

Universidade Federal do Amazonas
Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia para Recursos
Amazônicos

Investigação Experimental Sobre a Ecologia de Gastrópodes do
Gênero *Pomacea*, PERRY 1810 (Gastropoda, Ampullariidae) da
Região Amazônica

TIMÓTEO TADASHI WATANABE

ITACOATIARA

2014

Ficha Catalográfica

(Catalogação realizada pela Biblioteca ICET da UFAM)

Watanabe, Timóteo Tadashi

W324i Investigação Experimental Sobre a Ecologia de Gastrópodes do Gênero *Pomacea*, PERRY 1810 (Gastropoda, Ampullariidae) da Região Amazônica./ Timóteo Tadashi Watanabe. – Manaus, 2014.

54f.; il. color.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia para recursos da Amazônia) – Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia -Universidade Federal do Amazonas.

Orientador: Prof. Dr. Bruno Sampaio Sant'Anna

1. Ecologia-Gastropoda 2. Gastropoda-Ampullariidae 3. Gastropoda – Região Amazônica I. SANT'ANNA, Bruno Sampaio (Orient.) II. Universidade Federal do Amazonas II. Título

CDU 591.541:594.3 (811) (043.3)

Universidade Federal do Amazonas
Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia para Recursos
Amazônicos

TIMÓTEO TADASHI WATANABE

Investigação Experimental Sobre a Ecologia de Gastrópodes do
Gênero *Pomacea*, PERRY 1810 (Gastropoda, Ampullariidae) da
Região Amazônica

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos.

Orientador: Prof. Dr. Bruno Sampaio Sant'Anna

Co-Orientador: Prof. Dr. Gustavo Yomar Hattori

ITACOATIARA

2014



ATA DE DEFESA

Aos onze dias do mês de fevereiro do ano de 2014, às catorze horas no Auditório do Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia, realizou-se a Defesa de dissertação, intitulada "Investigação Experimental Sobre a Ecologia de Gastrópodes do Gênero *Pomacea* da Região Amazônica", de autoria do Candidato TIMÓTEO TADASHI WATANABE, aluno do curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos. A Comissão Examinadora esteve constituída pelos professores: Dr. BRUNO SAMPAIO SANT'ANNA, Presidente, Dr. CÉLIO MAGALHÃES e Dra. NEUSA HAMADA, ambos do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Concluídos os trabalhos de apresentação e arguição, o candidato foi APROVADO pela Comissão Examinadora. Foi concedido um prazo de 60 (sessenta) dias, para o candidato efetuar as correções sugeridas pela Comissão Examinadora e apresentar o trabalho em sua redação definitiva, sob pena de não expedição do Diploma. E, para constar, foi lavrada a presente ata, que vai assinada pelos membros da Comissão.


Dr. Bruno Sampaio Sant'Anna
Orientador-Presidente


Dr. Célio Magalhães
Membro da Banca Examinadora


Dra. Neusa Hamada
Membro da Banca Examinadora

À minha família e em memória ao meu
pai pelo apoio e incentivo.

Agradecimentos

Agradeço aos meus familiares que sempre apoiaram mesmo escolhendo ir para um lugar remoto. Aos meus orientadores, prof. Dr. Bruno Sampaio Sant'Anna e prof. Dr. Gustavo Yomar Hattori pelo acompanhamento e amizade. A todos os professores que tive em minha formação desde a graduação. A Universidade Federal do Amazonas pela oportunidade. A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos. Ao prof. Dr. Luiz R. Simone e ao Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo por auxiliar na identificação das espécies. Aos colegas e alunos do Laboratório de Zoologia do Grupo de Pesquisa Biologia e Produção de Organismos Aquáticos Amazônicos que auxiliaram no projeto, entre eles Kerolen Costa, Leo Jaime Oliveira e Delma Marques Coelho pelo auxílio nas coletas, e Keila Araújo, Emerson Dantas, Izomar Melo pelo auxílio na execução dos experimentos. E aos velhos e novos amigos que me incentivaram ao longo da jornada.

E no final das contas não são os anos em sua vida que contam. É a vida nos seus anos.

Abraham Lincoln

Resumo

Os moluscos Ampullariidae estão divididos em nove gêneros sendo *Pomacea* o mais conhecido mundialmente. Cerca de 20 espécies do gênero *Pomacea* vivem no ecossistema amazônico sob a influência de um regime de pulsos de inundações. Tendo isso em vista, este estudo avaliou o comportamento diário e a influência do regime de água amazônico no comportamento de *Pomacea bridgesii* REEVE, 1856 como modelo. Adicionalmente, avaliou-se a resistência à dessecação por *Pomacea amazonica* REEVE, 1856 e *P. bridgesii*, para testar a hipótese de que os gastrópodes resistem à seca sazonal que ocorre na região. Os gastrópodes foram coletados entre maio de 2012 e junho de 2013 no Município de Itacoatiara, Amazonas, Brasil. A avaliação da atividade diária, seleção de substrato e simulação do pulso de inundação foram realizadas sob condições de luz e temperatura ambiente. Os comportamentos foram registrados em um etograma elaborado em experimentos preliminares. A atividade diária foi observada por 48 horas e as observações da simulação do pulso de inundação foram feitas em um período de 70 dias. No experimento de resistência à dessecação, os animais foram colocados em recipientes plásticos e pesados a cada 24 horas até a morte do animal; em seguida foram secos em estufa a 60°C para a obtenção do peso seco. Os animais apresentaram mais atividade durante a noite quando até 80% dos indivíduos estavam explorando o ambiente e até 80% permaneciam imóveis durante o dia. Tanto para o dia como para a noite os gastrópodes utilizaram principalmente o substrato composto por seixo. Comparando a seleção entre o dia e a noite, parte dos animais que utilizavam o seixo durante o dia passou a usar substrato liso significativamente ($X^2=26,51$; $GL=3$; $P<0,05$). O comportamento de *P. bridgesii* em relação à simulação do pulso de inundação mostrou diferença significativa entre a cheia e a seca e não houve diferença significativa entre os períodos da enchente e vazante. Quanto à resistência à dessecação, *P. amazonica* sobreviveu um tempo máximo de 314 dias e *P. bridgesii* 157. Não houve diferença da sobrevivência entre os sexos de ambas as espécies e nem quando comparado o tempo entre as espécies. A comparação entre tamanhos foi significativo para *P. amazonica* em que os indivíduos menores (5--|30 mm) apresentaram uma taxa de sobrevivência menor do que os indivíduos médios (30--|55 mm; $H=13,33$; $GL=2$; $Z=2,78$; $P<0,05$) e grandes (≥ 55 mm; $H=13,33$; $GL=2$; $Z=3,11$; $P<0,05$), e *P. bridgesii*, em que os indivíduos maiores (≥ 36 mm) apresentaram uma taxa de sobrevivência maior do que os indivíduos pequenos (12--|25 mm; $H=14,40$; $GL=2$; $Z=3,42$; $P<0,05$) e médios (25--|36 mm; $H=14,40$; $GL=2$; $Z=2,90$; $P<0,05$). As espécies apresentaram tendência de sobrevivência e de perda de água semelhantes apesar da diferença de tempo máximo de sobrevivência. Desse modo, pode-se concluir que *P. bridgesii* possui maior atividade durante a noite, teve maior uso do substrato composto por seixo durante o dia, mas durante a noite parte desse uso passou para o substrato liso relacionado a sua atividade noturna. Também mostrou adaptações ao complexo ecossistema amazônico, interrompendo as atividades e fechando seu opérculo para sobreviver aos longos períodos de seca que ocorrem na região amazônica. E tanto *P. amazonica* como *P. bridgesii* possuem elevada resistência à dessecação como parte de sua forma de adaptação suportando todo o período de seca e até mesmo secas de longa duração, evidenciando estarem adaptadas ao ambiente da várzea amazônica.

Palavras-chave: Ecologia-Gastropoda, Gastropoda-Ampullariidae, Gastropoda-Região Amazônica.

Abstract

Gastropods from the Ampullariidae family are divided among nine genera being the most famous the *Pomacea* genera. There is about 20 species of *Pomacea* that lives in the Amazon ecosystem which has influence of flood pulses of the rivers. So this study evaluated the daily activity and the influence of the flood pulse in the apple snails behavior using *Pomacea bridgesii* as a model and also evaluated the desiccation resistance of the apple snails comparing the resistance between *Pomacea amazonica* and *P. bridgesii*. The gastropods were sampled between May 2012 and June 2013 in the city of Itacoatiara, Amazonas, Brazil. The daily activity, substratum selection and flood pulse simulation were made under natural light and temperature. The behaviors were registered on an ethogram and the daily activity was observed for 48 hours and the flood pulse simulation observations were made during 70 days. In the desiccation resistance experiment, the animals were put in plastics recipients and weighted with 24 hours interval until the death of the animals, after that the animals were dried on a 60°C kiln to obtain the dry weight. *Pomacea bridgesii* had more activity during the night where up to 80% of the animals were exploring the tank and during the day up to 80% were immobile. The most used substratum was the pebble. When comparing day with night the part of the usage of pebble during the day shifted to the smooth surface significantly ($X^2=26.51$; $DF=3$; $P<0.05$). The behavior of *P. bridgesii* related to the simulated flood pulse had significant difference between flood peak and dry period but there was no significant difference between the rising water period and the draining period. As for the desiccation resistance, *P. amazonica* survived a maximum of 314 days and *P. bridgesii* 157. There was neither difference between the sexes of both species nor difference between species. The size comparison was different for *P. amazonica* which the small individuals (5--|30 mm) survived less than the medium sized ones (30--|55 mm; $H=13.33$; $DF=2$; $Z=2.78$; $P<0.05$) and large ones (≥ 55 mm; $H=13.33$; $DF=2$; $Z=3.11$; $P<0.05$), and for *P. bridgesii* the large animals (≥ 36 mm) survived more time than small individuals (12--|25 mm; $H=14.40$; $DF=2$; $Z=3.42$; $P<0.05$) and medium ones (25--|36 mm; $H=14.40$; $GL=2$; $Z=2.90$; $P<0.05$). The species showed similar survival tendency and water loss although the maximum survival time was different. So we can conclude that *P. bridgesii* displays more activity during the night and had more usage of the pebble substratum during the day, but part of this usage shifted to the smooth surface relating to their nocturnal activity. This species also displayed adaptations to the complex Amazon ecosystem interrupting the activities and closing their operculum to survive the long drought period. And both *Pomacea amazonica* and *P. bridgesii* have high desiccation resistance as a part of their adaptations for the ecosystem which allows them to survive the drought period of the Amazon basin and even longer drought periods which may happen.

Keywords: Amazon basin, Ampullariidae, apple snail, flood pulse, ecology.

Sumário

Capítulo I	12
Resumo	12
Introdução	14
Material e Métodos.....	17
Resultados	21
Discussão	26
Referências.....	30
Capítulo II	36
Resumo	36
Introdução	38
Material e Métodos.....	40
Resultados	42
Discussão	48
Referências.....	51
Conclusão	56



Capítulo I



Capítulo I

Atividade, seleção de substrato e efeito do regime da planície de inundação Amazônica no comportamento de *Pomacea bridgesii* REEVE, 1856 (Gastropoda, Ampullariidae) em condições de laboratório

Resumo

Gastrópodes do gênero *Pomacea* tem relevante importância ecológica e econômica sendo utilizados tanto na alimentação humana como para fins de aquarofilia ornamental. Este estudo avaliou a atividade diária, seleção de substrato e a influência do regime de águas da planície de inundação amazônica no gastrópode *Pomacea bridgesii* REEVE, 1856, em condições de laboratório. Inicialmente os gastrópodes foram coletados em Itacoatiara, Amazonas, Brasil, em junho de 2013. A investigação da atividade diária, seleção de substrato e simulação do pulso de inundação foram realizados em tanques experimentais contendo água e os seus fundos cobertos parte metade areia e metade seixo com três réplicas sob condições de luz e temperatura ambiente. Os comportamentos previamente observados em um experimento piloto foram registrados em um etograma, sendo a atividade observada por 48 horas em intervalos de uma hora. Os animais foram mais ativos durante a noite, onde até 80% dos indivíduos se moveram pelo tanque explorando o ambiente e até 12% se alimentaram neste período. De forma geral tanto durante o dia quanto a noite os gastrópodes usaram mais o substrato seixo. À noite parte dos gastrópodes que estavam no seixo passou a usar substrato liso em quantidade significativa ($X^2=26,51$; $Gl=3$; $P<0,05$). O comportamento de *P. bridgesii* com a simulação do pulso de inundação mostrou diferença significativa com as simulações de cheia e seca, não houve diferença significativa entre os períodos de enchente e vazante apesar de haver variação na frequência de alguns comportamentos. Dessa forma, podemos concluir que *P. bridgesii* apresenta adaptações para o complexo habitat da planície de inundação

amazônica, cessando sua atividade e fechando o opérculo de suas conchas para sobreviver durante os longos períodos de seca que ocorrem na região com a descida das águas.

Palavras chave: Ampullariidae, ecologia, pulso de inundação, atividade, gastrópode.

Introdução

Os moluscos da família Ampullariidae estão divididos em nove gêneros sendo *Pomacea* PERRY, 1810 (Gastropoda, Ampullariidae) o mais conhecido no mundo (HAYES et al. 2008). Atualmente é conhecido cerca de 69 espécies do gênero *Pomacea* que são nativas dos rios e lagos principalmente na América do Sul (COWIE & THIENGO 2003; SIMONE 2006). Estes animais são amplamente estudados ao redor do mundo devido seu uso como recurso alimentar (LUM-KONG 1989, BOCANEGRA et al. 1996, ALVES et al. 2006), aquariofilia ornamental (COELHO et al. 2012) ou potencial recurso como catalizador na produção de biodiesel (MARGARETHA et al. 2012). Mesmo com essa importância há pouca informação sobre sua biologia em seu habitat natural, e levantamentos de espécies como os de MANSUR & VALER (1992), PIMPÃO et al. (2008) e PIMPÃO & MARTINS (2009) são essenciais para o conhecimento da diversidade e desenvolvimento de pesquisas nos locais de origem dessas espécies.

Apesar de *Pomacea* ser nativa da América do Sul, sua distribuição atual é vasta ao redor do mundo devido à sua introdução na Ásia, América do Norte e Europa (HAYES et al. 2008). Atualmente *Pomacea canaliculata* LAMARCK, 1819 é considerada como uma das principais espécies invasoras no mundo (LOWE et al. 2000). A introdução inicial dessas espécies ocorreu por diversos motivos comerciais como uso na alimentação, agente de controle biológico ou para a indústria da aquariofilia (MARTIN et al. 2012). Na Ásia, a perda do controle do manejo, após a introdução causou danos na produção de arroz (COWIE 2002). A invasão bem sucedida de *Pomacea* estimula mundialmente os estudos taxonômicos (ESTEBENET et al. 2006, RAWLINGS et al. 2007, HAYES et al. 2008), sobre reprodução (BOCANEGRA et al. 1996, COELHO et al. 2012), de manejo das espécies (COWIE 2002, LEE & OH 2006, YUSA et al. 2006) e alguns estudos comportamentais (KRETZSCHMAR & HECKMAN 1995, DARBY et al. 2002, HEILER et al. 2008). Porém a maioria desses

estudos foi realizada fora de seu habitat natural, sendo escassos os trabalhos sobre a biologia ou comportamento de *Pomacea* interagindo com as planícies de inundação em áreas nativas.

A região amazônica é conhecida por ter grande biodiversidade aquática (AGOSTINHO et al. 2005) assim como o fato da bacia amazônica conter grande volume de água (RICHEY et al. 1989). A floresta tropical e os rios nela presentes constituem um complexo regime de águas em que as planícies de inundação sofrem grandes mudanças sazonais ao longo do ano (JUNK et al. 1989, THOMAZ et al. 2007). Essas mudanças tem influência nos animais e plantas que residem nessas planícies de inundação (SHELDON et al. 2002, PETRY et al. 2003, PAROLIN 2009), o que requer que esses organismos desenvolvam adaptações no seu ciclo de vida, garantindo sua sobrevivência. Em *Pentacomia egregia* CHAUDOIR, 1835 (Insecta: Coleoptera) encontrada na planície de inundação central da Amazônia, em que os machos sobrevivem menos do que as fêmeas; já observado que a disponibilidade de terra firme induz a maturação rápida das gônadas das fêmeas, fato que não ocorre nos machos e as alterações na temperatura induzem a dormência gonadal das fêmeas prolongando seu tempo de vida (AMORIN et al. 1997). Na região do Pantanal também há periodicidade similar no pulso de inundação dos rios, KRETZSCHMAR & HECKMAN (1995) investigaram as estratégias de sobrevivência de três espécies de Ampulariidae na região, quanto à cheia e seca dos rios, sendo elas *Pomacea lineata* SPIX, 1827, *Pomacea scalaris* D'ORBIGNY, 1864 e *Marisa planogyra* PILSBRY, 1933. E observaram também que os animais seguem o nível da água do rio e nos corpos de água temporários, quando está a ponto de secar, eles se enterram e esperam até a próxima temporada de chuva.

Pomacea bridgesii REEVE, 1856, nativa da bacia amazônica (SIMONE 2006, HAYES et al. 2008), vive sobre influência da planície de inundação amazônica e também se espalhou pelo mundo devido principalmente à aquariofilia (COELHO et al. 2012). A maioria dos estudos é direcionada para *P. canaliculata* sendo eles estudos taxonômicos (RAWLINGS

et al. 2007, HAYES et al. 2007), de comportamento (ICHINOSE et al. 2003, AIZAKI & YUSA 2009, HEILER et al. 2008, SEUFFERT & MARTIN 2012), sobrevivência (FAN et al. 2000, YUSA et al. 2006, WADA & MATSUKURA 2011), dormência (GIRAUD-BILLOUD et al. 2011, 2013), efeitos de contaminação (KRUATRACHUE et al. 2011). Outras espécies de *Pomacea* são negligenciadas quanto ao conhecimento científico. Testando a hipótese de que *P. bridgesii* modifica sua atividade para sobreviver a modificações extremas no ambiente como os longos períodos de seca que ocorrem na região, o presente estudo investigou o comportamento de *P. bridgesii* descrevendo sua atividade diária, a seleção de substrato e avaliou o efeito da dinâmica de inundação da planície amazônica na atividade dessa espécie.

Material e Métodos

Os indivíduos de *P. brigesii* usados nos experimentos foram coletados no município de Itacoatiara, AM, Brasil (S03°08'19.9"; W058°27'32.5"), em junho de 2013. Este período é quando os níveis dos rios estão elevados e há o pico reprodutivo desses animais (observação pessoal) que estão presentes em grande abundância nas planícies de inundação. Os 150 gastrópodes foram capturados com o uso de puçás (40 cm de diâmetro, com rede possuindo 2 mm de tamanho de malha) entre as macrófitas em porções alagadas na planície de inundação. Após a coleta, os animais foram colocados em caixas plásticas com água e aeração proporcionada por bombas de ar movidas a bateria, e transportados para o laboratório. No laboratório os animais foram identificados segundo SIMONE (2006) e medidos em milímetros quanto ao comprimento total de concha com paquímetro de precisão de 0,05 mm (ESTEBENET & MARTIN 2003).

Montagem do etograma

Durante o período de uma semana foi feito inicialmente um experimento piloto para observar os comportamentos realizados por *P. bridgesii*. Após a coleta, os animais foram aclimatados às condições de cativeiro por três dias. Os animais foram observados de dia e de noite durante o período do experimento. A partir dessas observações montou-se um etograma (Tabela I) para realização dos experimentos.

Experimento de atividade diária e seleção de substrato

90 indivíduos adultos foram utilizados para avaliação da atividade diária de *P. bridgesii* (etograma). Os gastrópodes foram mantidos em tanques com 75 cm de diâmetro e 54 cm de altura com 175 litros de água, aeração e filtragem (bomba de filtragem 180L/hora). Foi feito um isolamento do ambiente externo através de um anteparo opaco para reduzir a

interferência externa no comportamento dos animais. Os anteparos possuíam aberturas de 10 cm X 10 cm permitindo a observação dos animais. O fundo foi preenchido com dois substratos simulando os locais em que os animais são encontrados na região (areia fina e seixo com tamanho de $14,62 \pm 3,03$ mm) e plantas encontradas nos locais de coleta para alimentação, constituída por gramíneas típicas da região (família Poaceae). Os procedimentos foram feitos em três tanques com condições idênticas, contendo cada um deles 30 animais. O alimento foi colocado antes do início do experimento, não necessitando reposições durante o período experimental. Antes da realização do experimento os gastrópodes foram aclimatados aos tanques durante três dias.

Após esse período, os indivíduos foram observados durante 48 horas para registro dos comportamentos descritos na Tabela I, e as quantificações dos comportamentos foram feitas em intervalos de 1 hora, atrás do anteparo opaco com abertura de 10 cm X 10 cm para evitar interferência externa. As observações durante a noite foram realizadas com o auxílio de luz vermelha para minimizar a interferência da luz na atividade dos animais (WASER 1968, CHERMORIZOV al. 1994).

Tabela I – Descrição dos comportamentos (atividades) registrados para caracterizar o etograma do gastrópode *Pomace bridgesii* (Gastropoda; Ampullariidae).

Comportamento	Descrição
Alimentação	Indivíduos se alimentando da vegetação
Cópula	Macho unido sobre a fêmea com o sáculo peniano exposto
Oviposição	Fêmea colocando os ovos
Escavação	O indivíduo se enterra no substrato
Exploração	O animal se move explorando o ambiente
Imóvel (fixado)	Inativo e fixo no substrato
Imóvel (solto)	Inativo no fundo do tanque, mas não fixo no substrato
Interação social	Contato entre dois ou mais indivíduos mas sem cópula
Raspagem	Uso da rádula no substrato mas não no alimento
Flutuação	Animal flutuando na coluna d'água

Para investigação da seleção de substrato foram considerados: areia, seixo, coluna d'água (quando o gastrópode flutua) e superfície lisa (parede do tanque e superfície das plantas). Após as primeiras 24 horas, a seleção de substrato foi registrada em dois períodos, durante o dia às 12:00h e durante a noite às 0:00h.

Simulação do pulso de enchente e influência no comportamento

Neste experimento, foram utilizados 60 animais adultos em grupos de 20 indivíduos em três tanques de água com sistema de drenagem e adição de água para simular a dinâmica da planície de inundação da Amazônia, com a elevação e redução do nível da água. Os procedimentos foram feitos sob as mesmas condições do primeiro experimento,

Os animais foram observados durante, três vezes ao dia (manhã, tarde e noite) usando o mesmo etograma na Tabela I. Após três dias de aclimatação o experimento foi iniciado, com nível de água de 37,5 cm em cada tanque e observados por 10 dias (simulando o período de cheia do rio), após este período, a cada dia foi removido 1,5 cm de água durante 25 dias (simulando o período da vazante). Após o 25º dia, toda água do tanque foi drenada e os animais foram observados por 10 dias (simulando o período de seca na planície de enchente). Após este período o processo reverso foi feito, adicionando 1,5 cm de água diariamente nos 25 dias subsequentes (simulando o período de enchente) retornando assim ao nível original da água de 37,5 cm de altura. A duração desses períodos foi determinada para evitar imprevistos e possibilitar uma nova realização do experimento durante o período em que seja possível a realização de novas coletas de animais. O alimento foi colocado antes do início do experimento e trocado a cada 10 dias, mantendo a quantidade de alimento constante durante todo o experimento.

Análises estatísticas

As frequências de comportamentos durante o dia e a noite, e para cada período de nível de água (cheia, vazante, seca e enchente) de *P. bridgesii* foram comparadas por meio de análise de componente principal (PCA) seguido por “bootstrap” (simulação com repetição aleatória) utilizando o programa R (R 2012). Tal método de análise foi proposto por CATLIN-GROVES et al. (2009) e modificado por STAFFORD et al. (2012) para a análise de dados de monitoramento comportamental. Esse método evita os problemas da dependência de dados comportamentais repetidos (UNDERWOOD 1997), e ainda auxilia na análise dos dados comportamentais de forma geral conseguindo dar significância estatística à PCA e não apenas uma tendência. Todas as frequências de comportamento (parâmetros) são colocadas em matrizes de dados para a leitura do programa. Após a realização das simulações, os resultados foram feitas com plotagem tridimensional das componentes principais dispersos em um espaço tridimensional e o tamanho da esfera representa o nível de intervalo de confiança. Não há a representação tradicional da PCA em que os parâmetros são distribuídos no eixo cartesiano. A sobreposição das esferas representa a ausência de diferença estatística entre os tratamentos. Estas análises foram feitas usando nível de significância de 5%. Uma distribuição da frequência foi calculada utilizando a média de cada réplica com as porcentagens das atividades de cada experimento.

Para comparar o uso de substrato de *P. bridgesii* entre o dia e a noite foi utilizado o teste de Qui-quadrado. Foi adotado 5% de nível de significância (SOKAL & ROHLF 1995).

Resultados

Atividade diária e seleção de substrato

A temperatura média durante o experimento foi de $26,93 \pm 0,71^\circ\text{C}$ e $65,08 \pm 3,62\%$ de umidade relativa do ar. Os animais utilizados no experimento tinham tamanho médio de $49,63 \pm 4,74$ mm de comprimento de concha. Durante o dia, a maioria (77,8%) dos indivíduos esteve inativo, porém fixo ao substrato, em contraste a maioria (82,2%) dos indivíduos durante a noite estava explorando o ambiente demonstrando que para *P. bridgesii* a noite é o período de atividade (Figura 1).

A maioria da atividade de alimentação foi realizada durante a noite, porém no máximo 11,1% dos indivíduos foram observados alimentando-se.

A interação social foi quase constante ao longo dos dias de observação com valores em sua maioria entre 30 e 40%. Houve outros comportamentos constantes porém com valores baixos, como a imobilidade solta no substrato (máximo 7,8%), escavação (máximo 6,7%), raspagem (máximo 3,3%) e flutuação (máximo 3,3%). Apesar de estarem no período de reprodução da espécie, os comportamentos reprodutivos foram pouco registrados e também com valores baixos como a oviposição (máximo 4,4%) e cópula (máximo 4,4%). De modo geral, a atividade de *P. bridgesii* foi significativamente diferente entre dia e noite (Figura 2).

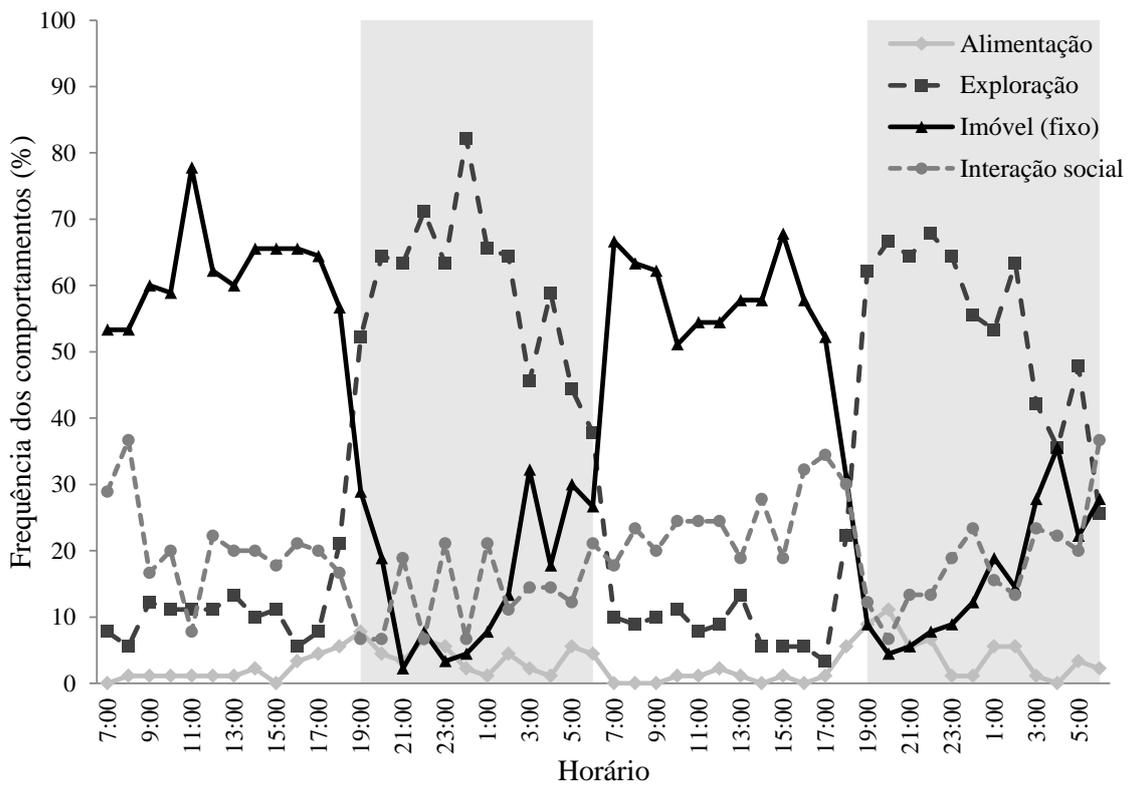


Figura 1 – Atividade diária de *Pomacea bridgesii*. Atividades comportamentais que não alcançaram 10% não foram incluídas no gráfico. Período do dia em branco e período da noite na coluna cinza.

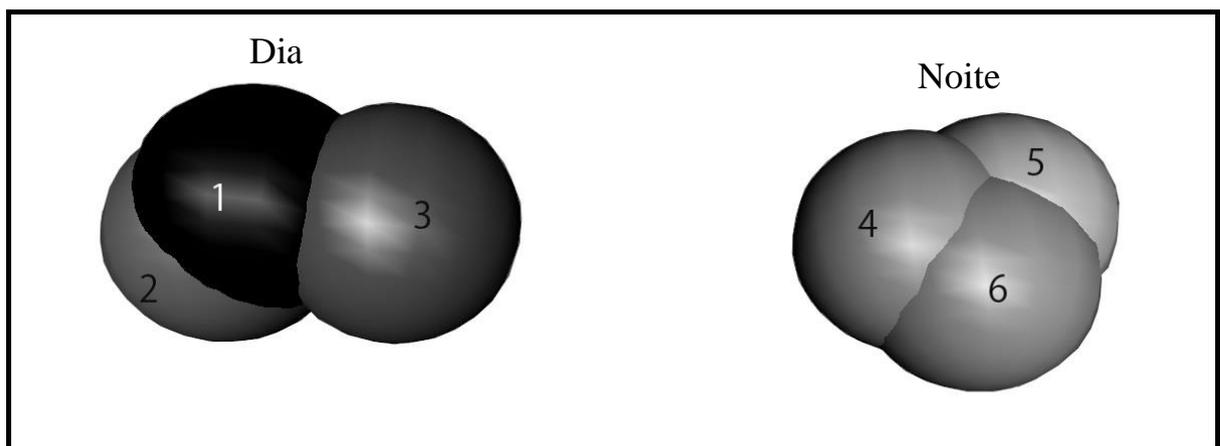


Figura 2 – Gráfico de bolha tridimensional dos componentes principais da atividade diária de *Pomacea bridgesii* (95% de intervalo de confiança) gerado pelo software R. Esferas sobrepostas representam ausência de diferença significativa. Réplicas do experimento durante o dia (1, 2 e 3) e réplicas durante a noite (4, 5 e 6).

Em geral, *P. bridgesii* apresentou maior seleção do substrato seixo. Quase não houve seleção para a coluna d'água (Tabela II) entre os períodos do dia. Porém, houve diferença significativa do uso de substrato entre dia e noite ($X^2=26,51$; $Gf=3$; $P<0,05$). O seixo foi o principal substrato utilizado durante o dia e durante a noite esse uso foi reduzido e houve um aumento do uso da superfície lisa.

Tabela II – Seleção de substrato pelo gastrópode *Pomacea bridgesii* durante o dia e a noite.

	Réplica	Coluna d'água	Areia	Seixo	Liso
Dia	A	0	5	21	4
	B	0	5	23	2
	C	0	3	26	1
	Total	0	13	70	7
Noite	A	2	8	13	7
	B	0	3	15	12
	C	0	5	12	13
	Total	2	16	40	32

Simulação do pulso de enchente e influência na atividade

A temperatura média durante os 70 dias de experimento foi de $27,19\pm 1,4^\circ\text{C}$ e $64,29\pm 3,57\%$ de umidade relativa do ar. Os animais usados neste experimento tiveram tamanho médio de $51,49\pm 5,33$ mm de comprimento de concha. No início do experimento, na simulação de cheia, a maior atividade registrada foi a interação social, alcançando 30%, seguido pela exploração do ambiente (máximo 16,1%), alimentação e escavação obtiveram uma frequência baixa (máximo de 4,4% e 8,9% respectivamente) e a maioria dos indivíduos encontrou-se inativo fixo (máximo 58,3%) e solto no substrato (máximo 14,4%) (Figura 3). Com o decréscimo de água (simulação da vazante), alguns comportamentos como escavação (máximo 43,6%) e imobilidade com opérculo fechado (máximo 43,4%) se tornaram mais frequentes do que a imobilidade fixa no substrato (máximo 33,9%). Outras atividades foram

reduzidas como a interação social (máximo 36,1%) e exploração (máximo 11,7%) (Figura 3). Quando a água secou completamente, os indivíduos pararam totalmente as atividades permanecendo enterrados (50%) ou imóveis com o opérculo fechado (50%). Após o início do aumento do nível da água os indivíduos voltaram à atividade com semelhanças ao período da vazante como a interação social (máximo 23,3%) e redução dos comportamentos de inatividade fixa no substrato (máximo 37,6%) e solto no substrato (máximo 48,8%). O número de indivíduos escavando foi menor que no período de vazante (máximo de 6,1%), e a frequência de alimentação aumentou após o despertar dos animais (máximo 11,7%) (Figura 3). Os períodos de cheia e seca foram significativamente diferentes e não houve diferença estatística entre o período da vazante e enchente (Figura 4).

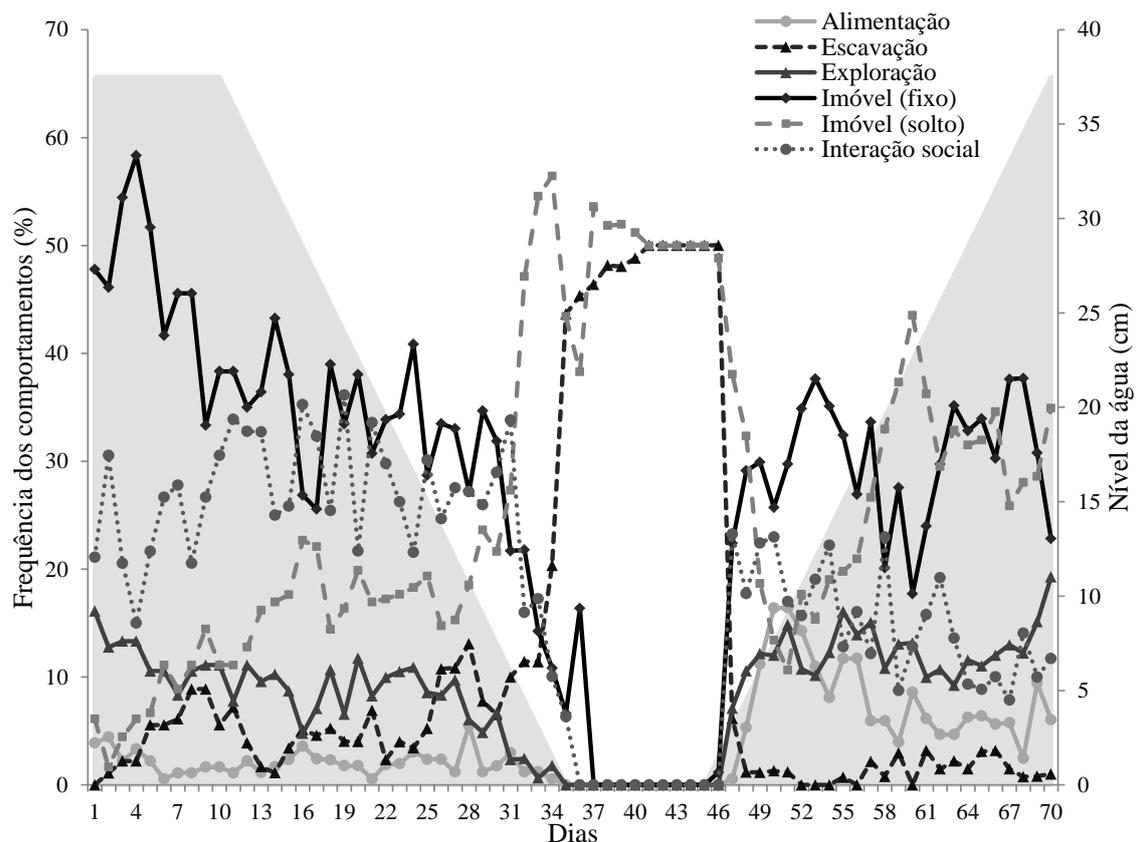


Figura 3 – Porcentagem da atividade de *Pomacea bridgesii* (Gastrópoda; Ampullariidae) durante a simulação da dinâmica da planície de inundação Amazônica. Atividades comportamentais que não alcançaram 10% não foram inclusos no gráfico. Nível da água representado pela área cinza.

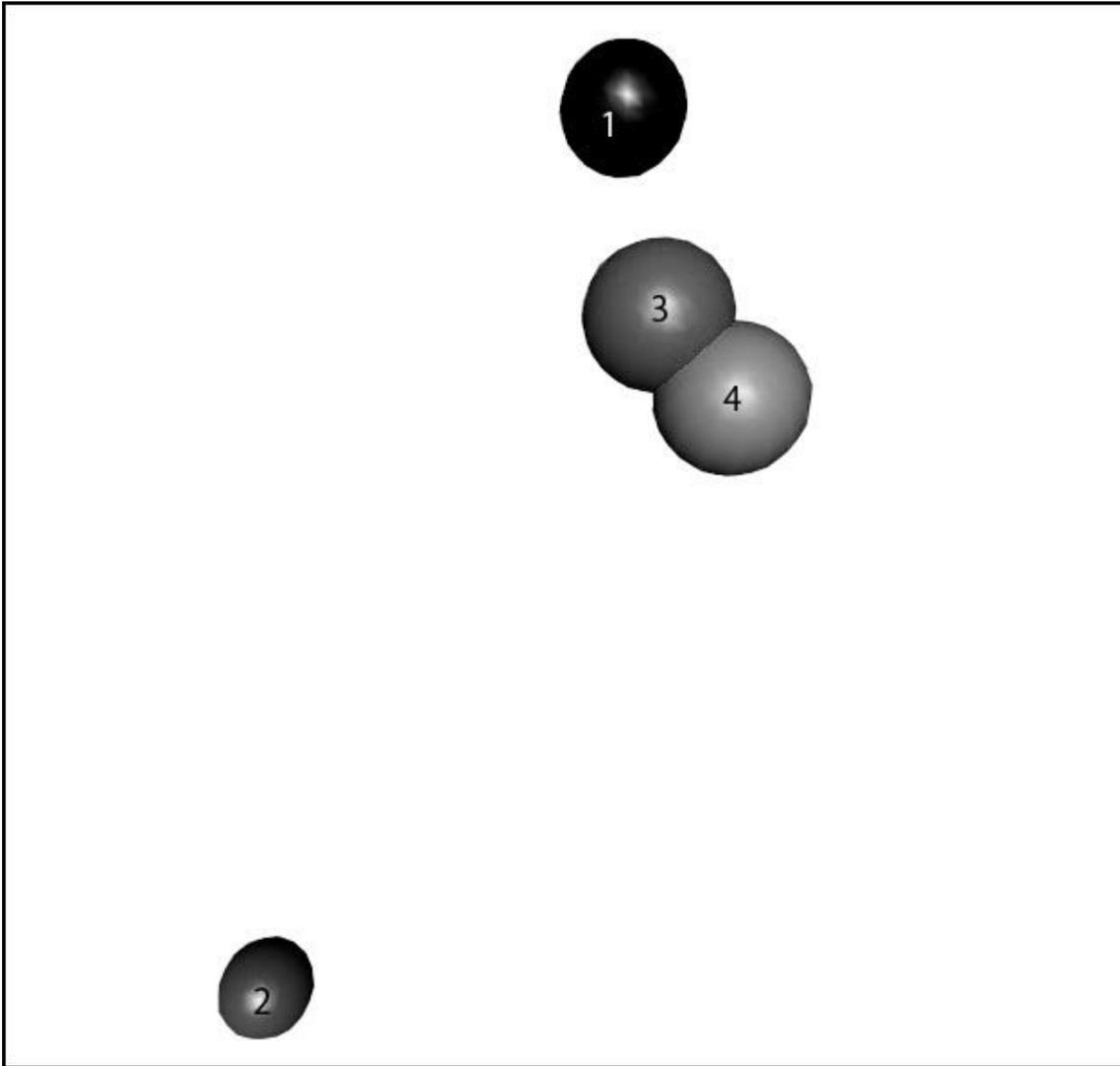


Figura 4 – Gráfico de bolha tridimensional dos componentes principais de cada período gerados pelo software R: 1= Cheia, 2= Seca, 3= Vazante e 4= Enchente. (95% de intervalo de confiança). Esferas sobrepostas representam ausência de diferença significativa.

Discussão

Em geral, moluscos terrestres possuem alta atividade noturna para evitar a perda de água (SOKOLOVE et al. 1977), mas para moluscos aquáticos isso é irrelevante, as atividades noturnas podem ter outros motivos como evitar predação de animais diurnos (BEISSINGER 1983), evasão de temperaturas mais altas (SEUFFERT et al. 2010), competição interespecífica por alimento e disponibilidade de comida (HEILER et al. 2008). Para *P. bridgesii* houve clara preferência para as atividades durante a noite como já foi relatado para *P. canaliculata* (HEILER et al. 2008). É provável que outras espécies do mesmo gênero também possam apresentar maior atividade durante a noite. Este fato que aumenta o número de Ampullariidae com comportamento noturno na literatura descritos inicialmente somente para duas espécies do gênero *Lanistes* MONTFORT, 1810 (BERTHOLD 1990), e os resultados de LEE & OH (2006) e HEILER et al. (2008) que registraram o comportamento noturno de *P. canaliculata*.

O aumento da atividade de *P. bridgesii* durante a noite pode indicar a evasão da alta temperatura durante o dia que normalmente é encontrada no ambiente em que esta espécie vive. Esse fato é comum em locais próximos à linha do Equador na floresta tropical. Outro motivo também é o fato da oviposição de *P. bridgesii* ocorrer durante a noite (COELHO et al. 2012) e, como esse comportamento é feito fora da água, a exposição ao sol causaria perda excessiva de água nos indivíduos. Na sua distribuição nativa, *Pomacea* spp. possui importantes predadores como o gavião *Rostrhamus sociabilis* VIEILOT, 1817 (Aves: Falconiformes) cujo período de alimentação e caça ocorre principalmente durante o dia (BEISSINGER 1983), ou *Aramus guarauna* LINNAEUS, 1766 (Aves: Gruiformes) que se alimenta quase exclusivamente desses moluscos e sua distribuição está relacionada à presença

de *Pomacea* spp. (DEL HOYO et al. 1996), assim, a atividade noturna de *P. bridgesii* pode ser resposta à pressão predatória.

Em alguns moluscos marinhos, a seleção de substrato está mais relacionada à disponibilidade de alimento do que ao tipo de substrato (CRISP 1969) ou à exposição da maré (DENADAI et al. 2001). Para *P. bridgesii* houve maior seleção para o seixo durante o dia e esse uso reduziu durante a noite mudando para superfícies lisas. Esta mudança de uso de substrato está relacionada provavelmente ao ciclo circadiano que esta espécie demonstra ter. Com a baixa atividade registrada durante o dia, onde a maioria dos indivíduos permaneceu entre o seixo no fundo do tanque, mesmo havendo disponibilidade da areia; isto evita exposição excessiva próxima a superfície da água. Este fato pode estar relacionado com a predação feita por *R. sociabilis* e *A. guarauna*, que são aves e capturam principalmente animais próximos da superfície da água (BEISSINGER 1983, DEL HOYO et al. 1996). O aumento do uso do substrato liso durante a noite concorda com os resultados de CRISP (1969) no qual a presença de alimento foi crucial para a seleção de substrato. A seleção da superfície lisa, em que as plantas utilizadas na alimentação foram incluídas nesta categoria de substrato, é possivelmente relacionada com o aumento da atividade de alimentação durante a noite, da mesma forma para a parede do tanque, que os moluscos raspam para procurar alimento. Um fator que influencia a distribuição de *P. canaliculata* é o acesso ao ar atmosférico, principalmente quando estão em um local com baixa disponibilidade de oxigênio na água (SEUFFERT & MARTIN 2010). O presente estudo foi conduzido com constante aeração na água, descartando a influência da disponibilidade de oxigênio observada para *P. canaliculata*.

Espécies de *Pomacea* respondem a alterações ambientais utilizando-se da capacidade de estivação (KRETZSCHMAR & HECKMAN 1995, YUSA et al. 2006, GIRAUD-BILLOUD et al. 2011) para mudanças de temperatura (ALBRECHT et al. 1999, SEUFFERT

et al. 2010, CHAPPERON & SEURONT 2011) e alterações do nível da água (DARBY et al. 2002). Apesar da variação da temperatura não ter sido testada, a resposta do comportamento de *P. bridgesii* com a variação do nível da água no laboratório foi corroborada, o que concorda com as respostas no campo encontradas por KRETZSCHMAR & HECKMAN (1995) em que encontraram indivíduos vivos enterrados em planícies de inundação secas, e DARBY et al. (2002) que viu que colocando os indivíduos em locais com um nível de água muito baixo eles enterravam-se ao invés de buscar locais mais profundos, mas ambos não observaram os eventos comportamentais frente à variação do nível da água. O decréscimo inicial da água influenciou o comportamento de *P. bridgesii* causando aumento da frequência do auto-enterramento e da imobilidade com o opérculo fechado. Este fato se tornou mais evidente quando o nível da água alcançou níveis reduzidos.

No ponto em que os tanques estavam completamente secos, quase metade dos indivíduos estava enterrada sob o substrato e a outra metade completamente imóvel. Outras espécies de *Pomacea* possuem esse mesmo comportamento de auto-enterramento e estivação (KRETZSCHMAR & HECKMAN 1995, AIZAKI & YUSA 2006, HEILER et al. 2008, SEUFFERT et al. 2010). Sendo esse comportamento é uma das razões da adaptabilidade e plasticidade da invasão de *Pomacea* spp. ao redor do mundo (WADA & YOSHIDA 2000, YUSA et al. 2006). O aumento do nível da água causou o despertar dos indivíduos influenciando no aumento do comportamento de alimentação quando comparado com o período da vazante. De forma inversa, o comportamento de escavação reduziu na enchente em comparação com o período da vazante. O despertar é provavelmente induzido pela redução de ácido úrico armazenado pelos indivíduos e após isso a maioria começa a se alimentar (GIRAUD-BILLOUD et al. 2011).

Apesar das diferenças no comportamento entre os períodos de vazante e enchente quanto a alimentação e escavação, outros comportamentos como a interação social e

exploração do ambiente foram similares em ambos os períodos. As diferenças em alguns componentes observados na vazante e na enchente não foram o suficiente para ter influência em relação aos outros componentes que tiveram maior valor como a imobilidade fixa e solta no substrato e interação social (ABDI & WILLIAMS 2010), o que influenciou na plotagem dos gráficos de bolhas. Durante os períodos de cheia e de seca, a diferença foi significativa (Figura 4) devido à alta frequência de indivíduos imóveis fixados no substrato e baixa frequência de indivíduos imóveis não fixados no substrato durante o período da cheia em comparação com os outros períodos e também pela inatividade total dos indivíduos durante o período da seca.

Pelos resultados obtidos podemos inferir que a hipótese inicial foi aceita, ou seja, o regime de águas da planície de inundação da Amazônia tem influência direta na atividade de *P. bridgesii*, assim como influenciou o inseto *Pentacomia egregia* que fez adaptações no seu ciclo de vida como a maturação rápida das gônadas das fêmeas quando há disponibilidade de terra firme e dormência gonadal quando há alterações na temperatura o que prolonga a vida das fêmeas (AMORIN et al. 1997). *Pomacea bridgesii* mostrou adaptações para sobrevivência durante os períodos de seca como auto-enterramento e interrupção das atividades com o opérculo fechado para evitar a perda de água. As adaptações e o modo de vida de *P. bridgesii* para sobreviver na planície de inundação da Amazônia apresentadas neste estudo servem de exemplo das dificuldades enfrentadas pelas espécies que vivem neste habitat peculiar, e fornecem dados inéditos para compreensão da ecologia da espécie.

Referências

- ABDI, H.; WILLIAMS, L.J. Principal component analysis. Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics, v. 2, n. 4, p. 433-459. 2010.
- AGOSTINHO, A.A.; THOMAZ, S.M.; GOMES, L.C. Conservation of the biodiversity of Brazil's inland waters. Conservation Biology, v. 19, n. 3, p. 646-652. 2005.
- AIZAKI, K.; YUSA, Y. Field observations of the alarm response to crushed conspecifics in the freshwater snail *Pomacea canaliculata*: effects of habitat, vegetation, and body size. Journal of Ethology, v. 27, n. 1, p. 175-180. 2009.
- ALBRECHT, E.A.; CARRENO, N.B.; CASTRO-VAZQUEZ, A. A quantitative study of environmental factors influencing the seasonal onset of reproductive behaviour in the South American apple-snail *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae). Journal of Molluscan Studies, v. 65, n. 2, p. 241-250. 1999.
- ALVES, L.P.; LIMA, S.F.B.; FERRI, A.G.; BARROS, J.C.; MACHADO J. Growth of *Pomacea lineata* and *Pomacea bridgesii* in Different stock densities. Thalassas, v. 22, n. 1, p. 55-64. 2006.
- AMORIM, M.A.; ADIS, J. & PAARMANN, W. Ecology and adaptations of the tiger beetle *Pentacomia egregia* (CHAUDOIR) (Cicindelinae: Carabidae) to Central Amazonian Floodplains. Ecotropica, v. 3, p. 71-82. 1997.
- BEISSINGER, S.R. Hunting behavior, prey selection, and energetics of Snail Kites in Guyana: consumer choice by a specialist. The Auk, v. 100, p. 84-92. 1983.
- BERTHOLD, T. Phylogenetic relationships, adaptations and biogeographic origin of the Ampullariidae (Mollusca, Gastropoda) endemic to Lake Malawi, Africa. Abhandlungen des naturwissenschaftlichen Vereins Hamburg, v. 31/32, p. 47-84. 1990.
- BOCANEGRA, F.A.; VALVERDE, N.N.; PEREA, E.Z. Características del desova de churo, *Pomacea maculata* em ambiente controlado. Folia Amazonica, v. 8, n. 2, p. 7-11. 1996.
- CATLIN-GROVES, C.L.; KIRKHOPE, C.L.; GOODENOUGH, A.E.; STAFFORD R. Use of confidence radii to visualise significant differences in principal components analysis: Application to mammal assemblages at locations with different disturbance levels. Ecological Informatics, v. 4, p. 147-151. 2009.
- CHAPPERON, C.; SEURONT, L. 2011. Behavioral thermoregulation in a tropical gastropod: links to climate change scenarios. Global Change Biology 17: 1740-1749.
- CHERNORIZOV, A.M.; SHEKHTER, E.D.; ARAKELOV, G.G.; ZIMACHEV, M.M. The Vision of the Snail: Spectral Sensitivity of the Dark-Adapted Eye. Neuroscience and Behavioral Physiology, v. 24, n. 1, p. 59-62. 1994.
- COELHO, A.R.A.; CALADO, G.J.P.; DINIS, M.T. Freshwater snail *Pomacea bridgesii* (Gastropoda: Ampullariidae), life history traits and aquaculture potential. Aquaculture,

Aquarium, Conservation & Legislation International Journal of the Bioflux Society, v. 5, n. 3, p. 168-181. 2012.

COWIE, R.H. Apple snails (Ampullariidae) as agricultural pests: their biology, impacts and management. In: Barker, G.M. (ed) Molluscs as crop pests. CABI, Wallingford, 2002. Pp 145–192.

COWIE, R.H.; THIENGO, S.C. The apple snails of the Americas (Mollusca: Gastropoda: Ampullariidae: *Asolene*, *Felipponea*, *Marisa*, *Pomacea*, *Pomella*): a nomenclatural and type catalog. Malacologia, v. 45, p. 41–100. 2003.

CRISP, M. Studies on the behavior of *Nassarius obsoletus* (Say) (Mollusca, Gastropoda). Biological Bulletin, v. 136, p. 355-373. 1969.

DARBY, P.C.; BENNETTS, R.E.; MILLER, S.J.; PERCIVAL, H.F. Movements of Florida apple snails in relation to water levels and drying events. Wetlands, v. 22, p. 489–498. 2002.

DEL HOYO, Josep; ELLIOTT, Andrew; SARGATAL, Jordi. Handbook of the birds of the world. Barcelona: Lynx Edicions, 1996. Volume 3. 752 p.

DENADAI, M.R.; AMARAL, A.C.Z.; TURRA, A. Spatial Distribution of Molluscs on Sandy Intertidal Substrates with Rock Fragments in South-Eastern Brazil. Estuarine, Coastal and Shelf Science, v. 53, n. 5, p. 733-743. 2001.

ESTEBENET, A.L.; MARTÍN, P.R. Shell interpopulation variation and its origin in *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae) from southern pampas, Argentina. Journal of Molluscan Studies, v. 69, p. 301-310. 2003.

ESTEBENET, A.L.; MARTÍN, P.R.; BURELA, S. Conchological variation in *Pomacea canaliculata* and other South American Ampullariidae (Caenogastropoda, Architaenioglossa). Biocell, v. 30, p. 329–335. 2006.

FAN, P.C.; WU, C.C.; YEN, C.W.; HUANG. Survival of *Pomacea* Species out of Water Kept in 25°C Laboratory Condition. Bulletin of Malacology, v. 24, p. 1-6. 2000.

GIRAUD-BILLOUD, M.; ABUD, M.A.; CUETO, J.A.; VEGA, I.A.; CASTRO-VAZQUEZ, A. Uric acid deposits and estivation in the invasive apple-snail, *Pomacea canaliculata*. Comparative Biochemistry and Physiology, Part A, v. 158, p. 506-512. 2011.

GIRAUD-BILLOUD, M.; VEGA, I.A.; TOSI, M.E.R.; ABUD, M.A.; CALDERÓN, M.L.; CASTRO-VAZQUEZ, A. Antioxidant and molecular chaperone defences during estivation and arousal in the South American apple snail *Pomacea canaliculata*. The Journal of Experimental Biology, v. 216, p. 614-622.

HAYES, K.A.; JOSHI, R.C.; THIENGO, S.C.; COWIE, R.H. Out of South America: multiple origins of non-native apple snails in Asia. Diversity and Distributions, v. 14, p. 701–712. 2008.

HEILER, K.C.M.; VON OHEIMB, P.V.; EKSCHMITT, K.; ALBRECHT, C. Studies on the temperature dependence of activity and on the diurnal activity rhythm of the invasive *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae). Mollusca, v. 26, n. 1, p. 73-81. 2008.

ICHINOSE, K.; YUSA, Y.; YOSHIDA, K. Alarm response of hatchlings of the apple snail, *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae), to aqueous extracts of other individuals. *Ecological Research*, v. 18, p. 213-219. 2003.

JUNK, Wolfgang J.; BAYLEY, Peter B.; SPARKS, Richard E. The flood pulse concept in river floodplain systems. In: Dodge DP, ed. PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL LARGE RIVER SYMPOSIUM, 1989. Canadian Publications Fisheries Aquatic Sciences, v. 106, p. 110-127.

KRETZSCHMAR, A.U.; HECKMAN, C.W. Estratégias de sobrevivência das espécies de Ampullariidae (Mollusca, Gastropoda) durante mudanças das condições ambientais extremas do ciclo sazonal sob o clima tropical úmido-e-seco. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 7, p. 60-66. 1995.

KRUATRACHUE, M.; SUMRITDEE, C.; POKETHITIYOOK, P.; SINGHAKAEW, S. Histopathological Effects of Contaminated Sediments on Golden Apple Snail (*Pomacea canaliculata*, Lamarck 1822). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, v.86, p. 610-614. 2011.

LEE, T.G.; OH, K.C. 2006. Golden apple snails in Korea. In Joshi, R.C. & Sebastian, L.S. Global advances in ecology and management of golden apple snails. Science City of Muñoz: Philippine Rice Research Institute 2006. P. 588.

LOWE, S.; BROWNE, M.; BOUDJELAS, S.; DE POORTER, M. 100 of the World's Worst Invasive Alien Species: A selection from the Global Invasive Species Database. Auckland: The Invasive Species Specialist Group (ISSG), 2000. 12 p.

LUM-KONG, A. 1989. The potencial of *Pomacea urceus* as a culture species in Trinidad. BCPC - MONO: Slugs and Snails in World Agriculture, v. 41, p. 33-39.

MANSUR, M.C.D.; VALE, R.M. Moluscos bivalves do rio Uraricoera e rio Branco, Roraima, Brasil. *Amazoniana*, v. 12, n. 1, p. 85-100. 1992.

MARGARETHA, Y.Y.; PRASTYO, H.S.; AYUCITRA, A.; ISMADJI, S. Calcium oxide from *Pomacea* sp. Shell as a catalyst for biodiesel production. *International Journal of Energy and Environmental Engineering*, v. 3, n. 1, p. 1-9. 2012.

MARTIN, C.W.; BAYHA, K.M.; VALENTINE, J.F. Establishment of the Invasive Island Apple Snail *Pomacea insularum* (Gastropoda: Ampullaridae) and Eradication Efforts in Mobile, Alabama, USA. *Gulf of Mexico Science*, v. 1-2, p. 30-38. 2012.

PAROLIN, P. Submerged in darkness: adaptations to prolonged submergence by woody species of the Amazonian floodplains. *Annals of Botany*, v. 103, p. 359-376. 2009.

PETRI, P.; BAYLEY, P.B.; MARKLE, D.F. Relationships between fish assemblages, macrophytes and environmental gradients in the Amazon River floodplain. *Journal of Fish Biology*, v. 63, p. 547-579. 2003.

PIMPÃO, D.M.; ROCHA M.S.; FETTUCIA D.C. Freshwater mussels of Catalão, confluence of Solimões and Negro rivers, state of Amazonas, Brazil. *Check List*, v. 4, n. 4, p. 395-400. 2008.

PIMPÃO, D.M.; MARTINS, D.S. Moluscos de Água Doce do Tupé, Manaus, Am, Brasil. In: Santos-Silva EE, Scudeller VV (Orgs) Diversidade Biológica e Sociocultural do Baixo Rio Negro, Amazônia Central. Manaus: UEA Edições, 2009. V. 2., p. 200.

R. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2012.

RAWLINGS, T.A.; HAYES, K.A.; COWIE, R.H.; COLLINS, T.M. The identity, distribution, and impacts of non-native apple snails in the Continental United States. *BMC Evolutionary Biology*, v. 7, p. 97. 2007.

RICHEY, J.E.; MERTES, L.A.K.; DUNNE, T.; VICTORIA, R.L.; FORSBERG, B.R.; TANCREDI, A.C.N.S.; OLIVEIRA, E. Sources and routing of the Amazon river flood wave. *Global Biogeochemical Cycles*, v. 3, n. 3, p. 191-204. 1989.

SEUFFERT, M.E.; BURELA, S.; MARTÍN, P.R. Influence of water temperature on the activity of the freshwater snail *Pomacea canaliculata* (Caenogastropoda: Ampullariidae) at its southernmost limit (Southern Pampas, Argentina). *Journal of Thermal Biology*, v. 35, n. 2, p. 77-84. 2010.

SEUFFERT, M.E.; MARTÍN, P.R. Dependence on aerial respiration and its influence on microdistribution in the invasive freshwater snail *Pomacea canaliculata* (Caenogastropoda, Ampullariidae). *Biological Invasions*, v. 12, p.1695–1708. 2010.

SEUFFERT, M.E.; MARTÍN, P.R. A lentic dweller in lotic habitats: the behavior of the invasive South American apple snail *Pomacea canaliculata* in flowing water. *Aquatic Ecology*, v. 46, p. 129-142. 2012.

SHELDON, F. BOULTON, A.J.; PUCKRIDGE, J.T. Conservation value of variable connectivity: aquatic invertebrate assemblages of channel and floodplain habitats of a central Australian arid-zone river, Cooper Creek. *Biological Conservation*, v. 103, p. 13-31. 2002.

SIMONE, Luiz Rircardo Lopes. Land and freshwater mollusks of Brazil. São Paulo: EGB/FAPESP, 2006. 390 p.

SOKAL, Robert R.; ROHLF, F. James. *Biometry*. New York: W.H. Freeman and Company, 1995. 887p.

SOKOLOVE, P.G.; BEISWANGER, C.M.; PRIOR, D.J.; GELPERIN, A. A circadian rhythm in the locomotive behaviour of the giant garden slug *Limax maximus*. *The Journal of Experimental Biology*, v. 66, n. 1, p. 47-64. 1977.

STAFFORD R.; GOODENOUGH, A.E.; SLATER, K.; CARPENTER, W.; COLLINS, L.; CRUICKSHANK, H.; DOWNING, S.; HALL, S.; MCDONALD, K.; MCDONNELL, H.; OVERS, B.; SPIERS, L.; STETTER, M.; ZITZER, H.; HART, A.G. Inferential and visual analysis of ethogram data using multivariate techniques. *Animal Behaviour*, v. 83, p. 563-569. 2012.

THOMAZ, S.M.; BINI, L.M.; BOZELLI, R.L. Floods increase similarity among aquatic habitats in river-floodplain systems. *Hydrobiologia*, v. 579, p. 1-13. 2007.

UNDERWOOD, A.J. Experiments in Ecology: Their Logical Design and Interpretation Using Analysis of Variance. Cambridge: Cambridge University Press, 1997. 522 p.

WADA, T.; MATSUKURA, K. Linkage of cold hardiness with desiccation tolerance in the invasive freshwater apple snail, *Pomacea canaliculata* (Caenogastropoda: Ampullariidae). *Journal of Molluscan Studies*, v. 77, p. 149-153. 2011.

WADA, T.; YOSHIDA, K. Burrowing by the apple snail, *Pomacea canaliculata* (LAMARCK); daily periodicity and factors affecting burrowing. *Proceedings of the Association for Plant Protection of Kyushu*, v. 46, p. 88–93. 2000.

WASER, P.M. The spectral sensitivity of the eye of *Aplysia californica*. *Comparative Biochemistry and Physiology*, v. 27, p. 339-347. 1968.

YUSA, Y.; WADA, T.; TAKAHASHI, S. Effects of dormant duration, body size, self-burial and water condition on the long-term survival of the apple snail, *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae). *Applied entomology and zoology*, v. 41, n. 4, p. 627-632. 2006.



Capítulo II



Capítulo II

Resistência à dessecação de duas espécies do gênero *Pomacea* PERRY, 1810 (Gastropoda, Ampullariidae) da região amazônica

Resumo

As planícies da bacia amazônica possuem um complexo regime de águas com inundações sazonais. Cerca de 20 espécies do gênero *Pomacea* vivem sob esse regime, dentre elas *Pomacea amazonica* REEVE, 1856 e *Pomacea bridgesii* REEVE, 1856. Este estudo avaliou a resistência à dessecação de *P. amazonica* e *P. bridgesii*, com a hipótese de que estes gastrópodes conseguem sobreviver por longos períodos de seca, sem água que ocorre anualmente na região. Os gastrópodes foram coletados em Itacoatiara, Amazonas, Brasil em maio de 2012 e levados ao laboratório. Os animais foram medidos, pesados e em seguida colocados em recipientes plásticos. Durante o experimento os gastrópodes foram pesados a cada 24h até o momento da morte. Em seguida os animais foram secos em estufa a 60°C para a obtenção do peso seco. *Pomacea amazonica* sobreviveu por até 314 dias, enquanto que *P. bridgesii* resistiu 157 dias. Em ambas as espécies a sobrevivência não foi diferente quando comparado entre machos e fêmeas e nem quando comparado o tempo entre as espécies. Já o tempo de sobrevivência em relação ao tamanho foi significativo tanto para *P. amazonica* em que os indivíduos menores (5--|30 mm) tiveram menor taxa de sobrevivência que os indivíduos médios (30--|55 mm; $H=13,33$; $GL=2$; $Z=2,78$; $P<0,05$) e grandes (≥ 55 mm; $H=13,33$; $GL=2$; $Z=3,11$; $P<0,05$), quanto para *P. bridgesii*, em que os indivíduos maiores (≥ 36 mm) tiveram taxa de sobrevivência maior que os indivíduos pequenos (12--|25 mm; $H=14,40$; $GL=2$; $Z=3,42$; $P<0,05$) e médios (25--|36 mm; $H=14,40$; $GL=2$; $Z=2,90$; $P<0,05$). As espécies apresentaram uma tendência de sobrevivência e de perda de água semelhantes apesar da diferença do tempo máximo de sobrevivência. Com estes resultados podemos

concluir que *P. amazonica* e *P. bridgesii* possuem grande resistência à dessecação como uma forma de adaptação ao clima e hábitat amazônico, podendo suportar todo o período de seca e até mesmo possíveis secas de duração mais longa.

Palavras-chave: Ampullariidae, bacia Amazônica, sobrevivência, temperatura

Introdução

Dentre os moluscos de água doce que ocorrem no Brasil, as espécies de gastrópodes do gênero *Pomacea* (Gastropoda; Ampullariidae) e tem distribuição setentrional e litorânea, sendo encontradas em habitats dulcícolas desde o nordeste até o sudeste do país (THIENGO 1995). Das sessenta e nove espécies do gênero *Pomacea*, vinte ocorrem na Amazônia (SIMONE 2006), sendo a distribuição natural desse gênero, majoritariamente na América do Sul (COWIE & THIENGO 2003).

A floresta tropical amazônica e os rios nela presentes exibem um complexo regime de águas em que há a presença de planícies que sofrem consideráveis mudanças sazonais e devido às inundações periódicas anuais (JUNK et al. 1989, THOMAZ et al. 2007). Outra característica da bacia amazônica é que ela possui um grande volume de água (RICHEY et al. 1989) o que confere a esse ecossistema características distintas e grande biodiversidade aquática (AGOSTINHO et al. 2005). Esse ecossistema possui mudanças sazonais significativas que influenciam os organismos que habitam as planícies de inundação (PETRY et al. 2003, PAROLIN 2009). A região do Pantanal que também possui periodicidade similar de inundações de rios, também há a ocorrência de espécies de Ampullariidae que se adaptaram a esse regime e possuem estratégias de sobrevivência a esse ambiente (KRETZSCHMAR & HECKMAN 1995).

Dentre os fatores abióticos que influenciam a biologia de moluscos terrestres, destaca-se a umidade, visto que afeta aspectos fisiológicos, comportamentais e ecológicos desses animais (RAUT & PANIGRAHI 1988, NEKOLA 2003). Diversas espécies apresentam estratégias fisiológicas e comportamentais, tais como a estivação, a retração da massa cefalopodal no interior da concha e o enterramento, as quais garantem a sobrevivência durante períodos desfavoráveis, como altas temperaturas e baixa umidade (ARAD 1993). Particularmente em Ampullariidae, muitas espécies possuem elevada resistência à dessecação

(COWIE 2002). Espécies dessa família podem residir em locais de corpos d'água temporários que secam periodicamente e enterram-se durante o período de seca entrando em dormência (BURKY et al. 1972, YUSA et al. 2006). Vários fatores podem influenciar a sobrevivência das espécies de *Pomacea* em dormência tais como a duração da seca (LITTLE 1968, BURKY et al. 1972, DARBY et al. 2003) e o tamanho dos indivíduos (DARBY et al. 2003) que possuem mais água no corpo e a razão da superfície em relação ao volume dão a indivíduos maiores menor propensão à perda de água (DUDGEON 1980).

Com as mudanças climáticas e aumento do uso do solo que causam alterações nos regimes hidrológicos dos rios, as flutuações dos níveis dos rios no mundo tem sido alteradas (SOPHOCLEOUS 2004). Alterações nas flutuações podem causar períodos de secas mais prolongados (FU et al. 2013), o que afetaria o funcionamento ecológico dos rios e suas planícies de inundação (COLLAS et al. 2014). Os rios amazônicos possuem flutuação anual natural em seu nível de água que ocorre anualmente (JUNK et al. 1989). Essas variações podem alcançar até 14 metros e normalmente possui duração de alguns meses, sendo que a cheia pode durar de 50 a 270 dias (JUNK et al. 1989) e a seca possui duração típica entre 30 e 120 dias (BITTENCOURT & AMADIO 2007).

Pelo fato dos grandes rios da Amazônia apresentarem uma variação sazonal anual o presente estudo tem como objetivo avaliar experimentalmente a resistência à dessecação por *Pomacea amazonica* REEVE, 1856 e *Pomacea bridgesii* REEVE, 1856. A hipótese a ser testada é que esses gastrópodes conseguem sobreviver sem água a períodos maiores que o tempo médio da seca que ocorre periodicamente na região. Desse modo avaliou-se a relação entre o tempo de sobrevivência e o tamanho, o tempo de sobrevivência entre sexos e entre as espécies, e o tempo de sobrevivência em diferentes classes de tamanho.

Material e Métodos

Os indivíduos de *P. brigesii* e *P. amazonica* usados no experimento foram coletados no município de Itacoatiara, AM, Brasil (S03°08'19,9"; W058°27'32,5"), em maio de 2012. Os gastrópodes foram capturados utilizando puçás (40 cm de diâmetro com rede possuindo 2 mm de tamanho de malha) entre as macrófitas, em porções alagadas na planície de inundação do rio Amazonas. Após a coleta, os animais foram colocados em caixas plásticas com água e aeração, e transportados para o laboratório. No laboratório os animais foram identificados segundo SIMONE (2006) e o comprimento total da concha foi medido com auxílio de paquímetro de precisão de 0,05 mm (ESTEBENET & MARTIN 2003).

Experimento de resistência à dessecação

Para o experimento de dessecação foram utilizados 35 indivíduos de *P. amazonica* (de 8,5 mm a 102,8 mm) e 105 de *P. bridgesii* (de 14,5 mm a 49,9 mm). A variação do número amostral se deve à dificuldade de coleta de *P. amazonica* impossibilitando um número amostral maior. Antes de iniciar o experimento todos os espécimes foram secos com papel toalha, e pesados em balança digital com precisão de 0,001g, para obtenção do peso inicial. Os gastrópodes foram mantidos sob temperatura e umidade relativa do ar ambiente, individualizados em recipientes plásticos (20x15x15) sem água, cobertos com tela para evitar fuga dos gastrópodes e permitir a passagem do ar. Os gastrópodes foram pesados a cada 24 horas, no período de manhã, até o momento em que não responderiam mais a estímulos mecânicos, e o opérculo não se manteve mais firme na entrada da concha, sendo considerados mortos. A temperatura (°C) e a umidade relativa do ar (%) foram registradas diariamente. Para evitar manipulação desnecessária dos animais o sexo foi determinado ao término do experimento, por dissecação e inspeção anatômica dos órgãos genitais. Após a morte dos gastrópodes, os mesmos foram levados à estufa a (60°C), permanecendo por 72 horas e

pesados em balança digital com precisão de 0,001g para determinação do peso seco. A taxa de perda de água foi determinada pela diferença entre o peso inicial e o peso seco dos gastrópodes. Essa metodologia foi feita para outros animais como ermitões (YOUNG 1978, DENADAI & TURRA 2001), o que permite que os animais permaneçam vivos até o fim do experimento quando morrem.

Análises estatísticas

A comparação do tempo de sobrevivência em relação ao tamanho entre *P. amazonica* e *P. bridgesii* foi feita através das análises de regressão linear e covariância (ANCOVA), utilizando o tempo de sobrevivência como covariável. O teste de normalidade de Komolgorov-Smirnov foi utilizado para testar a normalidade do tempo de sobrevivência dos machos e fêmeas de *P. amazonica* e *P. bridgesii*. A comparação do tempo de sobrevivência entre as espécies e entre os sexos para ambas as espécies foi feita através do teste de Mann-Whitney. O teste de Kruskal-Wallis foi empregado para comparar o tempo de sobrevivência de três classes de tamanho para *P. amazonica* (5--|30, 30--|55 e ≥ 55 mm) e para *P. bridgesii* (12--|25, 25--|36 e ≥ 36 mm). Para todas as análises foi adotado nível de significância de 5% (SOKAL & ROHLF 1995).

Resultados

Durante o período do experimento a temperatura média foi de $29,56 \pm 1,73^\circ\text{C}$ e $62,72 \pm 5,26\%$ a umidade relativa do ar. *Pomacea amazonica* utilizados no experimento foi representado por 19 machos e 16 fêmeas e *P. bridgesii* por 32 machos e 73 fêmeas. Na Tabela I pode-se observar a variação de tamanho dos indivíduos. Quanto ao tempo de sobrevivência, *P. amazonica* sobreviveu por até 314 dias sem água e alimento, *P. bridgesii* resistiu até 157 dias. A distribuição do tempo de sobrevivência foi diferente do normal para as fêmeas tanto para *P. amazonica* (KS(DM)=0,3403; N=16; $P < 0,05$) como para *P. bridgesii* (KS(DM)=0,1862; N=73; $P < 0,05$), no entanto os machos tiveram distribuição normal quanto ao tempo de sobrevivência (*P. amazonica*: KS(DM)=0,1961; N=19; $P > 0,05$; *P. bridgesii*: KS(DM)=0,1567; N=32; $P > 0,05$). O tempo de sobrevivência não diferiu entre os sexos para *P. amazonica* (Tabela I, Z(U)=1,0762; GL=1; $P=0,2818$), e para *P. bridgesii* (Tabela I, Z(U)=0,5047; GL=1; $P=0,6138$).

Tabela I – Número de indivíduos (N), média e desvio padrão ($\bar{X} \pm \text{DP}$) do comprimento da concha (mm) e tempo de sobrevivência de *Pomacea amazonica* e *Pomacea bridgesii* utilizados no experimento. Médias seguidas pela mesma letra não possuem diferença significativa ($P > 0,05$).

	<i>Pomacea amazonica</i>			<i>Pomacea bridgesii</i>		
	N	$\bar{X} \pm \text{DP}$	Tempo	N	$\bar{X} \pm \text{DP}$	Tempo
Machos	19	42,87 \pm 24,65	87,89 \pm 90,27 a	32	34,01 \pm 9,68	25,31 \pm 18,92 a
Fêmeas	16	28,53 \pm 24,01	33,18 \pm 43,03 a	73	33,28 \pm 8,91	35,20 \pm 37,38 a
Total	35	36,34 \pm 25,06	62,88 \pm 76,78	105	32,96 \pm 8,60	32,19 \pm 33,09

De modo geral, os indivíduos maiores sobreviveram mais tempo do que indivíduos menores para ambas as espécies (Figura 1). Para *P. amazonica*, os indivíduos menores sobreviveram menos que os indivíduos médios (H=13,33; GL=2; Z=2,78; $P < 0,05$) e grandes (H=13,33; GL=2; Z=3,11; $P < 0,05$); para *P. bridgesii*, os indivíduos maiores sobreviveram

mais que os indivíduos pequenos ($H=14,40$; $GL=2$; $Z=3,42$; $P<0,05$) e médios ($H=14,40$; $GL=2$; $Z=2,90$; $P<0,05$).

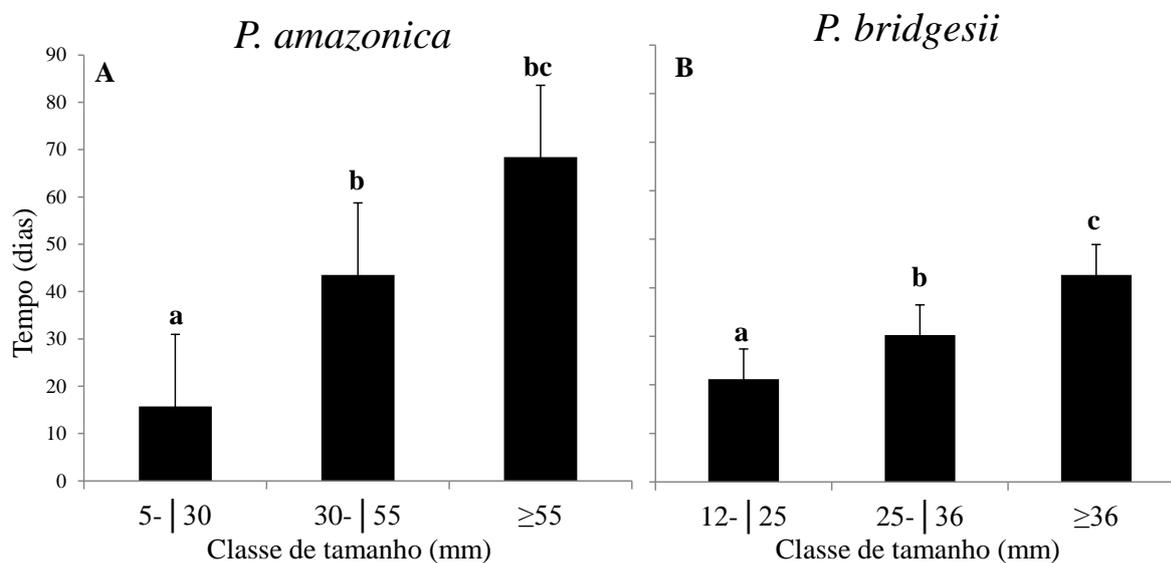


Figura 1 – Tempo médio e desvio padrão da sobrevivência de *Pomacea amazonica* e *Pomacea bridgesii* em diferentes classes de tamanho (mm). Letras diferentes diferiram estatisticamente em um mesmo gráfico segundo teste de Kruskal-Wallis ($P<0,05$).

Tanto *P. amazonica* como *P. bridgesii* registraram baixos coeficientes de determinação das retas devido à variabilidade de tamanho em tempos semelhantes de sobrevivência. Não houve diferença significativa nas inclinações das retas das regressões lineares entre as espécies (Figura 2, ANCOVA, $F=3,36$; $GL=1$; $P=0,069$). A taxa de perda de água e de mortalidade de ambas as espécies foram semelhantes com perda mais acentuada nos dias iniciais de experimento (Figura 3). No 21º dia 50% dos indivíduos de *P. amazonica* morreram (Figura 3) e apesar da variação de tamanho, os indivíduos menores tiveram alta mortalidade nos dias iniciais (Figura 4). Para *P. bridgesii* 50% dos indivíduos estavam mortos no 26º dia (Figura 3) e, assim como em *P. amazonica* a maioria dos animais que morreram no início do experimento eram pequenos (Figura 5). Apesar de *P. amazonica* ter apresentado período de sobrevivência máximo e média ($62,88\pm 76,78$ dias) maior do que *P. bridgesii*

($32,19 \pm 33,09$ dias), as espécies não apresentaram diferença quanto ao tempo de sobrevivência ($Z(U)=1,6651$; $GL=1$; $P=0,096$).

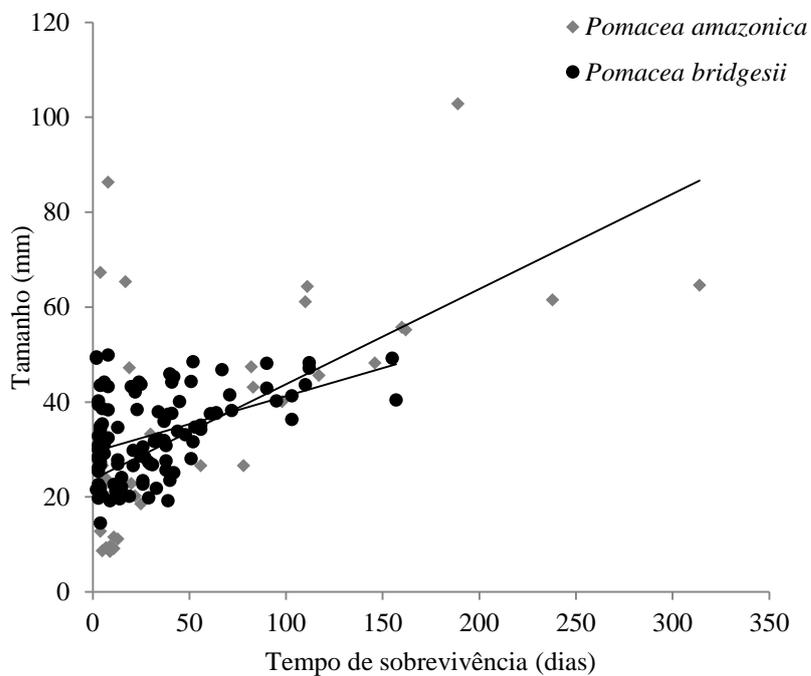


Figura 2 - Comparação do tempo de sobrevivência em relação ao tamanho dos indivíduos entre *Pomacea amazonica* ($Y=0,003X + 23,744$; $R^2=0,38$) e *Pomacea bridgesii* ($Y=0,1178X + 29,485$; $R^2=0,19$).

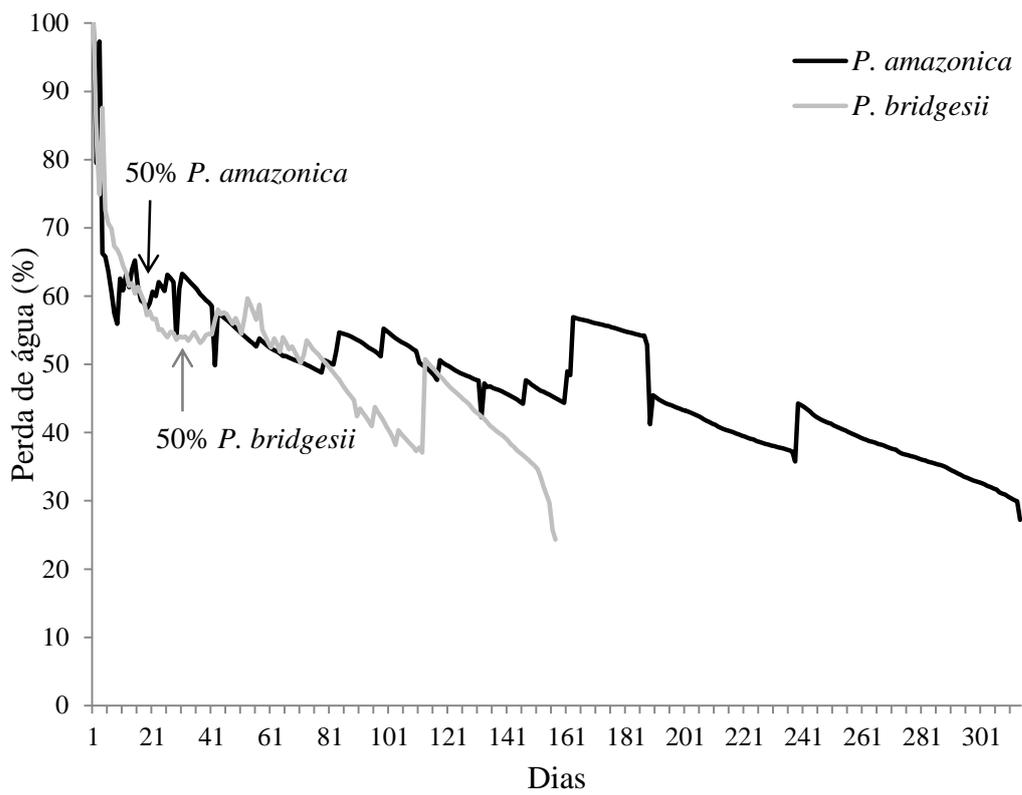


Figura 3 – Taxa de perda de água (%) de *Pomacea amazonica* e *Pomacea bridgesii* ao longo dos dias de experimento. 50% dos indivíduos mortos indicados pelas setas (*P. amazonica* – preto; *P. bridgesii* – cinza).

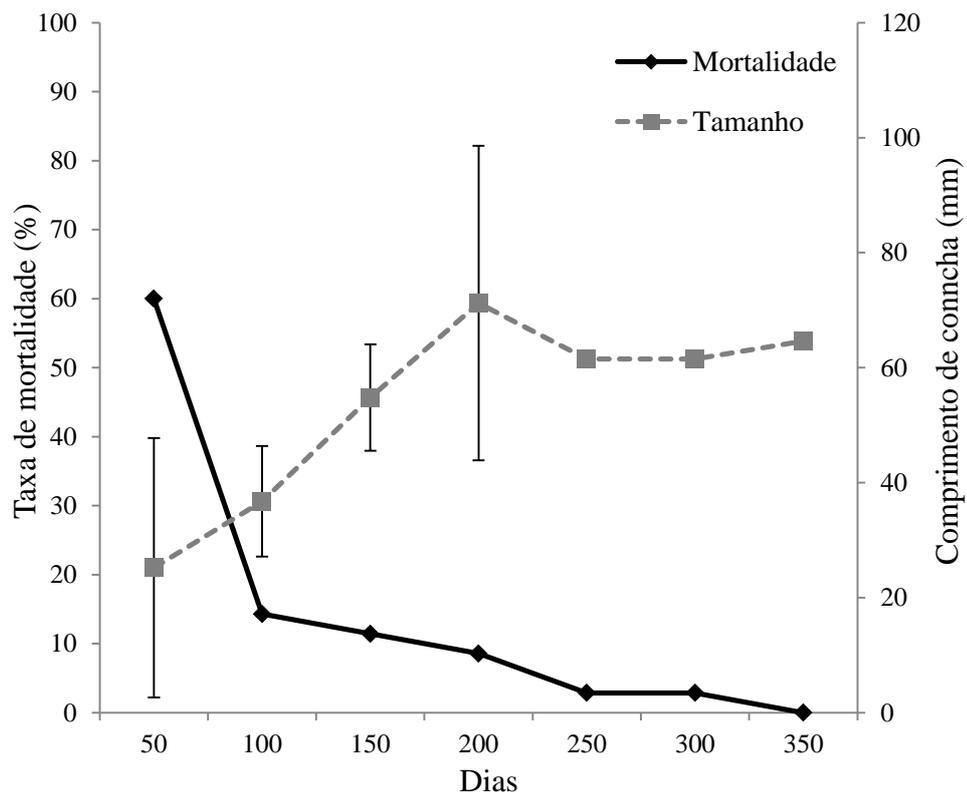


Figura 4 – Taxa de mortalidade de *Pomacea amazonica* em relação ao tamanho médio dos indivíduos com barras de desvio padrão.

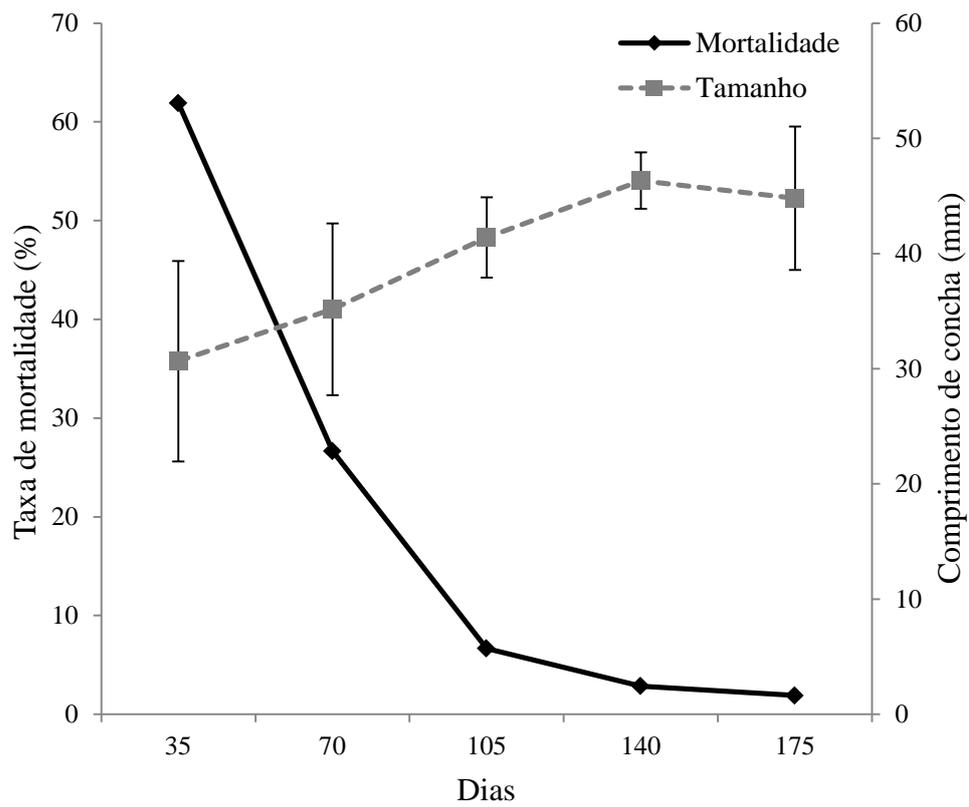


Figura 5 – Taxa de mortalidade de *Pomacea bridgesii* em relação ao tamanho médio dos indivíduos com barras de desvio padrão.

Discussão

O tempo de sobrevivência apresentado pelas duas espécies na ausência de água, com duração aproximada de cinco meses para *P. bridgesii* e de 10 para *P. amazonica*, é suficiente para sobreviver o período médio de vazante e seca estimado na região amazônica (BITTENCOURT & AMADIO 2007), apesar de ter ocorrido 50% das mortes no período inicial do experimento, principalmente de indivíduos pequenos. O tempo de sobrevivência de ambas as espécies pode ser maior na natureza, pois há a presença de sedimento em que os animais podem se enterrar (LITTLE et al. 1968, BURKY et al. 1972, YUSA et al. 2006). Esse longo tempo de sobrevivência já foi observado para *Bulimulus tenuissimus* D'ORBIGNY, 1835 uma espécie de gastrópode terrestre e que sobreviveu por 210 dias (D'ÁVILA et al. 2004). No entanto, para espécies de *Pomacea* foi observado um período mais longo de sobrevivência, 66% dos espécimes de *Pomacea urceus* MÜLLER, 1774 analisados sobreviveram por 526 dias (BURKY et al. 1972) e *Pomacea lineata* SPIX, 1827 mais de 400 dias (LITTLE 1968).

O tempo de sobrevivência entre os sexos de ambas as espécies investigadas no presente estudo não diferiu. Muitos estudos sobre a sobrevivência de *Pomacea* spp. não realizaram comparações entre sexos, o que dificulta comparação com *P. amazonica* e *P. bridgesii* (LITTLE et al. 1968, BURKY et al. 1972, DARBY et al. 2003, YUSA et al. 2006, WADA & MATSUKURA 2011, YOSHIDA et al. 2013). Assim como já identificado para *Pomacea canaliculata* LAMARCK 1819, o maior tempo de sobrevivência está relacionado com o maior tamanho dos indivíduos (YUSA et al. 2006) em que os indivíduos maiores tendem a sobreviver mais tempo que indivíduos menores. Esse fato também foi observado nas duas espécies analisadas corroborando a relação entre a tolerância à dessecação e o tamanho do indivíduo (TUCKER et al. 1996, FACON et al. 2004). Isso ocorre provavelmente

pela razão entre superfície e volume conferindo aos indivíduos maiores menor propensão à perda de água (DUDGEON 1980)

Apesar da diferença do tempo máximo de sobrevivência entre *P. amazonica* e *P. bridgesii*, não houve diferença significativa na tendência desse tempo de sobrevivência provavelmente devido ao baixo número de indivíduos que sobreviveram no período final do experimento assim como a mortalidade de indivíduos de tamanhos diferentes em períodos semelhantes. E ambas as espécies apresentaram elevada mortalidade no período inicial do experimento sendo majoritariamente dos indivíduos de menor tamanho (Figura 4 e 5), sendo a causa provável dessa alta mortalidade pode ter sido pelo fato de indivíduos menores suportarem menos a perda de água e os indivíduos maiores por ter mais água e massa suportam um tempo maior (DUDGEON 1980, TUCKER et al. 1996, FACON et al. 2004). A ausência de sedimento para que os indivíduos pudessem se enterrar levou também a maior exposição ao ar e pode ter contribuído no aumento do stress térmico (OHLWEILER & KAWANO 2002, YUSA et al. 2006). Outro fator que poderia contribuir com a sobrevivência dos indivíduos é a conformidade do opérculo em relação à abertura. Uma deficiência nesse ajuste do opérculo pode aumentar essa exposição ao ar (LITTLE 1968), fato não observado em *P. amazonica* e *P. bridgesii* (observação pessoal). A perda acentuada de água nos dias iniciais do experimento provavelmente condiz com a perda de água retida dentro da concha dos indivíduos, como BURKY et al. (1972) sugeriu para *P. urceus*.

A presença de sedimento possivelmente aumentaria o tempo de sobrevivência tanto de *P. amazonica* como *P. bridgesii* o que explicaria o comportamento de escavação evidenciado por outras espécies de *Pomacea* (KRETZSCHMAR & HECKMAN 1995, AIZAKI & YUSA 2006, HEILER et al. 2008, SEUFFERT et al. 2010) e observado no capítulo I do presente trabalho. Esse fato ocorre provavelmente como resposta à adaptação ao seu ambiente natural, em que situações adversas como a mudanças de temperatura (ALBRECHT et al. 1999,

SEUFFERT et al. 2010, CHAPPERON & SEURONT 2011) e alterações no nível da água (DARBY et al. 2002), induzem ao comportamento de se enterrar.

Não se sabe sobre a importância ou dependência do uso da respiração pulmonada em *Pomacea*, mas sabe-se que esses gastrópodes conseguem manter-se em boas condições mesmo sem acesso ao ar atmosférico (BURKY & BURKY 1977, SEUFFERT & MARTIN 2010). Entre os Ampullariidae, o gênero *Pomacea* é considerado o que melhor faz utilização do ar atmosférico (SEUFFERT & MARTIN 2010). No período de seca esses animais utilizam-se do sistema pulmonado e no início das chuvas em que a água preenche essas tocas, os animais provavelmente voltam a usar o sistema branquial ao mesmo tempo em que essa água estimula a quebra da dormência (BURKY 1972). Sendo assim, a hipótese testada foi corroborada, uma vez que *P. amazonica* e *P. bridgesii* sobreviveram por um longo período de tempo mesmo totalmente expostos ao ar, sem água e alimento. Isso indica que essas duas espécies podem sobreviver os períodos de seca na bacia amazônica e provavelmente, até mesmo às mudanças climáticas emergentes no mundo como o aumento na temperatura e nas taxas de evaporação da água (SOPHOCLEOUS 2004, FU et al. 2013, COLLAS et al. 2014). Mesmo em ocasiões de secas mais severas essas espécies são capazes de sobreviver ao período de seca da região amazônica, mostrando sua capacidade de adaptação ao clima amazônico e aos pulsos de inundação presentes na planície amazônica.

Referências

- AGOSTINHO, A.A.; THOMAZ, S.M.; GOMES, L.C. Conservation of the biodiversity of Brazil's inland waters. *Conservation Biology*, v. 19, n. 3, p. 646-652. 2005.
- AIZAKI, K.; YUSA, Y. Field observations of the alarm response to crushed conspecifics in the freshwater snail *Pomacea canaliculata*: effects of habitat, vegetation, and body size. *Journal of Ethology*, v. 27, n. 1, p. 175-180. 2009.
- ALBRECHT, E.A.; CARRENO, N.B.; CASTRO-VAZQUEZ, A. A quantitative study of environmental factors influencing the seasonal onset of reproductive behaviour in the South American apple-snail *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae). *Journal of Molluscan Studies*, v. 65, n. 2, p. 241-250. 1999.
- ARAD, Z. Water relations and resistance to desiccation in three Israeli desert land snails, *Eremina desertorum*, *Euchondrus desertorum* and *Euchondrus albulus*. *J. Arid Environm.*, v. 24, p: 387-395. 1993.
- BITTENCOURT, M.M.; AMADIO, S.A. Proposta para identificação rápida dos períodos hidrológicos em áreas de várzea do rio Solimões-Amazonas nas proximidades de Manaus. *Acta Amazonica*, v. 37, n. 2, p. 303-308. 2007.
- BURKY, K.A.; BURKY, A.J. Buoyancy changes as related to respiratory behavior in an amphibious snail, *Pomacea urceus* (Müller), from Venezuela. *Nautilus*, v. 91, p. 97-104. 1977.
- BURKY, A.J.; PACHECO J.; PEREYRA E. Temperature, water, and respiratory regimes of an amphibious snail, *Pomacea urceus* (Müller), from the Velezuelan savannah. *Biol. Bull.*, v. 143, pp. 304-316. 1972.
- CHAPPERON, C.; SEURONT, L. 2011. Behavioral thermoregulation in a tropical gastropod: links to climate change scenarios. *Global Change Biology* 17: 1740-1749.
- COLLAS, F.P.L.; KOOPMAN, K.R.; HENDRIKS, A.J.; VAN DER VELDE, G.; VERBRUGGE, L.N.H.; LEUVEN, R.S.E.W. Effects of desiccation on native and non-native molluscs in rivers. *Freshwater Biology*, v. 59, n. 1, p. 41-55. 2014.
- COWIE, R.H. Apple snails (Ampullariidae) as agricultural pests: their biology, impacts and management. In: Barker, G.M. (ed) *Molluscs as crop pests*. CABI, Wallingford, 2002. Pp 145-192.
- COWIE, R.H.; THIENGO, S.C. The apple snails of the Americas (Mollusca: Gastropoda: Ampullariidae: *Asolene*, *Felipponea*, *Marisa*, *Pomacea*, *Pomella*): a nomenclatural and type catalog. *Malacologia*, v. 45, p. 41-100. 2003.
- DARBY, P.C.; BENNETTS, R.E.; MILLER, S.J.; PERCIVAL, H.F. Movements of Florida apple snails in relation to water levels and drying events. *Wetlands*, v. 22, p. 489-498. 2002.

- DARBY, P.C.; VALENTINE-DARBY, P.L.; PERCIVAL H. F. Dry season survival in a Florida apple snail (*Pomacea paludosa* Say) population. *Malacologia*, v. 45, n. 1, p. 179-184. 2003.
- D'ÁVILA, S., DIAS, R., BESSA, E.C.A.; DAEMON, E. Resistência à dessecação em três espécies de moluscos terrestres: aspectos adaptativos e significado para o controle de helmintos. *Revista Brasileira de Zoociências*, v. 6, n. 1, p. 115-127. 2004.
- DENADAI, M.R.; TURRA, A. Desiccation tolerance of four sympatric tropical intertidal hermit crabs (Decapoda, Anomura). *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, v. 34, n. 4, p. 227-238. 2001.
- DUDGEON, D. The Corbiculidae of Southern China. In: Morton BS (ed) *Proceedings, First International Workshop on the Malacofauna of Hong Kong and southern China*. Hong Kong: 1980, Hong Kong University Press, p.p. 37-60.
- ESTEBENET, A.L.; MARTÍN, P.R. Shell interpopulation variation and its origin in *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae) from southern pampas, Argentina. *Journal of Molluscan Studies*, v. 69, n. 301-310. 2003.
- FACON, B.; MACHLINE, E.; POINTIER, J.P.; DAVID, P. Variation in desiccation tolerance in freshwater snails and its consequences for invasion ability. *Biological Invasions*, v. 6, n. 3, p. 283-293. 2004.
- FU, R.; YIN, L.; LI, W.; ARIAS, P.A.; DICKINSON, R.E.; HUANG, L.; CHAKRABORTY, S.; FERNANDES, K.; LEIBMANN, B.; FISHER, R.; MYNENI, R.B. 2013. Increased dry-season length over southern Amazonia in recent decades and its implication for future climate projection. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 110, n. 45, p. 18110-18115. 2004.
- HEILER, K.C.M.; VON OHEIMB, P.V.; EKSCHMITT, K.; ALBRECHT, C. Studies on the temperature dependence of activity and on the diurnal activity rhythm of the invasive *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae). *Mollusca*, v. 26, n. 1, p. 73-81. 2008.
- JUNK, Wolfgang J.; BAYLEY, Peter B.; SPARKS, Richard E. The flood pulse concept in river floodplain systems. In: Dodge DP, ed. *PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL LARGE RIVER SYMPOSIUM*, 1989. Canadian Publications Fisheries Aquatic Sciences, v. 106, p. 110-127.
- KRETZSCHMAR, A.U.; HECKMAN, C.W. Estratégias de sobrevivência das espécies de Ampullariidae (Mollusca, Gastropoda) durante mudanças das condições ambientais extremas do ciclo sazonal sob o clima tropical úmido-e-seco. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 7, p. 60-66. 1995.
- LITTLE, C. Aestivation and ionic regulation in two species of *Pomacea* (Gastropoda, Prosobranchia). *Journal of Experimental Biology*, v. 48, p. 569-585. 1968.
- NEKOLA, J.C. Large-scale terrestrial gastropod community composition patterns in the Great Lakes region of North America. *Diversity and Distributions*, v. 9, p. 55-71. 2003.

- OHLWEILER, F.P.; KAWANO, T. *Biomphalaria tenagophila* (ORBIGNY, 1835) (MOLLUSCA): adaptation to desiccation and susceptibility to infection with *Schistosoma mansoni* SAMBON, 1907. Rev. Inst. Med. Trop. S. Paulo, v. 44, n. 4, p. 191-201.
- PAROLIN, P. Submerged in darkness: adaptations to prolonged submergence by woody species of the Amazonian floodplains. Annals of Botany, v. 103, p. 359-376. 2009.
- PETRI, P.; BAYLEY, P.B.; MARKLE, D.F. Relationships between fish assemblages, macrophytes and environmental gradients in the Amazon River floodplain. Journal of Fish Biology, v. 63, p. 547-579. 2003.
- RAUT, S.K.; PANIGRAHI, A. Egg-nesting in the garden slug *Laevicaulis alte* (Férussac) (Gastropoda: Soleolifera). Malacological Review, v. 21, p. 101-107. 1988.
- RICHEY, J.E.; MERTES, L.A.K.; DUNNE, T.; VICTORIA, R.L.; FORSBERG, B.R.; TANCREDI, A.C.N.S.; OLIVEIRA, E. 1989. Sources and routing of the Amazon river flood wave. Global Biogeochemical Cycles, v. 3, n. 3, p. 191-204.
- SEUFFERT, M.E.; BURELA, S.; MARTÍN, P.R. Influence of water temperature on the activity of the freshwater snail *Pomacea canaliculata* (Caenogastropoda: Ampullariidae) at its southernmost limit (Southern Pampas, Argentina). Journal of Thermal Biology, v. 35, n. 2, p. 77-84. 2010.
- SEUFFERT, M.E.; MARTÍN, P.R. Dependence on aerial respiration and its influence on microdistribution in the invasive freshwater snail *Pomacea canaliculata* (Caenogastropoda, Ampullariidae). Biological Invasions, v. 12, p.1695–1708. 2010.
- SIMONE, Luiz Rircardo Lopes. Land and freshwater mollusks of Brazil. São Paulo: EGB/FAPESP, 2006. 390 p.
- SOKAL, Robert R.; ROHLF, F. James. Biometry. New York: W.H. Freeman and Company, 1995. 887p.
- SOPHOCLEOUS, M. Global and Regional Water Availability and Demand: Prospects for the Future. Natural Resources Research, v. 13, n. 2, p. 61-75. 2004.
- THIENGO, S. Família Pilidae Connoly, 1927 (Ampularidae Gray, 1824). In: Barbosa, FS (org.), Tópicos em Malacologia Médica, 1995. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, p. 50 – 69.
- THOMAZ, S.M.; BINI, L.M.; BOZELLI, R.L. 2007. Floods increase similarity among aquatic habitats in river-floodplain systems. Hydrobiologia, v. 579, p. 1-13.
- TUCKER, J.K.; JANZEN, F.J.; PAUKSTIS, G.L. Laboratory survivorship of aerielly exposed pond snails (*Physella integra*) from Illinois. US Geological Survey, Environmental Management Technical Center. Onalaska, 1997. Transactions of the Illinois State Academy of Science, v. 89, n. (3 e 4), p. 225-231.
- WADA, T.; MATSUKURA, K. Linkage of cold hardiness with desiccation tolerance in the invasive freshwater apple snail, *Pomacea canaliculata* (Caenogastropoda: Ampullariidae). Journal of Molluscan Studies, v. 77, p. 149-153. 2011.

YOUNG, A.M. Desiccation tolerances for three hermit crab species *Clibanarius vittatus* (Bosc), *Pagurus pollicaris* Say and *P. longicarpus* Say (Decapoda, Anomura) in the North Inlet Estuary, South Carolina, U.S.A. *Estuarine and Coastal Marine Science*, v. 6, n. 1, p. 117-122. 1978.

YOSHIDA, K.; HOSHIKAWA, K; WADA, T.; YUSA, Y. Patterns of density dependence in growth, reproduction and survival in the invasive freshwater snail *Pomacea canaliculata* in Japanese rice fields. *Freshwater Biology*, v. 58, n. 10, p. 2065-2073. 2013.

YUSA, Y.; WADA, T.; TAKAHASHI, S. Effects of dormant duration, body size, self-burial and water condition on the long-term survival of the apple snail, *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae). *Applied entomology and zoology*, v. 41, n. 4, p. 627-632. 2006.



Conclusão



Conclusão

O ecossistema amazônico e as inundações periódicas nas planícies de inundação presente no hábitat natural tem influência direta no comportamento de *Pomacea bridgesii* no qual a simulação fez com que essa espécie mostrasse adaptações em seu comportamento como a interrupção das atividades do animal com o fechamento do opérculo e o auto-enterramento do animal no sedimento minimizando a perda de água.

E tanto *Pomacea amazonica* como *P. bridgesii* mostraram alta resistência à dessecação mesmo quando expostos totalmente ao ar, sem alimentação e água. O que demonstra que essas espécies estão adaptadas ao clima da bacia amazônica e são capazes de sobreviver ao período de seca da região amazônica podendo sobreviver mesmo à secas com durações maiores que a média.

Deste modo, a hipótese de que o clima amazônico e os pulsos de inundação teve influência direta no comportamento desses animais foi corroborada pelos resultados obtidos. Os animais estudados mostraram uso maior do seixo como substrato, um comportamento noturno, respostas comportamentais com a variação do nível da água e um elevado tempo de sobrevivência sem água e alimento. Isso demonstra a capacidade de adaptação dessas espécies de *Pomacea* frente a condições adversas.