com 95% de intervalo de credibilidade; Figura 4).

Tabela 1: Valores médios de $\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$ ($X \pm$ desvio padrão) das fontes basais e do consumidor nas diferentes estações coletados nas dunas de Rio Grande, RS, Brasil.

	N total	$\delta^{13}C$						$\delta^{15}N$					
		pico seca		início alagamento		pico alagamento		pico seca		início alagamento		pico alagamento	
FONTES BASAIS													
Plantas aquáticas													
<i>Pistia stratiotes</i>	21	-25,1	$\pm 0,4$	-29,8	$\pm 1,7$	-29,3	$\pm 0,2$	3,2	$\pm 0,6$	5,5	$\pm 2,6$	3,8	$\pm 0,1$
<i>Myriophyllum aquaticum</i>	27	-30,9	$\pm 0,4$	-31,6	$\pm 0,5$	-32,3	$\pm 0,1$	4,1	$\pm 2,4$	4,5	$\pm 2,2$	2,9	$\pm 0,1$
Média de plantas aquáticas	46	-29,4	$\pm 2,6$	-27,9	$\pm 7,8$	-30,8	$\pm 1,5$	3,9	$\pm 2,1$	5,4	$\pm 2,6$	3,4	$\pm 0,5$
Plantas terrestres													
<i>Blutaparon portulacoides</i>	27	-14	$\pm 0,6$	-13,3	$\pm 0,4$	-13,9	$\pm 0,1$	4,3	$\pm 2,2$	4,8	$\pm 1,3$	5,1	$\pm 1,3$
Material em suspensão													
SOM	2	-25,6	± 2	-25,6	± 2	-25,6	± 2	0,3	± 2	0,3	± 2	0,3	± 2
POM	2	-27,9	$\pm 0,5$	-27,9	$\pm 0,5$	-27,9	$\pm 0,5$	1,2	$\pm 3,1$	1,2	$\pm 3,1$	1,2	$\pm 3,1$
CONSUMIDOR													
Lagarto													
<i>Liolaemus occipitalis</i>	21	-16,8	$\pm 1,4$	-18,2	$\pm 0,7$	-19,1	$\pm 0,5$	6,9	$\pm 0,9$	7,1	$\pm 0,9$	7,2	$\pm 0,7$

As elipses isotópicas dos indivíduos apresentaram diferenças quanto a sua área e sobreposição quando comparados os período de pico de seca, início do alagamento e pico de alagamento (Figura 5). Os lagartos apresentaram a maior área da elipse isotópica no pico da seca (4,14; variação: 1,5 - 7,7; Intervalo de credibilidade de 95%). No início do

alagamento a elipse tendeu a reduzir sua área (2,44; variação: 1,1 – 4,9; IC: 95%), a qual atinge seu menor valor no pico do alagamento (1,19; variação: 0,8 – 3,2; IC: 95%). A sobreposição entre as elipses isotópicas variaram consideravelmente entre as épocas do ano, com maiores níveis entre os pares do período de pico de seca e início do alagamento (0,9), um menor entre o início do alagamento e o pico de cheia (0,4) e não houve sobreposição entre os períodos de pico de cheia e de seca.

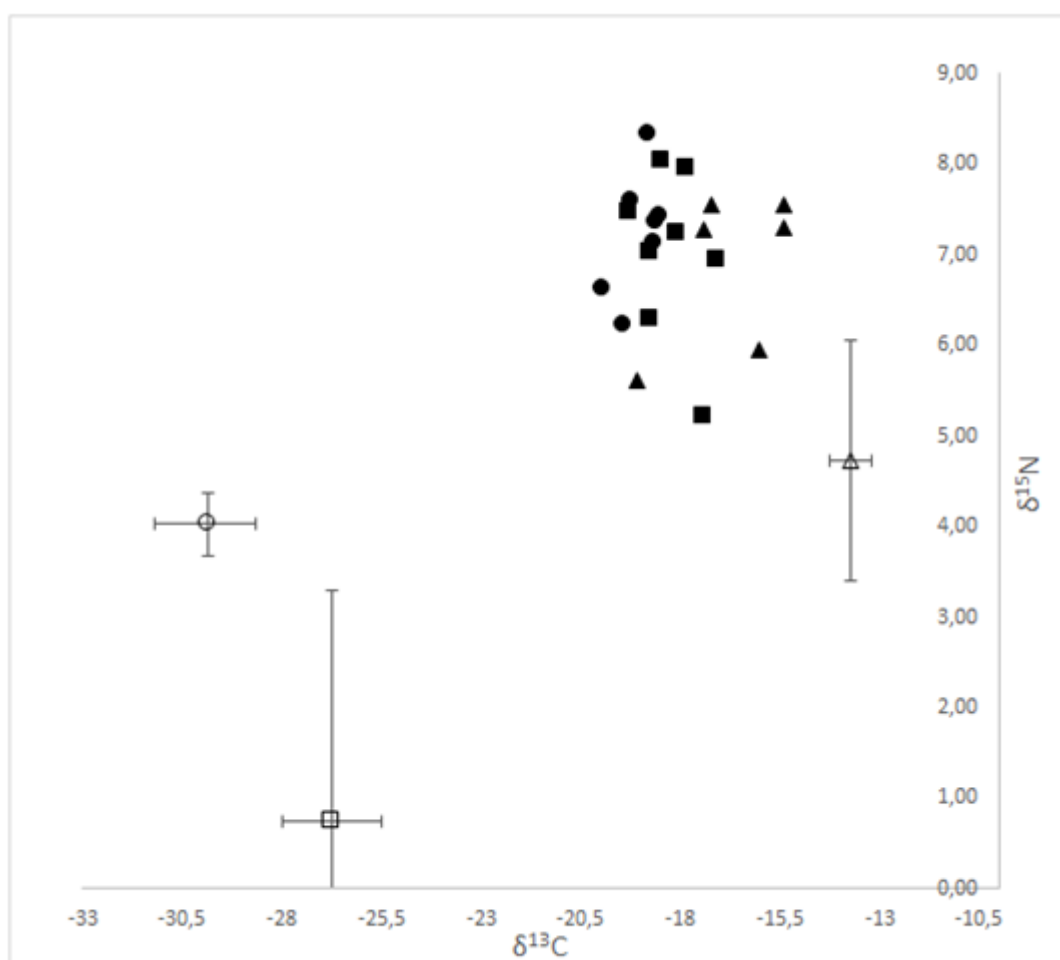


Figura 3 - Biplot dos valores de isótopo de carbono e nitrogênio para as fontes aquáticas e terrestres (media \pm desvio padrão) e valores isotópicos das amostras de músculos dos lagartos coletados no cordão de dunas do município de Rio Grande (■ = início do alagamento; ▲ = pico de seca; ● = pico de alagamento; ○ = fonte terrestre; △ = fonte aquática; □ = POM+SOM).

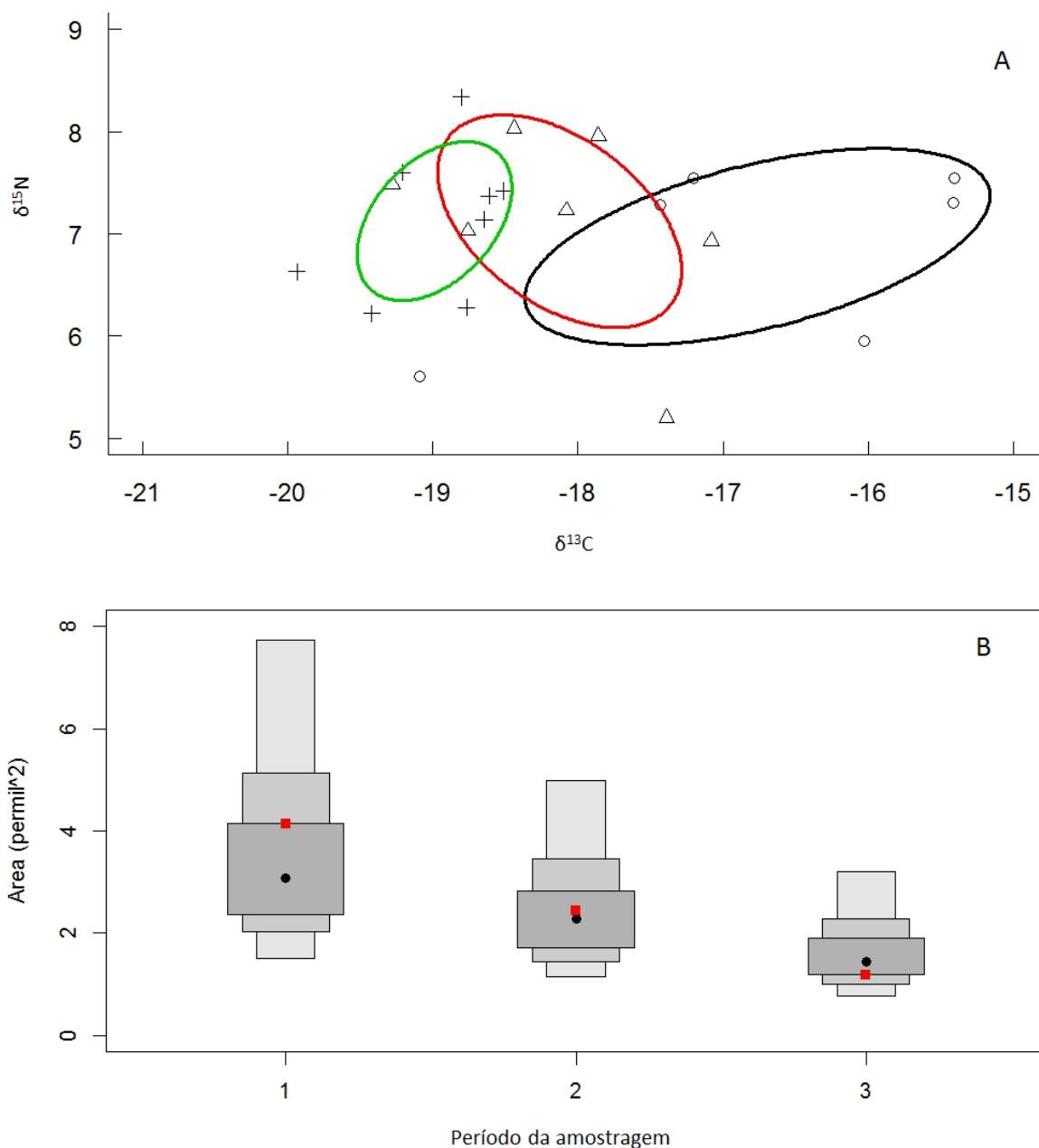


Figura 5: Tamanho (figura A) e a sobreposição (figura B) entre si das elipses isotópicas entre os períodos das amostragens (Figura A: \circ = lagartos pico de seca; \triangle = lagartos início do alagamento; + = lagartos pico alagamento; Elipse verde = pico de alagamento; Elipse vermelha = início do alagamento; Elipse preta = pico de seca; Figura B: 1= pico de seca; 2= início do alagamento; 3= pico de alagamento).

Discussão

Os resultados indicam que a produção de matéria que tem origem no sistema terrestre (dunas) tem uma contribuição maior do que a de origem aquática (banhados) na formação dos tecidos dos lagartos. Essa matéria, derivada da produtividade primária dos vegetais desses dois sistemas seria transferida indiretamente aos lagartos por meio da cadeia alimentar, chegando inicialmente aos consumidores primários como insetos e subsequentemente a outros níveis tróficos até os lagartos. Todavia, ainda que secundariamente, a produtividade aquática apresentou uma contribuição significativa para a formação dos tecidos dos lagartos. Essa contribuição tendeu a aumentar, ainda que de modo sutil, nos períodos de picos nos alagamentos dos banhados os quais coincidem com picos de produtividade aquática. Essa tendência corroborou nossa hipótese ainda que essa contribuição tenha sido pequena. Esse resultado é interessante uma vez que o sistema de dunas possui uma escassa cobertura vegetal de origem campestre, habitats que de um modo geral são menos produtivos do que os banhados (Whittaker, 1975; Peterson e Dersch, 1981). A exportação de matéria a partir do sistema aquático para habitats adjacentes em campos alagáveis subtropical brasileiros já foi observada para anuros (Huckembeck et al., 2014; Tozetti et al., dados não publicados), serpentes (Rebelato, dados não publicados). Esse padrão já foi observado para invertebrados também como para aranhas (Paetzold et al. (2005). Como citado anteriormente, os insetos aquáticos são os principais elos tróficos entre os ambientes aquáticos e terrestres. Geralmente eles alimentam-se, ainda na fase larval, da matéria orgânica em suspensão (SOM). Foi possível constatar uma aproximação dos valores dos lagartos com esses valores, mostrando que essa é a principal fonte alóctone que contribuiu para a formação dos tecidos dos *L. occipitalis*. Barrett et al. (2005), constatou que a abundância dos lagartos insulares aumenta nas áreas costeiras, onde ocorrem deposição de matéria orgânica de origem marinha, que aumenta a quantidade de artrópodes (disponibilidade de presas também). Sendo assim, foi concluído que áreas 'subsidiadas' apresentam uma maior abundância de lagartos do que as 'não subsidiadas' (interior da ilha).

Apesar do fato de que durante todo o período amostrado houve uma maior contribuição de fontes terrestres na sustentação dos lagartos, a participação das fontes aquáticas aumentam no pico de alagamento (outono e inverno), o que seria um reflexo da matéria acumulada nos tecidos dos meses que vão do início do alagamento até seu ápice. Durante o processo de alagamento dos banhados adjacentes as dunas, os corpos d'água

temporários se expandem sobre o campo e restos vegetais aquáticos (com menor nível de enriquecimento em carbono) podem estar sendo levados para o sistema terrestre.

Estudos realizados em sistemas semelhantes indicam que a matéria fragmentada encontrada na água dos banhados (partículas em suspensão na água e sedimentos) apresenta razão isotópica intermediária entre a de produtores terrestres ou aquáticos e se revela importante para a sustentação de vertebrados associados a ambientes aquáticos (Deegan e Garritt 1997; Garcia et al., 2007; Marshall et al., 2007). Existe uma conhecida relação linear e positiva entre a quantidade de carbono exportado pelos ambientes límnicos e os valores da taxa de alagamento desses sistemas (Schlesinger & Melack 1981).

O fato de que exista uma porcentagem de contribuição aquática para a formação dos tecidos dos lagartos é interessante uma vez que eles possuem área de vida estritamente vinculada aos sistema de dunas (Bujes e Verrastro, 2006; Verrastro e Krause, 1999) e onde supostamente viriam todos os recurso necessários para sua sustentação. São animais pequenos e há indícios de que os machos apresentem comportamento territorialista levando a uma redução ainda maior em sua área de forrageio. Desse modo a probabilidade de que eles busquem alimentos em habitats alagados como banhados é baixa. Ainda que sutil, a presença de um sinal aquático nos tecidos desses lagartos sugere a existência de fluxo de matéria produzida no sistema aquático para o terrestre. A tendência a uma maior contribuição aquática na formação dos tecidos de lagartos coletados no pico da estação cheia ficou evidente na análise dos dados brutos das razões isotópicas. Apesar do modelo de mistura não ter revelado um aumento significativo dessa contribuição ao longo do tempo, essa variação foi indicada de modo mais explícito pelas elipses isotópicas. Essa análise sugeriu uma variação no nicho isotópico dos lagartos entre os períodos o que indicaria mudanças no nicho alimentar da população. Nos períodos mais úmidos os lagartos consomem uma menor variedade de presas, bem como um menor volume. Já no período mais seco há um maior volume consumido, bem como uma maior quantidade de diferentes itens alimentares encontrados. Isso é reforçado pelas elipses isotópicas, que indicam que nesse período o nicho trófico dos lagartos é maior, visto que apresentam uma maior amplitude. Tanto na ACE com na AIE pode-se demonstrar que há uma diferença na dieta dos lagartos. Isso é evidenciado pelo fato de que não há sobreposição das elipses, sendo assim a base da dieta dos lagartos é diferente entre as estações, podendo notar essa migração do

nicho com a sobreposição da elipse do pico da seca com a do início do alagamento e da elipse do pico de cheia com a do início do alagamento.

Essa mudança é em parte observada também pela análise de conteúdo estomacal (ACE). Os resultados da ACE reforçam o caráter generalista da espécie (Verrastro e Ely, 2015) e que aparentemente também é registado para outras espécies do gênero (Aun e Martori, 1998; Kozykariski et al., 2011; Azócar e Acosta, 2011). No período mais seco há um predomínio de Hymenoptera e Auchenorrhyncha. Nos períodos mais úmidos os lagartos consomem principalmente Díptera. Auchenorrhyncha representa uma família na qual estão inseridas as cigarrinhas, que são inseto alados, que se movimentam entre os diferentes habitats que eles vivem (Giustolin et al., 2009). Bem como dípteros, que além de possuírem fase larval aquática, são alados com alta mobilidade (Jackson e Fisher, 1986). O consumo de Hymenoptera, mais especificamente de formigas, já havia sido reportado para *L. occipitalis* (Verrastro e Ely, 2015). Os táxons encontrados nos conteúdos condizem com dados na literatura, que afirmam que o modo de forrageio dessa espécie é denominado 'sit-and-wait' (sentar e esperar, Verrastro e Ely, 2015). São presas bastante móveis e com asas, ou com alta abundância no habitat em que o lagarto é encontrado, corroborando com a hipótese de que são animais que se movimentam pouco, como a maioria dos lagartos (Huey e Pianka, 1981; Vitt e Carvalho, 1995).

A elevada contribuição de díptera no entanto pode ser a principal responsável pelo sinal isotópico com maior influência aquática nos lagartos durante os período mais alagados do ano. Acreditamos que com a expansão das áreas alagáveis deva haver uma maior disponibilidade de dípteros nas dunas cujo desenvolvimento inicial se dá em poças (fase larval aquática).

Considerações Finais

Levando-se em conta a estrita relação de *Liolaemus occipitalis* com o sistema de dunas, a simples presença de sinais aquáticos na formação de seus tecidos já representa um fato notável. A tendência a um aumento dessa contribuição em sincronia com o aumento do nível de alagamento dos campos associados a dunas indica uma conexão funcional entre habitats terrestres aquáticos nos banhados costeiros examinados. Esses resultados representam a evidencia, ainda que sutil, de um importante elo trófico entre

habitats com configurações bastante distintas. Como os sistema aquáticos tentem a contribuir na sustentação até mesmo de espécies com habito restrito aos sistema de dunas de areia eles constituem habitats importantes para a manutenção de consumidores em habitats menos produtivos. Além de representatividade ecológica desses resultados vale lembrar que *L. occipitalis* se trata de uma espécie ameaçada e que os esforços na manutenção de suas populações devem ser direcionados não só para conservação de seus habitat específicos como o cordão de dunas, mas também a habitats que suportam troficamente suas populações como os banhados e outras áreas úmidas.

Referências bibliográficas

- Aun, L., Martori, R. 1998. Reproducción y dieta de *Liolaemus koslowsky* Etheridge, 1993. Cuadernos de Herpetología. 12, 1-10.
- Azócar, L.M., Acosta, J.C. 2011. Feeding habits of *Liolaemus cuyanus* (Iguania: Liolaemidae) from the Monte Biogeographic Province of San Juan, Argentina. J. Herpetol. 45(3), 283-286.
- Bugoni, L., McGill, R.A., Furness, R.W. 2010. The importance of pelagic longline fishery discards for a seabird community determined through stable isotope analysis. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 391(1), 190-200.
- Bujes, C.S., Verrastro, L. 2006. Thermal biology of *Liolaemus occipitalis* (Squamata, Tropiduridae) in the coastal sand dunes of Rio Grande do Sul, Brazil. Braz. J. Biol. 66(3), 29-41.
- Barrett, K., Anderson, W.B., Wait, D.A., Grismer, L.L. 2005. Marine subsidies alter the diet and abundance of insular and coastal lizard populations. Oikos, 109(1), 145-153.
- Deegan, L.A., Garritt, R.H. 1997. Evidence for spatial variability in estuarine food webs. Marine Ecology Progress Series, 147, 31-47.

- DeNiro, M.J., Epstein, S. 1978. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. *Geochimica et cosmochimica acta*, 42(5), 495-506.
- Fantle, M.S., Dittel, A.I., Schwalm, S.M., Epifanio, C.E., Fogel, M.L. 1999. A food web analysis of the juvenile blue crab, *Callinectes sapidus*, using stable isotopes in whole animals and individual amino acids. *Oecologia*, 120(3), 416-426.
- Fry, B. 2006. *Stable Isotope Ecology*, Springer, New York.
- Garcia, A.M., Hoeninghaus, D.J., Vieira, J.P., Winemiller, K.O. 2007. Isotopic variation of fishes in freshwater and estuarine zones of a large subtropical coastal lagoon. *Estuar. Coast. Shelf. S.* 3, 399-408.
- Giustolin, T.A., Spotti Lopes, J., Querino, R.B., Cavichioli, R., Zanol, K., Azevedo Filho, W., Mendes, M.A. 2009. Diversidade de Hemiptera, Auchenorrhyncha em Agroecossistemas e Fragmento de Floresta Nativa do Estado de SÃ£o Paulo. *Neotropical Entomology*, 38(6).
- Jackson, J.K., Fisher, S.G. 1986. Secondary production, emergence, and export of aquatic insects of a Sonoran Desert stream. *Ecology*. 67(3), 629-638.
- Jackson, A.L., Inger, R., Parnell, A.C., Bearhop, S. 2011. Comparing isotopic niche widths among and within communities: SIBER—Stable Isotope Bayesian Ellipses in R. *Journal of Animal Ecology*, 80(3), 595-602.
- Junk, W.J., Bayley, P.B., Sparks, R.E. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems." *Canadian special publication of fisheries and aquatic sciences* 106(1), 110-127.
- Huckembeck, S., Loebmann, D., Albertoni, E.F., Hefler, S.M., Oliveira, M.C., Garcia, A.M. 2014. Feeding ecology and basal food sources that sustain the Paradoxal frog *Pseudis*

minuta: a multiple approach combining stomach content, prey availability, and stable isotopes. *Hydrobiologia*, 740(1), 253-264.

Huey, R.B., Pianka, E.R. 1981. Ecological consequences of foraging mode. *Ecology*, 62(4), 991-999.

Kozykariski, M.L., Belver, L.C., Avila, L.J. 2011. Diet of the desert lizard (Iguania: Liolaemini) in northern La Rioja Province, Argentina. *Liolaemus pseudoanomalus*. *J. Arid Environ.* 75(11), 1237-1239.

Legler, J. M. 1977. Stomach flushing: a technique for chelonian dietary studies. *Herpetologica*. 1, 281-284.

Maluf, J.R.T. 2000. Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agrometeorologia* 8(1), 141-150.

Marques, A.A.B., Fontana, C.S., Vélez, E., Bencke, G.A., Schneider, M., Reis, R.E. 2002. Lista das espécies da fauna ameaçadas de extinção no Rio Grande do Sul. Decreto nº 41.672, de 11 de junho de 2002. Porto Alegre, FZB/MCT- PUCRS/PANGAEA, Publicações avulsas FZB. Available at: <<http://www.fzb.rs.gov.br/downloads/decreto.pdf>>. Accessed on: 24.06.2013.

Marshall, J.D., Brooks, J.R., Lajtha, K. 2007. Sources of variation in the stable isotopic composition of plants. *Stable isotopes in ecology and environmental science*, 2, 22-60.

Martins, L.S., Verrastro, L., Tozetti, A.M. 2014. The Influences of Habitat on Body Temperature Control in a Southern Population of *Liolaemus occipitalis* (Boulenger, 1885) in Brazil. *South American Journal of Herpetology* 9(1), 9-13.

- McCluney, K.E., Sabo, J.L. 2010. Tracing water sources of terrestrial animal populations with stable isotopes: laboratory tests with crickets and spiders. *PloS one*. 5(12), e15696.
- Menezes, V.A., Amaral, V.C., Sluys, M.V., Rocha, C.F.D. 2006. Diet and foraging of the endemic lizard *Cnemidophorus littoralis* (Squamata, Teiidae) in the restinga de Jurubatiba, Macaé, RJ. *Braz. J. Biol.* 66(3), 803-807.
- Mitsch, W.J., Gosselink, J.G. 2000. The value of wetlands: importance of scale and landscape setting. *Ecol. Econ.* 35(1), 25-33.
- Michener, R., K. Lajtha. 2007. Stable isotopes in ecology and environmental science, ed. Ecological methods and concepts.
- Oliveira, M.C.L.M., Bastos, R.F., Claudino, M.C., Assumpção, C.M., Garcia, A.M. 2014. Transport of marine-derived nutrients to subtropical freshwater food webs by juvenile mullets: a case study in southern Brazil. *Aquatic. Biology.* 20, 91-100.
- Oliveira, M.C.L.M., Santos M.B., Loebmann D., Hartman A., Tozetti, A.M. 2013. Diversity and associations between coastal habitats and anurans in southernmost Brazil. *An. Acad. Bras. Cien.* 85(2), 575-582.
- Paetzold, A., Tockner, K. 2005. Effects of riparian arthropod predation on the biomass and abundance of aquatic insect emergence. *Journal of the North American Benthological Society*, 24(2), 395-402.
- Parnell, A.C., Inger, R., Bearhop, S., Jackson, A.L. 2010. Source partitioning using stable isotopes: coping with too much variation. *PLoS ONE*. 5, e9672.

Peterson, B.J., Fry, B. 1987. Stable isotopes in ecosystem studies. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 18, 293-320.

Peterson, J.M., Dersch, E. 1981. A guide to sand dune and coastal ecosystem functional relationships, ed. Michigan State University Cooperative Extension Service, Michigan.

Pianka, E.R. 1970. Comparative autoecology of the lizard in different part of its geographic range. *Cnemidophorus tigris*. *Ecology*. 51(4), 703-720

Polis, G.A., Anderson, W.B., Holt, R.D. 1997. Toward an integration of landscape and food web ecology: the dynamics of spatially subsidized food webs. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 28, 289-316.

Pough, F.H. 1973. Lizard energetics and diet. *Ecology*, 837-844.

Quillfeldt, P., Bugoni, L., McGill, R.A., Masello, J.F., Furness, R.W. 2008. Differences in stable isotopes in blood and feathers of seabirds are consistent across species, age and latitude: implications for food web studies. *Mar. Biol.* 155(6), 593-598.

Rebelato, M. M. e Tozetti, A. M. Dados não publicados. O papel de fontes aquáticas na dieta da serpente terrestre *Thamnodynastes hypoconia* em banhados subtemperados do extremo sul brasileiro. Programa de pós-graduação em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande.

Reichardt, K. 1996. Dinâmica da matéria e da energia em ecossistemas, ed. USP-ESALQ, Piracicaba.

Ringuelet, R.A. 1962. Rasgos faunísticos de las reservas naturales de la Provincia de Buenos Aires. *Physis*. 23(64), 83-92.

- Rolon, A.S., Maltchik, L. 2006. Environmental factors as predictors of aquatic macrophyte richness and composition in wetlands of southern Brazil. *Hydrobiologia*. 556(1), 221-231.
- Santos, M.B. Oliveira, M.C.L.M.D., Verrastro, L., Tozetti, A. M. 2010. Playing dead to stay alive: death-feigning in *Liolaemus occipitalis* (Squamata: Liolaemidae). *Biota Neotropica*. 10(4), 361-364.
- Seigel, R.A.; Gibbons, J.W. e Lynch, T.K. 1995. Temporal changes in reptile populations: effects of a severe drought on aquatic snakes. *Herpetologica* 51: 424-434.
- Schlesinger, W.H., Melack, J.M. 1981. Transport of organic carbon in the world's rivers. *Tellus*. 33, 172-187.
- Schoener, T.W., Slade, J.B., Stinson, C.H. 1982. Diet and sexual dimorphism in the very catholic lizard genus, *Leiocephalus* of the Bahamas. *Oecologia*. 53(2), 160-169.
- Schütz A. R. Dados não publicados. Caracterização sazonal da exportação de matéria particulada (seston) e dissolvida do sistema hidrológico do Taim para a Lagoa Mirim (Rio Grande do Sul, Brasil). Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, Brasil.
- Symes, C.T. 2012. Stable Isotope Research in Southern African Birds, Diversity of Ecosystems, ed. INTECH Open Access Publisher.
- Teixeira-Filho, P.F., Rocha, C.F.D., Ribas, S.C. 2003. Relative feeding specialization may depress ontogenetic, seasonal, and sexual variations in diet: the endemic lizard *Cnemidophorus littoralis* (Teiidae). *Braz. J. Biol.* 63(2), 321-328.

- Tozetti, A.M., Bastos, R.F., Rebelato, M.M., Oliveira, M., Garcia, A.M. Isotopic niche and relative importance of terrestrial and aquatic primary carbon sources sustaining anurans in a subtemperate wetland. *Hydrobiologia* (no prelo).
- Van Sluys, M. 1995. Seasonal variation in prey choice by the lizard *Tropidurus itambere* (Tropiduridae) in southeastern Brazil. *Ciência e cultura* (Sao Paulo), 47(1), 61-65.
- Verrastro, L., Bujes, C.S. 1998. Rhythm of activity of *Liolaemus Occipitalis* (Sauria, Tropiduridae) at the Quintão beach, Rio Grande do Sul, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 15(4), 913-920.
- Verrastro, L., Ely, I. 2015. Diet of the lizard *Liolaemus occipitalis* in the coastal sand dunes of southern Brazil (Squamata-Liolaemidae). *Braz. J. Biol.* 75(2), 289-299.
- Verrastro, L., Krause, L. 1999. Ciclo reprodutivo de machos de *Liolaemus occipitalis* Boulenger (Sauria, Tropiduridae). *Rev. Bras. Zool.* 16(1), 227-231.
- Vitt, L.J., de Carvalho, C.M. 1995. Niche partitioning in a tropical wet season: lizards in the lavrado area of northern Brazil. *Copeia*, 305-329.
- Waichman, A.V. 1992. An alphanumeric code for toe clipping amphibians and reptiles. *Herpetol. Rev.* 23(1), 19-21.
- Wellborn, G.A., Skelly, D.K., Werner, E.E. 1999. Mechanisms creating community structure across a freshwater habitat gradient. *Annu. Rev. Ecol. Evol. S.* 27, 337-363.
- Wieczorek, M.V., Kötter, D., Gergs, R., Schulz, R. 2015. Using stable isotope analysis in stream mesocosms to study potential effects of environmental chemicals on aquatic-terrestrial subsidies. *Environ. Sci. Pollut. R.* 22(17), 12892-12901.
- Widholzer, F. (1986). *Banhados do Rio Grande do Sul*, ed. Riocell SA, Porto Alegre.

Willson, M.F., Halupka, K.C. 1995. Anadromous fish as keystone species in vertebrate communities. *Conservation Biology*, 9(3), 489-497.

Whittaker, R.H. 1975. The biosphere and man. In: *Primary Productivity of the Biosphere*, ed. Springer Berlin Heidelberg, New York.