

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS-UFAM
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA-ICET
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA PARA RECURSOS AMAZÔNICOS-PPGCTRA

Alternativas de Uso de Ampullariidae em Áreas Invadidas como
Manejo Conservativo e Predação de Ovos do Gastrópode
Pomacea dolioides (Reeve, 1856) em Áreas Nativas

ALDEIZA MARQUES FONSECA

ITACOATIARA – AM

2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS-UFAM
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA-ICET
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA PARA RECURSOS AMAZÔNICOS-PPGCTRA

ALDEIZA MARQUES FONSECA

Alternativas de Uso de Ampullariidae em Áreas Invasidas como
Manejo Conservativo e Predação de Ovos do Gastrópode
Pomacea dolioides (Reeve, 1856) em Áreas Nativas

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

Orientador: Prof. Dr. Bruno Sampaio Sant'Anna

ITACOATIARA – AM

2018

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

F676a Fonseca, Aldeiza Marques
Alternativas de Uso de Ampullariidae em Áreas Invasidas como
Manejo Conservativo e Predação de Ovos do Gastrópode Pomacea
dolioides (Reeve, 1856) em Áreas Nativas / Aldeiza Marques
Fonseca. 2018
77 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Bruno Sampaio Sant'Anna
Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia para Recursos
Amazônicos) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Cultura. 2. manejo. 3. Ampullariidae. 4. indicador ecológico. 5.
predação de ovos. I. Sant'Anna, Bruno Sampaio II. Universidade
Federal do Amazonas III. Título

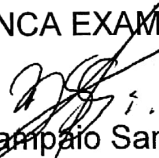
ALDEIZA MARQUES FONSECA

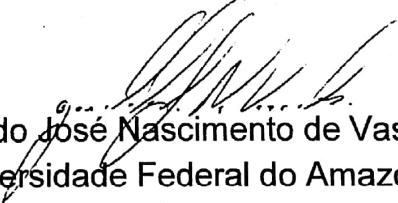
Alternativas de uso de Ampullariidae em Áreas Invasidas como Manejo Conservativo e Predação de Ovos do Gastrópode *Pomacea dolioides* (Reeve, 1856) em Áreas Nativas.

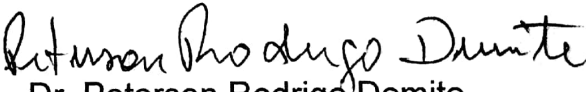
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos da Universidade Federal do Amazonas, como parte do requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos, área de concentração Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Recursos Amazônicos.

Aprovada em 16 de outubro de 2018.

BANCA EXAMINADORA


Dr. Bruno Sampaio Sant'Anna, Presidente
Universidade Federal do Amazonas


Dr. Geraldo José Nascimento de Vasconcelos
Universidade Federal do Amazonas


Dr. Peterson Rodrigo Demite
Universidade Federal do Amazonas

A minha mãe Maria Aldenora
que sempre me incentivou e
jamais me deixou desistir.

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Deus razão da minha existência, pela certeza de que até aqui me guiou e por me mostrar a cada dia que o desconhecido só pode ser encarado com tranquilidade se Ele estiver ao nosso lado, nos ajudando a vencer todas as dificuldades.

À minha família pelos gestos de amor, dedicação e apoio, nos momentos mais difíceis dessa caminhada principalmente a minha mãe Aldenora. Ao meu noivo Arthur, por toda paciência, compreensão, carinho e amor, e por me ajudar muitas vezes a achar soluções quando elas pareciam não aparecer. Você foi a pessoa que compartilhou comigo os momentos de tristezas e alegrias.

Ao meu orientador Prof^o. Dr. Bruno Sampaio Sant'Anna, por exigir de mim muito mais do que eu supunha ser capaz de fazer. Agradeço pela troca de conhecimento e por ter confiado em meu trabalho, sempre estando ali me orientando e dedicando parte do seu tempo a mim. Muito Obrigada por tudo, pela paciência, pela amizade e pelos ensinamentos que levarei para sempre.

A Prof^a. Dr^a. Silvana Carvalho Thiengo do Instituto Oswaldo Cruz identificação dos gastrópode *Pomacea dolioides* e a Prof^a. Dr^a. Norma Campos Salgado também do mesmo instituto, muito obrigada pela identificação dos gastrópodes terrestres.

A Itanna Oliveira Fernandes do INPA e ao Prof^o. Dr. Jorge Luiz P. de Souza pela identificação das formigas e a Me. Gabrielle Jorge de Melo agradeço pela identificação dos Coleópteros e Melípedes.

Ao Prof^o. Dr. Marcio Luiz de Oliveira do INPA, agradeço por nos ajudar em todo tramite de identificação e tombamento de nosso material de pesquisa.

A todos os colegas do Laboratório de Zoologia do Grupo de Pesquisa de Biologia e Produção de Organismos Aquáticos Amazônicos, em especial aos colegas Léo Jaime, Márcia Loyana, Rayane Silva, Nelcilene, Rafaela e Rayanna. Agradeço pela amizade e o acolhimento por parte de todos, além do auxílio técnico e de pessoal durante as coletas, sem o quais não teria sido possível a conclusão deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa.

A mente que se abre a uma nova
idéia jamais voltará a seu
tamanho original.

(Albert Einstein)

RESUMO

Caramujos são gastrópodes considerados pragas em muitas partes do mundo, onde foram introduzidos para fins de aquicultura ou comércio de aquários. Nestas áreas, alteram o ambiente, danificam cultivo de arroz e ocasionam prejuízos econômicos. A predação é uma relação ecológica interespecífica que afeta a distribuição e a abundância das espécies. Neste estudo, revisamos o uso e aplicações desses gastrópodes considerados como pragas que podem ser uma alternativa para um manejo conservador e investigamos a predação de ovos do gastrópode *Pomacea dolioides* em Itacoatiara, AM, comparando a predação entre áreas rurais e urbanas, períodos do dia, massas sombreadas e não sombreadas, altura das massas, preferência dos predadores por ovos recém-colocados ou maduros e o comportamento dos predadores. Caramujos são criados como recurso alimentar para humanos ou ração animal para caranguejos, camarões, galinhas, patos, rãs, porcos e muitas espécies de peixes e controle de ervas daninhas em fazendas de arroz. Além disso, estes gastrópodes podem ser indicadores de poluição por cobre, cádmio, tributilestano e muitos outros contaminantes. Também são úteis para a saúde humana, sendo utilizados no controle de planorbídeos, doenças de pele e outros tratamentos na medicina tradicional. Substâncias e materiais dos caracóis como óxido de cálcio, catalisador de biodiesel, quitina e quitosana são extraídos. Além disso, geram renda sendo vendidos como animais ornamentais para aquarofilia, suas conchas também são comercializadas ou utilizadas em artesanato. Entre abril de 2017 a julho de 2018 observou-se 962 massas de ovos nos diferentes períodos do dia, 492 nas áreas rurais com 68 predação, e nas áreas urbanas das 470 apenas 9 foram predadas. Houve diferença para a média da altura das massas de ovos entre as áreas ($t=15,9223$; $GL=960$; $P=0,0016$). O substrato mais freqüente de predação nas áreas rurais foi a planta *Montrichardia linifera* e nas áreas urbanas o substrato de madeira. A taxa de predação de forma geral foi significativamente diferente entre as duas áreas ($\chi^2=39,637$; $GL=1$; $P>0,0001$). Os predadores mais frequentes nas áreas rurais no período do dia foram formigas dos gêneros *Solenopsis invicta* (N=18; 45%) e *Crematogaster* cf. *carinata* (N=6; 15%) e os mais abundantes *S. invicta* (N=271; 49,82%), *Wasmannia* aff. *inheringi* (N=162; 29,78%) e *C. cf. carinata* (N=62; 11,40%). Já durante o período da noite *S. invicta* foi a mais frequente (N=18; 64,29%) e abundante (N=251; 76,52%). Nas áreas urbanas durante o dia o predador de maior frequência (N=5; 83,33%) e abundância (N=25; 86,21%) foi *S. invicta*. No período da noite este mesmo gênero também foi a mais frequente (N=3; 100%) e abundante (N=10; 100%). Não houve diferença para a preferência dos predadores por ovos recém-colocados ou maduros entre os períodos do dia nas áreas urbanas ($\chi^2=0,782$; $GL=1$; $P>0,7823$). Caramujos podem ser usados de diferentes formas para beneficiar os humanos, mesmo em áreas introduzidas, podem ser alternativa ao manejo conservador ou na diminuição do uso de produtos químicos e fonte de renda. As populações de *P. dolioides* nas áreas rurais são mais afetadas. Os principais predadores foram *S. invicta* e *C. cf. carinata* e o comportamento predatório depende da espécie de predador. Pela primeira vez a ordem Pseudoscorpionida e formigas dos gêneros *Nylanderia* sp., *Strumigenys* sp., *Cyphomyrmex* cf. *peltatus*, *Pheidole* aff. *mamore* e *Cephalotes* cf. *atratus* foram registrados como predadores de ovos de *Pomacea*.

Palavras-chave: Cultura, manejo, Ampullariidae, indicador ecológico, predação de ovos.

ABSTRACT

Apple snails are gastropods considered pests in many parts of the world where they were introduced for aquaculture or trading purposes. In these areas, they alter the environment, damage rice cultivation and cause economic losses. Predation is an interspecific ecological relationship that affects species distribution and abundance. In this study, we review the use and applications of these gastropods considered as pests that may be an alternative for conservative management and investigate the predation of eggs of the *Pomacea dolioides* gastropod in Itacoatiara, AM, comparing predation between rural and urban areas, shaded and unshaded masses, mass height, preference of predators for newly placed or mature eggs, and predator behavior. Apple snails are created as a food resource for humans or animal feed for crabs, shrimps, chickens, ducks, frogs, pigs and many species of fish and weed control on rice farms. In addition, these gastropods can be indicators of pollution by copper, cadmium, tributyltin and many other contaminants. They are also useful for human health, being used in the control of planorbidids, skin diseases and other treatments in traditional medicine. Substances and materials of snails such as calcium oxide, biodiesel catalyst, chitin and chitosan are extracted. In addition, they generate income being sold as ornamental animals for aquariums, their shells are also marketed or used in crafts. Between April 2017 and July 2018, there were 962 egg masses at different times of the day, 492 in rural areas with 68 predation, and in urban areas of 470 only 9 were predated. There was a difference for the mean height of the egg masses between the areas ($t=15.9223$; $GL=960$; $P=0.0016$). The most frequent substrate of predation in rural areas was the *Montrichardia linifera* plant and in urban areas the wood substrate. Predation rate in general was significantly different between the two areas ($\chi^2=39.637$; $GL=1$; $P>0.0001$). The most frequent predators in rural areas during the daytime period were ants of the genus *Solenopsis invicta* (N=18; 45%) and *Crematogaster cf. carinata* (N=6; 15%) and the most abundant *S. invicta* (N=271; 49.82%), *Wasmannia aff. inheringi* (N=162; 29.78%) and *C. cf. carinata* (N=62; 11.40%). During the night time *S. invicta* was the most frequent (N=18; 64.29%) and abundant (N=251; 76.52%). In urban areas during the day, the most frequent predator (N=5; 83.33%) and abundance (N=25; 86.21%) was *S. invicta*. At night time, this same genus was also the most frequent (N=3; 100%) and abundant (N=10; 100%). There was no difference in the preference of predators for newly placed or mature eggs between the periods of the day in urban areas ($\chi^2=0.772$; $GL=1$; $P>0.7823$). Apple snails can be used in different ways to benefit humans, even in introduced areas, can be alternative to conservative management or in reducing the use of chemicals and source of income. Populations of *P. dolioides* in rural areas are more affected. The main predators were *S. invicta* and *C. cf. carinata* and predatory behavior depends on the species of predator. For the first time the order Pseudoscorpionida and ants of the genus *Nylanderia* sp., *Strumigenys* sp., *Cyphomyrmex cf. peltatus*, *Pheidole aff. Mamore* and *Cephalotes cf. atratus* were registered as predators of *Pomacea* eggs.

Key-words: Culture, management, Ampullariidae, ecological indicator, predation of eggs.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo I	13
Figura 1 - Distribution of use and applications of apple snails around the world.....	18
Capítulo II	52
Figura 1 - Predadores registrados nas massas de ovos de <i>Pomacea dolioides</i> , em Itacoatiara, AM.....	62
Figura 2 - Frequência (%) de predadores nas massas de ovos de <i>Pomacea dolioides</i> nas áreas rurais, no período do dia (barra cinza) e da noite (barra preta).....	63
Figura 3 - Abundância (%) de predadores nas massas de ovos de <i>Pomacea dolioides</i> nas áreas rurais, no período do dia (barra cinza) e da noite (barra preta).....	64
Figura 4 - Comportamento dos predadores de ovos de <i>Pomacea dolioides</i> em áreas rurais e áreas urbanas.....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Número de massas de ovos de *Pomacea dolioides* observadas e predadas nas áreas rurais e áreas urbanas em diferentes períodos do dia.....60

Tabela 2 – Média (\bar{X}) da altura das massas de ovos de *Pomacea dolioides* predadas e não predadas em relação ao nível da água nas áreas rurais e áreas urbanas em diferentes períodos do dia.....61

SUMÁRIO

CAPÍTULO I.....	13
RESUMO	14
1 INTRODUCTION.....	16
2 Apple Snails for humans or animal food.....	18
3 Apple snails as weeding control	21
4 Apple snails as pollution indicator	22
5 Medicinal applications.....	26
6 Products and substances	27
7 CONCLUSIONS	30
REFERENCES	31
CAPÍTULO II.....	52
RESUMO	53
1 INTRODUÇÃO.....	55
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	57
2.1 Áreas de estudo	57
2.2 Predação de ovos de <i>P. dolioides</i> em ambiente natural	57
2.3 Preferências dos predadores por ovos recém-colocados ou maduros.....	58
2.4 Comportamentos dos predadores de ovos de <i>P. dolioides</i>	59
2.5 Análise de dados	59
3 RESULTADOS	60
3.1 Predação de ovos em ambiente natural.....	60
3.2 Comportamento dos predadores de ovos de <i>P. dolioides</i>	64
4 DISCUSSÃO	66
4.1 Predação de ovos em ambiente natural.....	66
4.2 Comportamento dos predadores de ovos de <i>P. dolioides</i>	69
5 CONCLUSÃO.....	70
REFERÊNCIAS	71

CAPÍTULO I

Apple Snails Use and Applications an Alternative
for a Conservative Management

RESUMO

Camujos são gastrópodes considerados pragas em muitas partes do mundo, onde foram introduzidos para fins de aquicultura ou comércio de aquários. Nestas áreas invadidas, estes gastrópodes alteram o equilíbrio ambiental, causando danos no cultivo de arroz, gerando enormes prejuízos econômicos entre outros problemas. Dessa forma, a maioria das investigações científicas está focada nos impactos negativos dessas espécies de gastrópodes. No presente estudo, revisamos o uso e as aplicações desses gastrópodes considerados como pragas que podem ser uma alternativa para um manejo conservativo. Estes caramujos são criados como recurso alimentar para humanos ou ração animal como caranguejos, camarões, galinhas, patos, rãs, porcos e muitas espécies de peixes e também são utilizados no controle de ervas daninhas em fazendas de arroz. Além disso, estes gastrópodes podem ser indicadores de poluição por cobre, cádmio, tributilestanho e muitos outros contaminantes. Estes moluscos também são úteis para a saúde humana, sendo utilizados no controle de planorbídeos, doenças de pele e outros tratamentos na medicina tradicional. Substâncias e materiais dos caracóis como óxido de cálcio, catalisador de biodiesel, quitina e quitosana são extraídos. Além disso, geram renda sendo vendidos como animais ornamentais para aquarofilia, suas conchas também são comercializadas ou utilizadas em artesanato. Em conclusão, estes gastrópodes podem ser usados de diferentes maneiras para beneficiar os humanos, mesmo em áreas não nativas que são consideradas pragas. Nessas regiões o uso de caramujos pode ser uma alternativa ao manejo conservativo ou diminuição do uso de produtos químicos e também ser uma fonte de renda, embora a cultura do caracol deva ser evitada em áreas não nativas. Além disso, a utilização provavelmente resultará em uma regulação eficaz das populações de caracóis.

Palavras-chave: Cultura, caramujo, manejo, Ampullariidae, indicador ecológico.

ABSTRACT

Apple snails are gastropods considered as pest in many parts of the world, where was introduced for aquaculture or aquarium trade purpose. In these invaded areas this gastropods change the environmental equilibrium, damage in rice farming, i.e., in Asia causing huge economic damage between others problems. For this, most of scientific investigations are focused on the negative impacts of this gastropod species and aggressive of combat with chemical compounds. In the present study, we review the use and applications of these gastropods considered as pest that may be an alternative to a conservative management. Apple snails are reared as a food resource for humans or animal feed as crabs, shrimps, hens, ducks, frogs, pigs and many fish species and weeding control in rice farms. Moreover, these gastropods may be indicator of pollution by copper, cadmium, tributyltin and many other contaminants. This molluscs also are useful to human health, been used in the planobirds control, skin diseases and others treatments in the traditional medicine. Substances and materials from the snails as calcium oxide, biodiesel catalyst, chitin and chitosan are extracted. In addition are economic value being used for sale live as ornamental animals for aquarium, their shells are directly also being a sale or as ornamentation in handicrafts. In conclusion, apple snails may be used in different ways to benefit the humans, even in non-native areas that are considered as pests and in these regions the use of apple snails may be an alternative to conservative management evicting or decreasing chemical use and also be a source of financial resource, even so the snail culture should be avoided in non-native areas. And the such utilization will likely result in an effective regulation of snail populations.

Key-words: Culture, apple snail, management, Ampullariidae, ecological indicator.

1 INTRODUCTION

Apple Snails of the Family Ampullariidae are freshwater snails with native distribution on the humid tropics and subtropics of the Americas, Asia and Africa (BERTHOLD, 1991; COWIE & THIENGO, 2003), being a monophyletic group with probable Gondwanan origin (HAYES et al., 2009, 2012). Actually are ten genera and 120 species considered valid within Ampullariidae (HAYES et al., 2015). In the native locations of distribution this amphibious gastropods often constitute a major portion of the freshwater molluscan fauna (HAYES et al., 2015), which generally occur in large populations, making up an important link in food chains, as they serve as food for a variety of vertebrate fauna, mainly fish, reptiles, and birds (THIENGO et al., 2017).

Increasing interest in apple snail research has been driven in part by the introduction of several species around the world (LÓPEZ et al., 2010; HORGAN et al., 2014; HAYES et al., 2015) for human food, pet trade and as fish food (LITSINGER & ESTANO, 1993). Since then, there has been a burgeoning of studies, primarily by South American, Asian and North American authors, focused mainly on the pest species *Pomacea canaliculata* (Lamarck, 1822) and *Pomacea maculata* Perry, 1810 (HAYES et al., 2015). In Asia *P. canaliculata* was introduced intentionally in 1979-1980 for culture as a protein food source for local consumption and as an export commodity (NAYLOR, 1996). Initially the snails were introduced illegally in 1979-1980 in Taiwan, Japan in 1981, Philippines in 1982 (MOCHIDA, 1991). Actually, apple snails were recorded in many countries out of native distribution around the world as in Laos, Vietnam, Myanmar, Cambodia, Indonesia, Papua New Guine, Spain among others locations (JOSHI, 2007; HAYES et al., 2008; LÓPEZ et al., 2010) where damage natural environments and cultures, i.e., rice farming.

Investigating the golden apple snail *P. canaliculata* invasion in Philippines HALWART (1994) analyzed economic and environmental impacts and future threats with recommendations to monitor the snail invasion and identify high risk areas, carry out research on the snail biology in natural and invaded areas and develop, test and evaluate snail management practices to avoid more damages. The successful establishment and invasion of the golden apple snail in irrigated rice systems in many parts of Asia have led to significant economic damage, about of 12 to 17 million of dollars in 1990 (NAYLOR, 1996). In addition to the economic damages, apple snails in non native areas may alter the macrophyte community structure (CARLSSON et al.,

2004), benthic community structure either directly, through predation, or indirectly and may shift the balance of freshwater ecosystem (HORGAN et al., 2014a). A recent study with non native apple snails, estimated that this alien species have profound effects on the ecosystem services provided by shallow, macrophyte-dominated ecosystems in Europe (GILIOLI et al., 2017).

In response to invasion and economic and environmental damages many practices were adopted to management apple snails in invaded areas. Management of apple snails consist in to prevent or limiting snail damage by chemical, mechanical, or cultural methods (HALWART, 1994). The most effective forms of population control for the snails are handpicking, pasturing ducks in the paddy, and careful water control that includes the occasional drainage of fields and maintenance of water levels below one centimeter (NAYLOR, 1996). Recently the Ecuadorean government responded to the snail invasion by investing in data collection, farmer training and molluscicide distribution (HORGAN et al., 2014b). This need for pest control has led to the development of several investigations on molluscicides (HUANG et al., 2003; MARTIN et al., 2008; MUSMAN, 2010).

As exposed above apple snails cause various problems. However, these organisms either in native or invaded areas have their positive aspects, i.e., the use for protein source for humans (CAGAUAN & JOSHI, 2003), or cultured animals (SERRA, 1997), as pollution indicator (MELO et al., 2000) are also used in traditional medicine (ALVES & ALVES, 2011; PUERTAS, 2010), for extraction of products or substances (ABDULLAH et al., 2017) among others forms of use around the world (Figure 1). Thus, in the present study, we review the use and applications of these gastropods considered as pest that may be an alternative to a conservative management.

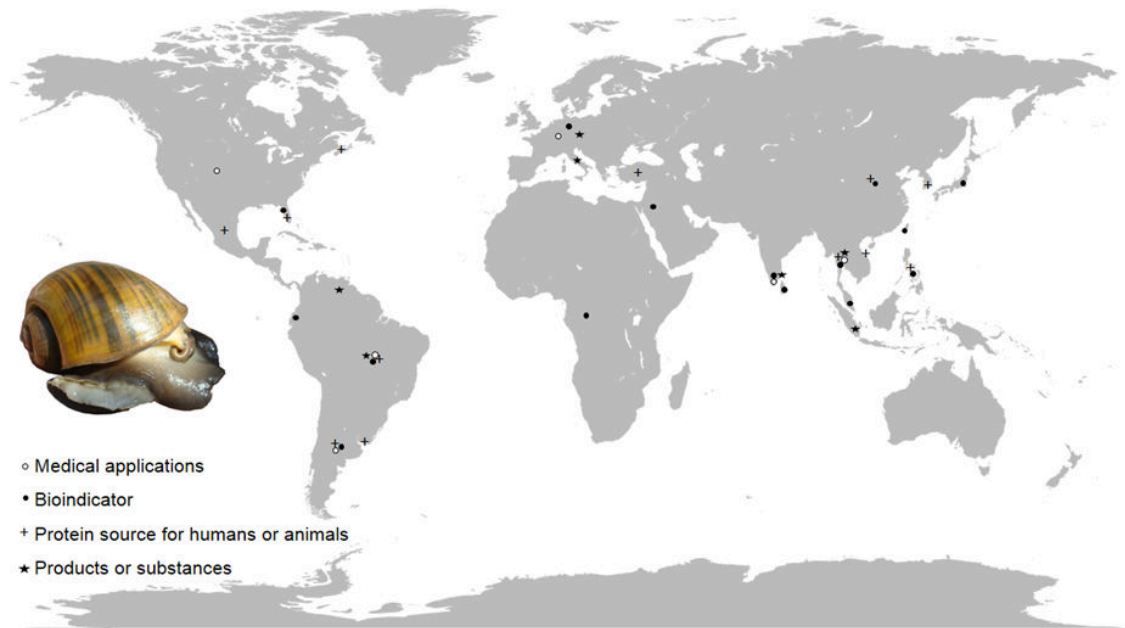


Figure 1. Distribution of use and applications of apple snails around the world

2 Apple Snails for humans or animal food

In many locations around the world of native or non-native range, apple snails are reared for human or animal feed. The meat yield is similar among *Pomacea* species, with *P. canaliculata* around of 20% cooked or uncooked and *Pomacea lineata* (Spix, 1827) 21% to 23% cooked (SERRA, 1997; BARBOSA & ROMANELLI, 2008) and the nutritive compound of the crude protein greater than 13% to 14.62% to *P. canaliculata* (SERRA, 1997; LUO et al., 2012) and 13 to 15.72% for *P. lineata* (BARBOSA & ROMANELLI, 2005) of whole snail. LUO et al. (2012) investigating nutritional components of apple snails with different colors (white and black) sampled in different habitats observed that white flesh snails had higher nutritional values than black flesh ones, and the nutritional composition of the snails essential amino acids was similar to that of fish meal. Ensiled apple snails also are useful at certain times or situations, however the crude protein decrease with the time of ensiling (PHONEKHAMPHENG et al., 2009). In the recent paper of HEUZÉ & TRAN (2017) may be observed a complete view of composition of apple snail whole, in parts, cooked, uncooked. Besides that, the maintenance of meat or snails should be careful, OH et al. (2008) developed analysis of the microbial safety, and the heat of haw apple snail at 95°C by

5min increase the storage period in relation to total bacteria, mold and yeast-cell growth, and soaking apple snails in 10% of NaCl and 50% vinegar solutions, and vacuum-packaging increase the shelf-life and microbial safety of apple snails.

The first form of use of apple snails by humans was as a direct food source (VAZQUES-SILVA et al., 2011). In Asia region, this gastropods were introduced for culture for human feed (HALWART, 1994; SERRA, 1997). Due the nutritive value, rapid growth and easy adaptation in many parts of the world the culture of different species of apple snails was investigated. In Trinidad and Tobago GABBADON & SOUZA (1987) investigates the potential of *Pomacea urceus* (Muller, 1774) as a commercial species with good results in the performance of culture. Similarly, juveniles of *Pomacea bridgesii* (Reeve, 1856) feed with artificial food have rapid growth, suggesting that this species may be cultured under intensive conditions (MENDOZA et al., 1999). The growth and reproduction of fishing resource *Pomacea patula catemacensis* (Baker, 1922), was studied in Mexico, and RUÍZ-RAMIREZ et al. (2005) observed that snails feed with the cyanobacteria *Calothrix* sp. have had better results for both growth and reproduction than pellet-shaped carp food.

To develop culture technology for the apple snails *Pomacea flagellate* (Say, 1827), IRIARTE-RODRÍGUEZ & MENDOZA-CARRANZA (2017), validated three culture systems with different feed source for this species. For *Pomacea dolioides* (Reeve, 1856) fish ration with high content of crude protein offered three times per day result in better performance of culture (PÍRES-JÚNIOR et al., 2017). In *P. canaliculata* the temperature may play an important role in the juvenile development, snails cultured in water temperature at 25°C result in numerous and large snails when compared to low temperatures (SEUFFERT & MARTÍN, 2013).

Apple snails also are cultured with other aims. The Florida apple snail *Pomacea paludosa* (Say, 1829) was cultured to help promote snail kite *Rostrhamus sociabilis* (Vieillot, 1817) recovery by GARR et al. (2011) showed good results in when cultured in recirculating aquaculture system with a raised substrate in density of 100 snails/m² fed with *Ulva* macroalgae. However, high density of culture may damage the reproductive output, and a density of 50 snails/m² is the better for egg production by females in captivity (POSH et al., 2012). And a female-biased sex ratio may prove optimal and cost effective in culture for large scale of this species (GARR et al., 2012).

For animal feed apple snail meat is used to improve growth in invertebrates as shrimps and crabs and vertebrates as broilers, pigs, hens, ducks, frogs and fishes of

different species. Twenty years ago, SERRA (1997) indicated the use of apple snails for animal feed as an alternative for control of this pest in the Philippines, with the use of meat and shell calcium.

The mud crab *Scylla serrata* (Forskål, 1775) locally known as “alimango” is considered as the biggest, fastest growing and the most desirable aquaculture mud crab species in the Philippines, and apple snails sampled in the rice fields were tested together with trash fish to feed *S. serrata*, and good results were observed (RABIA, 2015). The author indicates apple snails as substitute of trash fish in mud crab fattening. BOMBEO-TUBURAN et al. (1995) tested apple snails, maize and cooked cassava as to feed the shrimp *Penaeus monodon* Fabricius, 1798, concluding that only maize or apple snails are inadequate, but the golden apple snail, with an essential amino acid index of 0.84, is a useful alternative source of protein for tiger shrimp, also suggesting the use of apple snails of invaded areas to reduce the snail invasion problem. For the shrimp *Macrobrachium rosenbergii* (De Mann, 1879) JINTASATAPORN et al. (2004) indicate the maximum level of snail meal replacement for fish meal in the giant freshwater prawn diet should not exceed 50% of protein in fish meal or 17.5 % of the snail meal by weight when focusing on the growth performance and feed efficiency. Extracts from animals, including *P. bridgesii* were used to feed the shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931), promoting the fast location of food and the increase of consumption by prawns (MONTEMAYOR-LEAL et al., 2005).

In vertebrates, the main use of apple snail meat is to fish aquaculture. Culturing Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) treatments with apple snail in the feed provided higher growth than standard feed, combined snail meal with rice bran at 75%:25% ratio obtained the best results of cultivation (CAGAUAN & DORIA, 1989). The apple snail meat flour was used as a nutritional complement to culture *Oreochromis* sp., the substitution of 30% of feed by snail meat flour increase weight gain in tilapia (SANTIS et al., 2009). Fermented golden apple snail also be tested as an alternative protein source in *O. niloticus* and *Oreochromis mossambicus* (Peters, 1852) by CHIMSUNG & TANTIKITTI (2014) and the authors recommended 75% of fermented golden apple snail in future cultures of this fishes.

The Cichlidae *Cichlasoma urophthalmus* (Günther, 1862) was fed with apple snail meat with good results in comparison with artificial food, and may be a potential source of protein for aquaculture of this species in Mexico (CUENCA-SORIA et al., 2016). In the growth of the amazon fish *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) the

apple snail meat obtained the same culture results as other sources of protein (BENITES, 1998). Ensiled golden apple snail meat was tested as feed for the African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822), PHONEKHAMPHENG et al. (2009) indicate that ensiled apple snail meat may be used in substitution of the more utilized feeds without negative impacts. For the Bloog Parrot fish, apple snail eggs powder in the diet can be used as a colorant to promote the pigmentation efficacy (YANG et al., 2016).

In native chicks of Philippines the addition of 10% of uncooked golden snail meat in the diet increase the total gain weight of 31% of chicks (CATALMA et al., 1991). The egg hens production also increased by the apple snail in the feed (SERRA, 1997). Dried ground apple snail meat also be tested for hens feed, in the experiment each animal receives 120g of apple snail meat per day; with 100% of snail meat the hens produced eggs with the lowest cost or gave a higher compensation per egg per hen per day (PETCHPANKAN, 1999). In broilers the different percentages of golden apple snail meat were tested on the growth, being the addition of 20% of meat in the feed the best performance in feed conversion (BALDOS, 1988). In another study despite the decrease in the cost of production of broilers when using dried ground apple snail meat in replacing fish meal, the productive performance decrease with increasing apple snail meat ratios in the diets (SUPPADIT et al., 2002).

In ducks use of golden apple as protein supplements in the diets had several benefits including decreased feed costs, increased employment opportunities and decreased pollution, decreasing the toxic chemicals are otherwise used to kill the snail pests (MEN & CONG, 2010). For frogs *P. canaliculata* as meal may replace 50% of the fish meal with good results of culture performance (VONGVICHITCH, 2006).

3 Apple snails as weeding control

Some farmers in Japan, Korea and Philippines have begun to treat the apple snails not as a rice pest, but as an “environmentally friendly” biological control agent for weeds (KENJI, 2002; JOSHI et al., 2005), and some studies demonstrated that apple snail really is effective in controlling weeds (OKUMA et al., 1994a, 1994b; JOSHI et al., 2005). Damage by snails to rice seedlings can be negligible when mature seedlings were transplanted and then grown under shallow flooding management for 10 days, already

in 15 days after transplanting, they sustained considerable damage with partial loss of stand, however damage to seedling did not result in severe yield reductions, being *P. canaliculata* effectively controlled weeds present in the rice (OKUMA et al., 1994a). In another experimental investigation in large scale, JOSHI et al. (2005) concluded that, apple snails may be converted as a pest to an ally by changing its behavior into a useful organism in lowland irrigated transplanted rice systems. However they have some caveats: is necessary to level the field well to control the movement of snails and shallow water depth should be maintained to regulate the feeding damage. The seedlings should be sturdy and at 3-leaf stage (21 days). This practice is not appropriate with direct-seeded rice where weeds sprout at the same time. It cannot be done on upland environment where GAS are inside the soil, and in flood-prone areas where water depth is difficult to control. And is necessary research for improving weeding techniques when a long drainage period is used after sowing (WADA et al., 2004). In addition, this should be a practice of management areas where the apple snail has already been introduced, one should never introduce the snail alone for this purpose.

4 Apple snails as pollution indicator

Long time ago molluscs were used as pollution indicator (PHILLIPS, 1977; ELDER & COLLINS, 1991), among these, gastropods with abundant species widely distributed in aquatic environments, have been employed in water and sediment quality assessments due their clear sensitivity to chemical compounds, as pollution indicators for different substances (TALLARICO, 2015). Three general approaches involving the use of bioindicator organisms are commonly applied to the assessment of contaminant effects in aquatic systems: 1) tissue analysis, where organisms collected from exposed environments are used for chemical analysis of tissues to detect bioaccumulation, 2) toxicity test, organisms are exposed experimentally to contaminants and their toxicological responses are monitored and 3) ecological survey, existing biological communities in aquatic systems are examined and described where contamination is suspected (ELDER & COLLINS, 1991).

One of the first studies with apple snails and pollution in Florida (USA) was of WINGER et al. (1984), in this investigation copper was extremely toxic to immature apple snails. Analysis of metals concentration in apple snails to assess environment

contamination were investigated in many locations around the world: in the USA EISEMANN (1997) accessed mercury residues in *P. paludosa*; in Malaysia investigation of YAP et al. (2009) in different tissues for contamination of many metals concluded that the lung sac of *P. insularum* reflect the environmental contamination of cadmium, iron and zinc and the digestive tract for copper; in Iraq AL-MALIKI et al. (2015) determined concentrations of copper, zinc, lead and cadmium in *P. canaliculata* tissues; in Ecuador RAMIREZ-PRADO et al. (2016) indicate *P. canaliculata* as bioindicator of cadmium. Furthermore, experimental investigations with uptake and depuration of copper in *P. paludosa* was developed (HOANG et al., 2008). In the same species copper toxicity at various life stages and under different water-quality parameters was investigated by ROGEVICH et al. (2008). Analyzing the differential ability of *P. canaliculata* tissues, endosymbionts and eggs to bioaccumulate several metals VEGA et al. (2012) suggested that midgut, kidney and foot of this apple snail may be useful bioindicator of mercury and uranium in freshwater bodies. The histopathological analysis of *P. canaliculata* exposed to copper originated aberrations in varying degrees in the kidneys, gills, musculature of the foot, epithelium among others (PEÑA, 2017). In a specific review on the accumulation of copper and other metals in *P. canaliculata* this issue is well detailed by PEÑA (2017).

Toxicity tests with apple snails were developed mainly with *P. lineata*, *P. canaliculata* and *P. paludosa*. MELO et al. (2000) investigating the responses of *P. lineata* to paraquat and textile mill effluent, indicate the use of *P. lineata* and the protocol developed to toxicity tests. COLER et al. (2005) demonstrated that the weight gain in neonates of *P. lineata* may be used as a consistent measure of the stress imposed by sublethal concentrations of the herbicides Paraquat and Round-up. Furthermore, CHIU et al. (2014) identified differences in the biochemical compound of *P. canaliculata* of field rice to animals maintained in laboratory and indicate this apple snail species as bioindicator of anthropogenic environmental pollution. Acute toxicity of triphenyl compounds was studied by LO & HSIEH (2000) with *P. canaliculata*, in this experimental analysis toxicity was different among compounds, and seems dependent on the nature of the center element. SILVA et al. (2016) demonstrate that *P. canaliculata* is a good potential indicator of ethanol exposure. Nitrate pollution showed little effect only the juvenile growth in *P. paludosa* (CORRAO et al., 2006).

Organotin contamination causes a phenomenon called imposex, characterized by the imposition of male sexual characteristics in female gastropods, with the

development of a penis and vas deferens, by the hormonal disruption induced by low concentrations of tributyltin (TBT) in nature (SANTOS et al., 2011) or triphenyltin (TPT) (HORIGUCHI et al., 1997). TAKEDA (2000) induced in laboratory the imposex development in *P. canaliculata*, and the first record of apple snails contaminated with butyltins (BTs) in nature was in Yuli (Taiwan) by CHUANG (2005). Only in 2003 imposex in the apple snail *P. canaliculata* was recorded in Taiwan in areas contaminated by TBT (LIU et al., 2006). Samples of apple snails caught between 2006/2007 also in Taiwan evidenced a high incidence of imposex in *P. canaliculata* and *Pomacea scalaris* (d'Orbigny, 1835) associating this elevated incidence with the presence of BTs and phenyltins (PTs) after the prohibition of the use of these compounds (WU et al., 2010). Recently MARTÍNEZ et al. (2017) detected environment and apple snails contamination by TBT in Argentina, and by bioassays identified that gonads presented the highest accumulation, followed by the cephalopodal region, albumen gland and hepatopancreas; all females expose to TBT developed penis. In the Amazon region two apple snail species *Pomacea diffusa* (Reeve, 1856) and *P. dolioides* are recorded with imposex development, in a location near the harbor indication the TBT presence (FONSECA et al., 2017), also be many years after TBT prohibition use in Brazil.

Apple snails also be used to access polychlorinated biphenyls (PCBs) and polybrominated biphenyl ethers (PBDEs), that are persistent organic pollutants (POP) in electrical and electronic equipment (FU et al., 2011). These authors observed that same after banned or restricted usage, all locations evaluated in China containing these pollutants in apple snails samples, and concluded that apple snails are an appropriated bioindicator for PCBs and PBDEs. PBDE congeners may biomagnified from the rice plant to apple snails as recorded by SHE et al. (2013) in an e-waste recycling site, in South of China. The trophic transfer of hexabromocyclododecane (HBCD) in another e-waste area was accurately investigated, and *Ampullaria gigas* (1827) were contaminated (ZHU et al., 2017). In the same e-waste location in Taizhou, Southeastern China, short-chain chlorinated paraffins (SCCPs) contamination was detected in apple snails with concentrations generally higher than in soil (YUAN et al., 2017).

Some microcosm experimental studies with apple snail and aquatic toxic substances were found. MESA et al. (2017) investigate the Ivermectin (IVM), a parasiticide widely used for livestock and excreted mostly via feces, despite no mortality was observed in *Pomacea* sp., gastropods concentrated increase quantities of

IVM along experiment development. HOANG et al. (2011) verified high copper concentration in dead apple snail soft tissue, might pose a risk to apple snail predators, including the snail kite.

Others Ampullariidae as gastropods of *Pila* and *Marisa* genus are used as bioindicators. In Nigeria the accumulation of copper, lead and cadmium in nine freshwater snails, including *Pila ovum* (Peters, 1845) was analyzed seasonally, and the results indicate the use of it's as a tool for future monitoring programs to evaluate the metal burden of man-made dams and rivers in the tropics (ADEWUNM et al., 1996). The effect of industrial effluent from tannery in the enhancement of succinate dehydrogenase activity in *Pila globosa* (Swainson, 1822) was also reported in India (RAO & KUMAR, 1982). And in another location in India the Sharat SINGH et al. (2014) analyzed tissues of *P. globosa* for many metals and also indicate this species for biomonitoring environment pollution.

Also in India the experimental exposition of acute concentrations of mercury caused the level decrease of calcium, sodium and potassium in the hepatopancreas of *P. globosa*, besides that there was also a decrease of activity of Na^+ , K^+ , Mg^{2+} and Ca^{2+} ATPase (SIVARAMAKRISHNA & RADHAKRISHANAI AH, 2000). The abundance of *P. globosa* and other invertebrates in waters of high biological oxygen demand and total hardness was used to infer river pollution stress (SHARMA et al., 2013). With the same species, disruption in acetyl cholinesterase activity was assessed by exposition to monocrotophos that is classified as an organophosphate pesticide (TRIPATHI & PANDEY, 2014). These authors observed that exposition of *P. globosa* to pesticides can cause loss of appetite, decreased mobility, retraction in their shells, when exposed to high concentrations occurs a decrease in response to stimuli and, ultimately, leads to death.

Similarly *P. globosa* may be used to detect changes in water and shallow sediment quality in tropical wetlands ecosystems as in Sri Lanka (WIJEYARATNE & BELLANTHUDAWA, 2017a). The rapid bioassessment protocol II was tested by WIJEYARATNE & KALAOTUWAWA (2017b) in a benthic community of locations with different pollution levels, and *P. globosa* were the species more abundant demonstrating a high tolerance to environmental contamination.

Marisa cornuarietis (Linnaeus, 1758) indicate chemical products in the environment, being very sensible for metals as copper and lithium (SAWASDEE, 2011). The exposition of *M. cornuarietis* in the embrionary development to copper,

lead, lithium and palladium, resulted in significant delay in the formation of tentacles and eyes, decreased heart rate, incubation was significantly delayed by copper and lithium among other damages (SAWASDEE & KOHLER, 2010).

In addition, other studies in Germany show that this species can also be used as an indicator of tributyltin, since when exposed to TBT they develop imposex (OEHLMANN et al., 1996). Other compounds such as bisphenol A are also responsible for the emergence of imposex in these animals, and present a potential risk to the snail populations in the field in environmentally relevant concentrations (OEHLMANN et al., 2006).

5 Medicinal applications

Animals and derived products have been used as a source of medicine since ancient times in different cultures and are perpetuated through traditional medicine (LEV, 2003; ALVES & DIAS, 2010). The relevance of traditional medicine to mankind is attested by figures from the World Health Organization, which estimates that between 75 and 80% of the world's human population uses this modality of medicine (ALVES & ROSA, 2005). Molluscs are widely used in medicine, whether using whole animal or extracted products and substances, as therapeutic resources in different human cultures a long time ago (COSTA-NETO, 2006b).

Among the mollusks used in traditional medicine in Argentina and Brazil are the gastropods of the genus *Pomacea* (MARTÍNEZ, 2013; MESQUITA, 1982). In Brazil they are used in several ways: ingested boiled or powdered "ashes" to make tea in the treatment of asthma and hemorrhoids (LAGES FILHO, 1934; NOMURA, 1996). In addition to their soft parts, eggs are also used in different ways, in the treatment of foot dislocation, dysentery, respiratory diseases and as plasters for wound healing (SANTOS, 1982; NOMURA, 1996). In Argentina, *P. canaliculata* eggs are used with topical use to treat burns (MARTÍNEZ et al., 2013).

Besides their use in curing diseases, these organisms can also be used in the control of planorbids of the genus *Biomphalaria* spp. which serve as intermediate hosts of the *Schistosoma mansoni* (Sambon, 1907) (MILWARD-DE-ANDRADE & CARVALHO 1979; GUIMARÃES, 1983). GUIMARÃES et al. (1983) found that *Pomacea haustum* (Reeve, 1856) was an effective predator of newly hatched spawning

of planorbids [*Biomphalaria straminea* (Dunker, 1848); *B. tenagophila* (Orbigny, 1835) and *B. glabrata* (Say, 1818)]. In a natural environment, *P. haustrum* adapted to the lotic areas of the environment, causing population decrease of planorbids and were able to replace the original populations of *B. glabrata* in several biotopes, became dominant without causing visible damage to the new ecosystems (MILWARD-DE-ANDRAD & CARVALHO, 1979). *Pomacea canaliculata* is able to consume not only the eggs and juveniles of *Biomphalaria peregrina* d'Orbigny, 1835, but also to destroy the adults, suggesting that the "strategy of retreat in the shield" is ineffective against the attack of this ampularid (CAZZANIGA, 1990; ESTEBENET, 1995). *Pomacea lineata* also fed on spawning of planorbids (MATTHIESEN, 1976).

Species of the genus *Pila* also be used in the traditional medicine in China, India and Thailand (MAHAWAR & JAROLI, 2008; THAEWNON-NGIW et al., 2003). In Thailand *Pila polita* (Deshayes, 1930) are currently used by local people for the treatment of skin diseases locally called "sedge" (THAEWNON-NGIW et al., 2003). According the same authors the apical part of *P. polita* is ground with coconut milk prior to applying it to the skin and wrapping with thin white cloth. Skin application of *P. polita* mixture and wrapping with new cloth has been done daily for 3 days. In India a soup prepared from the eggs of *P. globosa* is used to cure rickets children and snails cleaned and kept in water for few hours and then clean water is used as eye drop to cure conjunctivitis (DEY, 2008; PRABHAKAR & ROY, 2009) or simply for better eye sight (BORAH & PRASAD, 2017). PADMANABHAN & SUJANA (2008) described that *P. globosa* is also used cooked flesh to treat asthma and tuberculosis in India. The same species are also used for stomach disorders (DEVI et al., 2015).

6 Products and substances

Heterogeneous catalysts such as magnesium oxide (MgO), calcium oxide (CaO) and hidrotalcite were used in biodiesel production (LIU et al., 2007; SERIO et al., 2007; ZABETI et al., 2009). Calcium oxide is known to be a basic catalyst used to produce biodiesel from vegetable oils (WEI et al., 2009), commercially produced from limestone by industrial process, presenting a high value (SEPTIANI et al., 2017). In addition, there are several natural sources of calcium from residues such as egg shell and mollusc shell (VIRIYA-EMPIKUL et al., 2010). In studies carried out in Thailand, two types of

residues such as shell and egg shell of *P. canaliculata* were proposed as catalysts in the production of biodiesel from the transesterification of palm olein oil (VIRIYA-EMPIKUL et al., 2010). These authors observed that all catalysts showed the high biodiesel production activity over 90% fatty acid methyl ester, and the catalyst synthesized from egg shell showed the highest Ca content and the highest surface area with smaller particle size, obtaining a higher yield of biodiesel, showing comparable activity to the one derived from commercial CaCO₃.

In Indonesia, MARGARETHA et al. (2012) used only the shell of *Pomacea* sp. as biodiesel catalyst, the efficiency of the raw material was verified, with maximum yield of biodiesel (95.61±2.43) obtained under the following reaction conditions: reaction temperature of 60°C for 4h, catalyst 4% and methanol-to-oil ratio 7:1, not to mention that the spent catalyst activity can be restored by recalcination process. In another study also in Indonesia the ideal temperature for the decomposition of the shells of *P. canaliculata* and obtaining of CaO was of 900°C for 3hs, showing surface area of 20.495 m²/g and porosity of 3.753 nm of diameter, being characterized as mesoporous material (SEPTIANI et al., 2017). In a full factorial design KI et al. (2017) determined the optimum conditions for biodiesel production using CaO from *Pomacea* sp. shells, and the best combination based in real data was 4% catalyst and methanol /oil ratio 7:1 with a difference in fatty acid methyl ester (FAME) yield between the data and the model of 2.1%.

In India, shells of *P. globosa* were used in the preparation of heterogenous catalyst for transesterification of used frying oil and to decrease the cost of production of biodieselsendo characterized as mesoporous material, the CaO was calcined under 900°C for 2.5 hs and its conversion into biodiesel was 97.8% using 4.0% by weight of catalyst with molar ratio of 10:1 from methanol to oil (AGRAWAL et al., 2012). Also in India the biodiesel production was tested with visceral organ (intestine, head, fat and etc.) of *P. globosa*, and the lipids present in these bodies reacted with methanol in the presence of NaOH, resulting in biodiesel and glycerol, after separation of biodiesel and glycerol by separating funnel, biodiesel can be used as a fuel and glycerol can be used in manufacturing of colors (DESHPANDE & PHADTARE, 2015).

Besides its use for the production of biodiesel, other substances can be extracted from apples nails. In Italy astaxanthin extracted of *P. canaliculata* were used to enhancement the skin of fancy carp *Cyprinus carpio* (Linnaeus,1758), comparing with synthetic astaxathin (BOONYAPAKDEE et al., 2015). These author verified that both

monoester and diester astaxanthin extracted of eggs can be effectively used as a source of natural carotenoid for enhance the skin of fancy carp with a low dietary inclusion level (50 mg/kg) of equal capacity when compared to the commercial source of synthetic astaxanthin in the same concentration, however, synthetic astaxanthin was not effective to enhance the other pigments in the fancy carp.

In Brazil, CRUZ et al. (2004) the hyaluronic acid (HA) and acid galactan (AG) purified from *Pomacea* sp. were used in the healing of intestinal wounds, AG stimulated the appearance of macrophages, giant cells and increased collagen concentration in the wound area when compared to HA. In another investigation was verified that AG did not possess neither sulfate nor uronic acid, and that this had a backbone containing β -d-Gal is a predominant compound and presence of the β -d-GlcNAc in less proportion (CRUZ et al., 2010).

In Indonesia, the use of the *P. canaliculata* shell to prepare the hydroxyapatite (HA) substance of biomedical importance used mainly in the orthopedic area was investigated. It was found that the crystalline phases obtained were calcium oxide and calcium hydroxide and the main hydroxyapatite phase, corroborating the efficiency of the methods used (PUTRO et al., 2014). DE PAULA et al. (2010) studied in Brazil the conversion of calcium carbonate present in the shell of *P. lineata* in bioceramic materials of HA, by in vitro treatment with phosphate solution at room temperature, and found that the conversion proceeds at distinct rates through the pearly or periostracum sides of the shell and can be accelerated using powdered samples, producing biocompatible materials of great interest in biomedicine.

TRISNANINGRUM et al. (2016) used in Indonesia, different concentrations of chitosan extracted from the shells of *P. lineata* for the storage of citrus fruits, the most effective concentration was 2.5% affecting, the vitamin C content and the weight of citrus fruits, such results are applied as audiovisual media in the learning of Biotechnology. In Thailand, KAEWBOONRUANG et al. (2016) compared the extraction of chitin and chitosan extracted from *P. canaliculata* by different chemical processes, it was verified that the method with rotating mechanical stirrer was the most effective with 1.99% of chitin and 42.56% of extracted chitosan. RAHAYU (2012) investigated the effect of contact time and pH on the adsorption of Mg^{2+} present in the water using as adsorbent the chitin obtained from the residues of the *P. canaliculata* shell, it was verified that the ideal contact time in the adsorption process by chitin was

100 min with percentage of Mg^{2+} adsorbed at $22.30 \pm 0.36\%$ and the ideal pH was pH6 with percentage of Mg^{2+} adsorbed at $14.09 \pm 1.71\%$. Similarly the chitosan of this same species were used to determine the effect of contact time and pH on Ca^{2+} adsorption of the waste reservoir in Indonesia, it was evaluated that the optimal contact duration was obtained in 60 minutes with the percentage of adsorbed Ca^{2+} $83.64 \pm 0.55\%$, while the optimum pH was obtained at pH 4 with Ca^{2+} percentage adsorbed $57.28 \pm 0.88\%$ (AMELIA, 2012).

In addition to products and substances apple snails can generate financial resources in other ways, such as ornamental pet trade, shell for malacologists and collectors or as part of handicraft. Many species of molluscs are used as pet trade, including apple snails in different parts of the world as *M. cornuarietis*, *P. canaliculata* and *P. maculata* recorded in Singapore (NG et al., 2016), *P. canaliculata*, *Pomacea* sp. and *Marisa* sp., in Venezuela (SALAZAR et al., 2008), *P. bridgesii* in Taiwan (LIN et al., 2006) *M. cornuarietis*, *P. calaliculata*, *P. maculata* and *P. bridgesii* in Czech Republic (PATOKA et al., 2017). In the a rapid search in the web apple snails may be easily found for sale in other countries. The value of the gastropods may vary by country up to \$4.00 to \$ 10.00 per animal. Obviously, these animals should not be marketed outside naturally occurring regions to avoid introduction of species that can cause severe damage, such as occur decades ago to date after the introduction of apple snails in Asia. Shells of apple snails are also marketed to the collecting people in general or for malacologists. In the web shells are sale for some dollars or used in handicraft. Despite the widespread use of shells from apple snails in handicrafts being used as plant pots, mirrors adornments, to imitate other animals in ornaments among other uses, we found only one record in literature. In Brazil shells of *Pomacea* sp. was recorded being sale in handicrafts in Belém City, State of Pará (SOUSA et al., 2014).

7 CONCLUSIONS

In this review we made a compilation of the different uses and applications of apple snails grouping in four general categories: apple snails for humans or animal food, as pollution indicator, medicinal applications, products and substances. Apple snails are reared as a food resource for humans or animal feed as crabs, shrimps, hens, ducks, frogs, pigs and many fish species, and can replace part of the traditional food of

these organisms reducing production costs with similar nutrition value. The use as weeding control in rice farms may be developed according indications discussed above, and gastropods should never be introduced just for this purpose. Moreover, these gastropods may be an indicator of pollution by copper, cadmium, tributyltin and many other contaminants, in addition they can be used in bioassays. This molluscs also are useful to human health, been used in the planobirds control, skin diseases, dysentery, respiratory diseases and as plasters for wound healing and others treatments in the traditional medicine. Substances and materials from the snails as calcium oxide, biodiesel catalyst, chitin, chitosan, astaxanthin are extracted and many may applied in large scale with more research and financial support for development. In addition are economic value being used for sale live as ornamental animals for aquarium, their shells are directly also being a sale or as ornamentation in handicrafts. As recorded apple snails may be used in different ways to benefit the humans, even in non-native areas that are considered as pests and in these regions the use of apple snails may be an alternative to conservative management evicting or decreasing chemical use and also be a source of financial resource, even so the snail culture should be avoided in non-native areas. And the such utilization will likely result in an effective regulation of snail populations.

REFERENCES

ABDULLAH A, NURJANAH, REYHAN M. Karakterisasi dan identifikasi senyawa aktif ekstrak pigmen telur keong mas. **Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia**, v. 20, n.2, p. 286-295, 2017.

ADEWUNMI, C. O.; BECKER, W.; KUEHNAST, O.; OLUWOLE, F.; DÖRFLER, G. Accumulation of copper, lead and cadmium in freshwater snails in southwestern Nigeria. **Science of the Total Environment**, v. 193, n. 1, p. 69-73, 1996.

AGRAWAL, S.; SINGH, B.; SHARMA, Y. C. Exoskeleton of a mollusk (*Pila globosa*) as a heterogeneous catalyst for synthesis of biodiesel using used frying oil. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, v. 51, n. 37, p. 11875-11880, 2012.

AL-MALIKI, G. M.; AL-KHAFAJI, K. K.; AL-SHEMARY, A. J. Study of the bacterial pollution and some heavy metals in freshwater snail (*Pomacea canaliculata*) in Shatt Al-Arab river. **Journal of Basrah Researches (Sciences)**, v. 41, n. 3, 2015.

ALVES, R. R.; ROSA, I. L. Why study the use of animal products in traditional medicines?. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, v. 1, n. 1, p. 5, 2005.

ALVES, R. R.; DIAS, T. L. Usos de invertebrados na medicina popular no Brasil e suas implicações para conservação. **Tropical Conservation Science**, v. 3, n. 2, p. 159-174, 2010.

ALVES, R. R. N.; ALVES, H. N. The faunal drugstore: animal-based remedies used in traditional medicines in Latin America. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, v. 7, n. 1, p. 9, 2011.

AMELIA, K. C. R. **Pengaruh lama kontak dan pH pada adsorpsi Ca^{2+} menggunakan adsorben kitin dari limbah cangkang keong mas (*Pomacea canaliculata*)**. 2012. Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya.

BALDOS JR, C. A. Effect of the different preparations of golden apple snail (*Ampullaria* sp.) on the growth of broilers. **CMU Journal of Science (Philippines)**, v. 6, p. 12-17, 1988.

BARBOZA, S. H. R.; ROMANELLI, P. F. Rendimento de carcaca e composicao centesimal do músculo dos moluscos escargot (*Achatina fulica*) e aruá (*Pomacea lineata*). **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 16, n. 1, p. 77-82, 2008.

BENITES, J. S. **Cultivo e uso do aruá, *Pomacea* sp (mollusca, gastropoda, Pilidae) na alimentação de juvenis de tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) em cativeiro**. 1998, 105p. Master Science Dissertation, UFAM/INPA.

BERTHOLD, T. **Vergleichende anatomie, phylogenie und historische biogeographieder Ampullariidae (Mollusca, Gastropoda)**. Hamburg: Parey, v. 29, p.1-256, 1991.

BOMBEO-TUBURAN, I.; FUKUMOTO, S.; RODRIGUEZ, E. M. Use of the golden apple snail, cassava, and maize as feeds for the tiger shrimp, *Penaeus monodon*, in ponds. **Aquaculture**, v. 131, n. 1-2, p. 91-100, 1995.

BOONYAPAKDEE, A.; POOTANGON, Y.; LAUDADIO, V.; TUFARELLI, V. Astaxanthin extraction from golden apple snail (*Pomacea canaliculata*) eggs to enhance colours in fancy carp (*Cyprinus carpio*). **Journal of Applied Animal Research**, v. 43, n. 3, p. 291-294, 2015. v. 43, n. 3, p. 291-294, 2015.

BORAH, M. P.; PRASAD, S. B. Ethnozoological study of animals based medicine used by traditional healers and indigenous inhabitants in the adjoining areas of gibbon wildlife sanctuary, Assam, India. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, v. 13, n. 1, p. 39, 2017.

CAGAUAN, A. G.; DORIA, L. S. " Golden" snail *Pomacea insularis canalicuta* meal as feed for nile tilapia *Oreochromis niloticus* fingerlings in aquaria. **CLSU Scientific Journal (Philippines)**, v. 9, p. 14-19, 1989.

CAGAUAN, A. G.; JOSHI, R. C. Golden apple snail *Pomacea* spp. In the Philippines: review on levels of infestation, control methods, utilization and future research directions. **Journal of Agriculture and Life Sciences**, v. 37, n. 2, p. 7-32, 2003

CARLSSON, N. O. L.; BRÖNMARK, C.; HANSSON, L. A. Invading herbivory: the golden apple snail alters ecosystem functioning in Asian wetlands. **Ecology**, v. 85, n. 6, p. 1575-1580, 2004.

CATALMA, M. T.; SERRA, A. B.; ORDEN, E. A.; DE GUIA, A. S.; MARTIN, E. A.; LAURETA, M. S.; , RAFAEL, E. J.; ANTALAN, R.; BARROGA, A. J. Feeding value

of golden snail (*Pomacea* sp.) meal for poultry and swine. In: **Proceedings of the 28th Philippine society of animals science annual meeting, Manila, 1991.** p. 33-34.

CAZZANIGA, N. J. Predation of *Pomacea canaliculata* (Ampullariidae) on adult *Biomphalaria peregriana* (Planorbidae). **Annals of Tropical Medicine & Parasitology**, v. 84, n. 1, p. 97-100, 1990.

CHIU, Y. W.; WU, J. P.; HSIEH, T. C.; LIANG, S. H.; CHEN, C. M.; HUANG, D. J. Alterations of biochemical indicators in hepatopancreas of the golden apple snail, *Pomacea canaliculata*, from paddy fields in Taiwan. **Journal of Environmental Biology**, v. 35, n. 4, p. 667, 2014.

CHUANG, Y. F. **The study on investigation of organotins contaminated levels and sources for aquaculture of *Corbicula fluminea*.** 2005, 159p. Master thesis, Department of environmental and occupational health, Medical College, National Cheng Kung University.

CHIMSUNG, N.; TANTIKITTI, C. Fermented golden apple snails as an alternative protein source in sex-reversed red tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*) diets. **Walailak Journal of Science and Technology (WJST)**, v. 11, n. 1, p. 41-49, 2014.

COLER, R. A.; COLER, R.R.; FELIZARDO, E. K. G.; WATANABE, T. Applying weight gain in *Pomacea lineata* (Spix, 1824) (Mollusca, Prosobranchia) as a measure of herbicide toxicity. **Brazilian Journal of Biology**, v. 65, n. 4, p. 617-623, 2005.

CORRAO, N. M.; DARBY, P. C.; POMORY, C. M. Nitrate impacts on the Florida apple snail, *Pomacea paludosa*. **Hydrobiologia**, v. 568, n. 1, p. 135-143, 2006.

COSTA-NETO, E. M. Os moluscos na zooterapia: medicina tradicional e importância clínico-farmacológica. **Biotemas**, v. 19, n. 3, p. 71-78, 2006b.

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.

CRUZ, A. K. M.; PEREIRA, W. O.; SANTOS, E. A. D.; CARVALHO, M. G. F.; MEDEIROS, A. D. C.; OLIVEIRA, F. W. D. Comparative study between the effects of hyaluronic acid and acid galactan purified from eggs of the mollusk *Pomacea* sp in wound healing. **Acta Cirúrgica Brasileira**, v. 19, n. 1, p. 13-17, 2004.

CRUZ, A. K. M.; ANDRADE, G. P. V.; CHAVANTE, S. F.; DE VASCONCELOS, C. L.; GARCIA, R. B.; LEITE, E. L.; LEITE, E. L.; OLIVEIRA, F. W. Structural elucidation of an acidic galactan from the eggs of mollusc *Pomacea lineata*. **Carbohydrate Polymers**, v. 79, n. 4, p. 975-980, 2010.

CUENCA-SORIA, C. A.; ANGULO, L. I. N.; CASTILLO-DOMÍNGUEZ, A.; VALDES, C. E. M.; PÉREZ-PALAFOX, X. A.; ORTIZ-HERNÁNDEZ, M. Fuentes proteínicas no tradicionales y su efecto sobre el crecimiento y supervivencia, durante la masculinización del pez *Cichlasoma urophthalmus* (Perciformes: Cichlidae). **Cuadernos de Investigación**, v. 8, n. 2, p. 163-170, 2016.

DE PAULA, S. M.; HUILA, M. F.; ARAKI, K.; TOMA, H. E. Confocal raman and electronic microscopy studies on the topotactic conversion of calcium carbonate from *Pomacea lineate* shells into hydroxyapatite bioceramic materials in phosphate media. **Micron (Oxford, England: 1993)**, v. 41, n. 8, p. 983, 2010.

DESHPANDE, S. D.; PHADTARE, S. Biodiesel production using the visceral organs of apple snail (*Pila globosa*). **International Journal of Scientific & Engineering Research**, v. 6, p. 711-7712, 2015.

DEY, A. Commercial and medicinal important molluscs of Sundarbans, India. **Records of Zoological Survey of India, Occasional paper** v. 286, p. 1-54, 2008.

DEVI, O. B.; DEVI, L. R.; SINGH, W. M.; DEVI, A. R. Traditional medicines and health care from the animals of Manipur, India. International. **Journal of Scientific and Research Publications**, v. 5, p. 417-422, 2015.

EISEMANN, J. D.; BEYER, W. N.; BENNETTS, R. E.; MORTON, A. Mercury residues in south Florida apple snails (*Pomacea paludosa*). **Bulletin of Environmental Contamination Toxicology**, v. 58, n. 5, p. 739-743, 1997.

ELDER, J. F.; COLLINS, J. J. Freshwater molluscs as indicator of bioavailability and toxicity of metals in surface-water systems. **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 122, p. 37-79, 1991.

ESTEBENET, A. L. Food and feeding in *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae). **The Veliger**, v. 38, p. 277-283, 1995.

FONSECA, A. M.; HATTORI, G. Y.; COSTA, M. B.; SANT'ANNA, B. S. Imposex in two apple snails of the Amazon. In: SANT'ANNA, B. S.; HATTORI, G. Y (Eds.). **Amazon apple snails**. New York: NOVA Science Publishes, 2017, p. 47-66.

FU, J.; WANG, Y.; ZHANG, A.; ZHANG, Q.; ZHAO, Z.; WANG, T.; JIANG, G. Spatial distribution of polychlorinated biphenyls (PCBs) and polybrominated biphenyl ethers (PBDEs) in an e-waste dismantling region in southeast China: use of apple snail (Ampullariidae) as a bioindicator. **Chemosphere**, v. 82, n. 5, p. 648-655, 2011.

GABBADON, P.; SOUZA, G. The freshwater conch, *Pomacea urceus* (Muller), as a potential culture species for Trinidad and Tobago. In: **Proceedings of 38 the annual gulf and Caribbean Fisheries Institute**, p. 260-268, 1987.

GARR, A. L.; LOPEZ, H.; PIERCE, R.; DAVIS, M. The effect of stocking density and diet on the growth and survival of cultured Florida apple snails, *Pomacea paludosa*. **Aquaculture**, v. 311, n. 1-4, p. 139-145, 2011.

GARR, A. L.; POSCH, H.; MCQUILLAN, M.; DAVIS, M. Development of a captive breeding program for the Florida apple snail, *Pomacea paludosa*: relaxation and sex ratio recommendations. **Aquaculture**, v. 370, p. 166-171, 2012.

GILIOLI, G.; SCHRADER, G.; CARLSSON, N.; VAN DONK, E.; VAN LEEUWEN, C. H. A.; MARTÍN, P. R.; PASQUALI, S.; VILÀ, M.; VOS, S. Environmental risk assessment for invasive alien species: a case study of apple snails affecting ecosystem services in Europe. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 65, p. 1-11, 2017.

GUIMARÃES, C. T. Controle biológico: *Pomacea haustum* Reeve, 1856 (Mollusca, Pilidae) sobre planorbíneos, em laboratório. **Revista de Saúde Pública**, v. 17, p. 138-147, 1983.

HALWART, M. The golden apple snail *Pomacea canaliculata* in Asian rice farming systems: present impact and future threat. **International Journal of Pest Management**, v. 40, n. 2, p. 199-206, 1994.

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, n. 4, p. 701-712, 2008.

HAYES, K. A.; COWIE, R. H.; THIENGO, S. C. A global phylogeny of apple snails: gondwanan origin, generic relationships, and the influence of outgroup choice (Caenogastropoda: Ampullariidae). **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 98, n. 1, p. 61-76, 2009.

HAYES, K. A.; COWIE, R. H.; THIENGO, S. C.; STRNG, E. E. Comparing apples with apples: clarifying the identities of two highly invasive neotropical Ampullariidae (Caenogastropoda). **Zoological Journal of the Linnean Society**, v. 166, n. 4, p. 723-753, 2012.

HAYES, K. A.; BURKS, R. L.; CASTRO-VAZQUEZ, A.; DARBY, P.C.; HERAS, H.; MARTÍN, P. R.; QUI, JIAN-WEN.; THIENGO, S. C.; VEIGA, I. A.; WADA, T.; YUSA, Y.; BURELA, S.; CARDIENO, M. P.; CUETO, J. A.; DELLAGNOLA, F. A.;

DREON, M. S.; FRASSA, M. V.; GIRAUD-BILLOUD, M.; GODOY, M. S.; ITUARTE, S.; KOCH, E.; MATSUKURA, K.; PASQUEVICH, M.Y.; RODRIGUEZ, C.; SAVEANU, L.; SEUFFERT, M. E.; STRONG, E. E.; SUN, J.; TAMBURI, N. E.; TIECHER, M. J.; TURNER, R. L.; VALENTINE-DARBY, P. L.; COWIE, R. H. "Insights from an integrated view of the biology of apple snails (Caenogastropoda: Ampullariidae)". **Malacologia**, v. 58, n. 1–2, p. 245-302, 2015.

HEUZÉ, V.; TRAN, G. 2017. Apple snails as animal feed. In: JOSHI R. C.; COWIE R.H.; SEBASTIAN L.S. (Eds.). **Biology and management of invasive apple snails**. Philippine Rice Research Institute, Maligaya, Science City of Muñoz, Nueva Ecija, 2017. p. 369-385.

HOANG, T. C.; ROGEVICH, E. C.; RAND, G. M.; FRAKES, R. A. Copper uptake and depuration by juvenile and adult Florida apple snails (*Pomacea paludosa*). **Ecotoxicology**, v. 17, n. 7, p. 605, 2008.

HOANG, T. C.; PRYOR, R. L.; RAND, G. M.; FRAKES, R. A. Bioaccumulation and toxicity of copper in outdoor freshwater microcosms. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 74, n. 4, p. 1011-1020, 2011.

HORGAN, F. G.; STUART, A. M.; KUDAVIDANAGE, E. P. Impact of invasive apple snails on the functioning and services of natural and managed wetlands. **Acta Oecologica**, v. 54, p. 90-100, 2014a.

HORGAN, F. G.; FELIX, M. I.; PORTALANZA, D. E.; SÁCHEZ, L.; RIOS, W. M. M.; FARAH, S. E.; WITHER, J. Á.; ANDRADE, C. I.; ESPIN, E. E. Responses by farmers to the apple snail invasion of Ecuador's rice fields and attitudes toward predatory snail kites. **Crop Protection**, v. 62, p. 135-143, 2014b.

HORIGUCHI, T.; SHIRAISHI, H.; SHIMIZU, M.; MORITA, M. Effects of triphenyltin chloride and five other organotin compounds on the development of imposex in the rock shell, *Thais clavigera*. **Environmental Pollution**, v. 95, n. 1, p. 85-91, 1997.

HUANG, H. C.; LIAO, S. C.; CHANG, F. R.; KUO, Y. H.; WU, Y. C. Molluscicidal saponins from *Sapindus mukorossi*, inhibitory agents of golden apple snails, *Pomacea canaliculata*. **Journal of Agricultural and food Chemistry**, v. 51, n. 17, p. 4916-4919, 2003.

IRIARTE-RODRÍGUEZ, F. V.; MENDOZA-CARRANZA, M. Validación del cultivo semi-intensivo de caracol Tote (*Pomacea flagellata*), en el trópico húmedo. **Revista AquaTIC**, n. 27, p. 16-30, 2007.

JINTASATAPORN, O.; TABTHIPWON, P.; YENMARK, S. Substitution of golden apple snail meal for fishmeal in giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) diets. **Kasetsart Journal**, v. 38, p. 66-71, 2004.

JOSHI, R. C.; MARTIN, T. W, SEBASTIAN, L. S. Role of golden apple snail in organic rice cultivation and weed management. In: **Researching sustainable systems - international scientific conference on organic agriculture, Adelaide, Australia**, September 21-23, 2005.

JOSHI, R. C. 2007. Problems with the management of the golden apple snail *Pomacea canaliculata*: an important exotic pest of rice in Asia. In: M. J. B.; ROBINSON, A. S.; HENDRICH, J (Eds.). **Area-wide control of insect pests**. Springer, Dordrecht, 2007. p. 257-264.

KAEWBOONRUANG, S.; PHATRABUDDHA, N.; SAWANGWONG, P.; PITAKSANURAT, S. Comparative studies on the extraction of chitin–chitosan from golden apple snail shells at the control field. **IOSR Journal of Polymer and Textile Engineering**, v. 3, p. 34-41, 2016.

KENJI, I. **Expansion of the golden apple snail, *Pomacea canaliculata*, and features of its habitat**. Food and fertilizer technology center, 2003, p.1-10.

KI, O. L.; ISMADJI, S.; AYUCITRA, A.; SOETAREDJO, F. E.; MARGARETHA, Y. Y.; PRASETYA, H. S. Use of apple snail (*Pomacea sp.*) shell as a catalyst for biodiesel production: full factorial design optimization. In: JOSHI, R. C.; COWIE, R. H.;

SEBASTIAN, L. S (Eds.). **Biology and management of invasive apple snails**. Philippine Rice Research Institute (PhilRice), Maligaya, Science City of Muñoz, Nueva Ecija 3119. 2017. 406 pp.

LAGES FILHO, J. **A medicina popular em Alagoas**. Salvador: separata dos arquivos do Instituto Nina Rodrigues, Salvador, Brasil, 1934. 324 p.

LEV, E. 2003. Traditional healing with animals (zootherapy): medieval to present-day levantine practices. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 85, n. 1, p. 107-118, 2003.

LIN, Y. H.; CHANG, C.H.; CHEN, I. H.; CHIU, Y. W.; WU, S. H.; CHEN, J.H. The survey of the imported aquatic invertebrates via the live aquarium ornamental trade in Taiwan. **Taiwania**, v. 51, n. 2, p. 99-107, 2006.

LITSINGER, J. A.; ESTANO, D. B. Management of the golden apple snails *Pomacea canaliculata* (Lamarck) in rice. **Crop Protection**, v. 12, n. 5, p. 363-370, 1993.

LIU, W. H.; CHIU, Y. W.; HUANG, D. J.; LIU, M. Y.; LEE, C. C.; LIU, L. L. Imposax in the golden apple snail *Pomacea canaliculata* in Taiwan. **Science of the Total Environment**, v. 371, n. 1-3, p. 138-143, 2006.

LIU, Y.; LOTERO, E.; GOODWIN JR, JG.; MO, X. Transesterification of poultry fat with methanol using Mg–Al hydrotalcite derived catalysts. **Applied Catalysis A: General**, v. 331, p. 138-148, 2007.

LO, C. C.; HSIEH, T. T. Acute toxicity to the golden apple snail and estimated bioconcentration potential of triphenylphosphine oxide and series of the related compounds. **Bulletin of the Environmental Contamination Toxicology**, v. 65, n. 1, p. 104-111, 2000.

LÓPEZ, M. A.; ALTABA, C. R.; ANDREE, K. B.; LÓPEZ, V. First invasion of the apple snail *Pomacea insularum* in Europe. **Tentacle**, v. 18, p. 26-28, 2010.

LUO, D.; MU, X. D.; SONG, H. M.; GU, D. E.; YANG, Y. X.; WANG, X. J.; LUO, J. R.; HU, Y. C.; ZHANG, J. E. Nutritional components and utilization values of golden apple snails (*Pomacea canaliculata*) in different habitats. **Chinese Journal of Ecology**, v. 8, p. 19, 2012.

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. 33, 2012, 2012.

MARTÍN, R. S.; NDJOKO, K.; HOSTETTMANN, K. Novel molluscicide against *Pomacea canaliculata* based on quinoa (*Chenopodium quinoa*) saponins. **Crop Protection**, v. 27, n. 3-5, p. 310-319, 2008.

MARTÍNEZ, G. J. Use of fauna in the traditional medicine of native toba (qom) from the Argentine Gran Chaco region: an ethnozoological and conservationist approach. **Ethnobiology and conservation**, v. 2, 2013.

MARTÍNEZ, M. L.; PIOL, M. N.; NUDELMAN, N. S.; GUERRERO, N. R. V. Tributyltin bioaccumulation and toxic effects in freshwater gastropods *Pomacea canaliculata* after a chronic exposure: field and laboratory studies. **Ecotoxicology**, v. 26, n. 5, p. 691-701, 2017.

MAHAWAR, M. M.; JAROLI, D. D. Traditional zootherapeutic studies in India: a review. **Journal of Ethnobiology, and Ethnomedicine**, v. 4, n. 1, p. 17, 2008.

MATTHIESEN, F. A. *Pomacea lineata* (Spix, 1827) (Mollusca, Prosobranchia e o combate a planorbídeos. **Ciência e Cultura**, v. 28, n. 7, p. 777, 1976.

MELO, L. E. L.; COLER, R. A.; WATANABE, T.; BATALLA, J. F. Developing the gastropod *Pomacea lineata* (Spix, 1827) as a toxicity test organism. **Hydrobiologia**, v. 429, n. 1-3, p. 73-78, 2000.

MEN, B. X.; CONG, N. T. Golden apple snails and tra fish by-products as protein supplements in diets of fattening ducks. In: **International conference on livestock**,

climate change and resource depletion, Champasack University, Pakse, LAO PDR,
9-11 November, 2010.

MENDOZA, R.; AGUILERA, C.; MONTEMAYOR, J. E. S. Ú. S.; RODRÍGUEZ, G. A. B. I. N. O. Utilization of artificial diets and effect of protein/energy relationship on growth performance of the apple snail *Pomacea bridgesi* (Prosobranchia: Ampullariidae). **The Veliger**, v. 42, n. 1, p. 109-119, 1999.

MESA, L. M.; LINDT, I.; NEGRO, L.; GUTIERREZ, M. F.; MAYORA, G.; MONTALTO, L.; BALLENT, M.; LIFSCHITZ, A. Aquatic toxicity of ivermectin in cattle dung assessed using microcosms. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 144, p. 422-429, 2017.

MESQUITA, E. D. F. M. **Anatomia e histologia do aparelho reprodutor e dados biológicos de *Pomacea* sp. (Mollusca, Gastropoda, Pilidae)**. 1982, 88 p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Invertebrados, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

MILWARD-DE-ANDRADE, R.; CARVALHO, O. D. S. Colonization of *Pomacea haustrum* (Reeve, 1856) at locality with *Schistosomiasis mansoni*: Baldim, MG (Brazil). **Revista de Saúde Pública**, v. 13, p. 92-107, 1979.

MOCHIDA, O. Spread of freshwater *Pomacea* snails (Pilidae, Mollusca) from Argentina to Asia. **Micronesica**, n. 3, p. 51-62, 1991.

MONTEMAYOR-LEAL, J.; MENDOZA-ALFARO, R.; AGUILERA-GONZÁLEZ, C.; RODRÍGUEZ-ALMARAZ, G. Moléculas sintéticas y extractos animales y vegetales como atractantes alimenticios para el camarón blanco *Litopenaeus vannamei*. **Revista AquaTIC**, n. 22, p. 1-10, 2005.

MUSMAN, M. Toxicity of *Barringtonia racemosa* (L.) kernel extract on *Pomacea canaliculata* (Ampullariidae). **Tropical life Sciences Research**, v. 21, n. 2, p. 41-50, 2010.

NAYLOR, R. Invasions in agriculture: assessing the cost of golden apple snail in Asia. **Ambio**, v. 25, p. 443-448, 1996.

NG, T. H.; TAN, S. K.; WONG, W. H.; MEIER, R.; CHAN, S. Y.; TAN, H. H.; YEO, D. C. J. Molluscs for sale: assessment of freshwater gastropods and bivalves in the ornamental pet trade. **Plos One**, v. 11, n. 8, p. e0161130, 2016.

NOMURA, H. **Usos e costumes dos animais**. Fundação Vingt-Um Rosado/ETFERN/UNED, Mossoró, Brasil, 1996. 82 p.

OEHLMANN, J.; MARKERT, B.; STROBEN, E.; SCHULTE-OEHLMANN, U.; BAUER, B.; FIORONI, P. Tributyltin biomonitoring using prosobranchs as sentinel organisms. **Fresenius' Journal of Analytical Chemistry**, v. 354, n. 5-6, p. 540-545, 1996.

OEHLMANN, J.; SCHULTE-OEHLMANN, U.; BACHMANN, J.; OETKEN, M.; LUTZ, I.; KLOAS, W.; TERNES, T. A. Bisphenol a induces superfeminization in the ramshorn snail (Gastropoda: Prosobranchia) at environmentally relevant concentrations. **Environmental health perspectives**, v. 114, n. Suppl 1, p. 127, 2006.

OH, B. T.; KANG, S. W.; CHOI, S. G.; HEO, H. J.; CHO, S. H. Preservative safety analysis of the fresh apple snails and their processing products. **Korean Journal of Food Preservation**, v. 15, n. 3, p. 340-346, 2008.

OKUMA, M.; TANAKA, K.; SUDO, S. Weed control method using apple snail (*Pomacea canaliculata*) in paddy fields. **Weed Research**, v. 39, n. 2, p. 114-119, 1994a.

OKUMA, M.; FUKUSHIMA, Y.; TANAKA, K. Feeding habitate [habits] of apple snail (*Pomacea canaliculata*) to paddy weeds and damage avoidance to rice seedlings. **Weed Research**, v. 39, n. 2, p. 109-113, 1994b.

HORIGUCHI, T.; SHIRAISHI, H.; SHIMIZU, M.; MORITA, M. Effects of triphenyltin chloride and five other organotin compounds on the development of imposex in the rock shell, *Thais clavigera*. **Environmental Pollution**, v. 95, n. 1, p. 85-91, 1997

PADMANABHAN, P.; SUJANA, K. A. Animal product in traditional medicine from attappady hills of wester ghats. **Indian Journal of Traditional Knowledge**, v. 7, p. 326-329, 2008.

PATOKA, J.; KOPECKÝ, O.; VRABEC, V.; KALOUS, L. Aquarium molluscs as a case study in risk assessment of incidental freshwater fauna. **Biological Invasions**, v. 19, n. 7, p. 2039-2046, 2017.

PEÑA, S. C. 2017. Accumulation of copper and other elements by the apple snail *Pomacea canaliculata*. In: JOSHI R. C.; COWIE R. H.; SEBASTIAN L. S. (Eds.). **Biology and management of invasive apple snails**. Philippine Rice Research Institute (PhilRice), Maligaya, Science City of Muñoz, Nueva Ecija 3119. 2017. p. 406.

PETCHPANKAN, S. Study on the dietary replacement of fishmeal by using dried ground golden apple snail *Pomacea canaliculata*, Lamarck: Ampullaridae mesogastropoda in the laying hen during 36-45 weeks of age. In: **Proceedings of 1999 annual technical conference on environment and resources: environment in new century, Bangkok (Thailand)**, 24-25 Sep, 1999.

PHONEKHAMPENG, O.; HUNG, L. T.; LINDBERG, J. E. Ensiling of golden apple snails (*Pomacea canaliculata*) and growth performance of African catfish (*Clarias gariepinus*) fingerlings fed diets with raw and ensiled golden apple snails as protein source. **Livestock Research for Rural Development**, v. 21, n. 2, 2009.

PIRES-JÚNIOR, A. N.; HATTORI, G. Y, SANT'ANNA, B. S. Effects of diet and feeding frequency of culture of juveniles of apple anail *Pomacea dolioides*. In: SANT'ANNA, B. S.; GATTORI, G. Y (Eds.). **Amazonian apple snails**. New York: NOVA Science Publishes, 2017. p. 67- 88.

PHILLIPS, D. J. H. The use of biological indicator organisms to monitor trace pollution in marine and estuarine environments – a review. **Environmental Pollution**, v. 13, n. 4, p. 281-317, 1977.

PHONEKHAMPHENG, O.; HUNG, L. T.; LINDBERG, J. E. Ensiling of golden apple snails (*Pomacea canaliculata*) and growth performance of African catfish (*Clarias gariepinus*) fingerlings fed diets with raw and ensiled golden apple snails as protein source. **Livestock Research for Rural Development**, v. 21, n. 2, 2009.

POSCH, H.; GARR, A. L.; PIERCE, R.; DAVIS, M. The effect of stocking density on the reproductive output of hatchery-reared Florida apple snails, *Pomacea paludosa*. **Aquaculture**, v. 360, p. 37-40, 2012.

PRABHAKAR, A. K.; ROY, S. P. Ethno-medicinal uses of some shell fishes by people of Kosi river basin of North-Bihar, India. **Studies on Ethno-Medicine**, v. 3, n. 1, p. 1-4, 2009.

PUERTAS, S. B. **Comercializacion de crema com extrato de caracol**. 2010, 104p. Graduate thesis (Ingeniero comercial mención administración de empresas), Quito: Universidad de las Américas.

PUTRO, J. N.; HANDOYO, N.; KRISTIANI, V.; SOENJAYA, S. A.; KI, O. L.; SOETAREDJO, F. E.; ISMADJI, S. *Pomacea* sp shell to hydroxyapatite using the ultrasound–microwave method (U–M). **Ceramics International**, v. 40, n. 7, p. 11453-11456, 2014.

RABIA, M. D. S. Golden apple snail as source of protein diets of fattened mud crab (*Scylla serrata* Forskal) in cellular bamboo cages. **International Journal of Environmental and Rural Development**, v. 6, n. 1, p. 188-193, 2015.

RAHAYU, I. C. **Pengaruh Lama Kontak Dan Ph Pada Adsorpsi Mg²⁺ Menggunakan Adsorben Kitin Dari Limbah Cangkang Keong Mas (*Pomacea canaliculata*)**. 2012. Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya.

RAMÍREZ-PRADO, N.; PERNÍA, B.; MERO, M.; LARRETA, E.; NOBOA-CÁRDENAS, A.; RAMÍRES-MOREIRA, L.; LÓPEZ, L.; ZAMBRANO, J.; MUÑOZ J.; BRAVO K.; BAQUERIZO, M.; BENAVIDES A.; CASTRO, R. *Pomacea canaliculata* (Lamarck, 1828) como bioindicador de la presencia de cadmio en el río Guayas, Daule y Babahoyo. **Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales**, v. 10, p. 19-28, 2016.

RAO, M. G.; KUMAR, N. N. The tannery industrial effluent effect on succinate dehydrogenase activity pattern in a freshwater snail, *Pila globosa*. **Proceedings: Animal Sciences**, v. 91, n. 5, p. 427-431, 1982.

ROGEVICH, E. C.; HOANG, T. C.; RAND, G. M. The effects of water quality and age on the acute toxicity of copper to the Florida apple anail, *Pomacea paludosa*. **Achieves of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 54, n. 4, p. 690-696, 2008.

RUIZ-RAMÍREZ, R.; ESPINOSA-CHÁVEZ, F.; MARTÍNEZ-JERÓNIMO, F. Growth and reproduction of *Pomacea patula catemacensis* Baker, 1922 (Gastropoda:Ampullariidae) when feed *calothrix* sp. (Cyanobacteria). **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 36, n. 1, p. 87-95, 2005.

SALAZAR, S. K.; PÉREZ, J. E.; ALFONSI, C. Introduction and extraction of ornamental fishes and aquatic invertebrate species in Venezuela. **Saber**, v. 20, p. 139-148, 2009.

SANTIS, H. R. P.; CHACÓN, L. A.; OSORIO, C. A. F. Harina de carne de caracol (*Pomacea* spp) como complemento nutricional en alevinos de tilapia roja (*Oreochromis* spp). **Revista Politécnica**, v. 5, n. 9, p. 41-47, 2009.

SANTOS, E. **Moluscos do Brasil: vida e costumes**. Belo Horizonte: Itatiaia, 1982.

SANTOS, D. M.; SANT'ANNA, B. S.; GODOI, A. F. L.; TURRA, A.; MARCHI, M. R. R. Contamination and impact of organotin compounds on the Brazilian coast. In: ORTIZ, A. C.; GRIFFIN, N. B (Eds.). **Pollution Monitoring**, 2011, p. 31-39.

SAWASDEE, B.; KÖHLER, H. R. Metal sensitivity of the embryonic development of the ramshorn snail *Marisa cornuarietis* (Prosobranchia). **Ecotoxicology**, v. 19, n. 8, p. 1487-1495, 2010.

SAWASDEE, B. **Sensitivity of the early development of Ramshorn snail, *Marisa cornuarietis* (Ampullariidae) to environmental chemicals**. 2011, 120p. Doutorado der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Eberhard Karls Universität Tübingen ,Thailand.

SEPTIANI, T.; HIDAYATI, N.; MOHADI, R. Calcium oxide from *Pomacea canaliculata* and *Babylonia spirata* snails. **Science and Technology Indonesia**, v. 2, n. 3, p. 68-70, 2017.

SERRA, A. B. The use of golden snail *Pomacea* sp. as animal feed in the Philippines. **Tropicultura**, v. 15, n. 1, p. 40-43, 1997.

SERIO, M. D.; COZZOLINO, M.; GIORDANO, M.; TESSER, R.; PATRONO, P.; SANTACESARIA, E. From homogeneous to heterogeneous catalysts in biodiesel production. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, v. 46, n. 20, p. 6379-6384, 2007.

SEUFFERT, M. E.; MARTÍN, P. R. Juvenile growth and survival of the apple snail *Pomacea canaliculata* (Caenogastropoda: Ampullariidae) reared at different constant temperatures. **SpringerPlus**, v. 2, n. 1, p. 312, 2013.

SHARMA, S.; DUBEY, S.; CHAURASIA, R.; DAVE, V. Macroinvertebrate community diversity in relation to water quality status of Kunda River,(MP), India. **Discovery Publication**, v. 3, n. 9, p. 40-46, 2013.

SHE, Y. Z.; WU, J. P.; ZHANG, Y.; PENG, Y.; MO, L.; LUO, X. J.; MAI, B. X. Bioaccumulation of polybrominated diphenyl ethers and several alternative halogenated flame retardants in a small herbivorous food chain. **Environmental Pollution**, v. 174, p. 164-170, 2013.

SILVA, A. F.; CRUZ, C.; GARLICH, N.; CERVEIRA JUNIOR, W. R.; PITELLI, R. A. Sensitivity of aquatic organisms to ethanol and its potential use as bioindicators. **Acta Scientiarum**, v. 38, n. 4, 2016.

SIVARAMAKRISHNA, B.; RADHAKRISHNAIAH, K. Mercury induced alterations in the energetics of hepatopancreas of two freshwater molluscs, *Pila globosa* and *Lamellidens marginalis*. **Trace Metals in the Environment**, v. 4, p. 389-409, 2000.

SINGH, N. S.; SUDARSHAN, M. S.; CHAKRABORTY, A.; DEVI, C. B.; SINGH, T. B.; SINGH, N. R. Biomonitoring of fresh water of Loktak Lake, India. **European Journal of Sustainable Development**, v. 3, n. 1, p. 179-188, 2014.

SOUSA, M. D. B.; CHAGAS, R. A.; FARIAS, L. C. F.; BARROS, M. R. F.; HERRMANN, M. **Gastropodes utilizados no zooartesanato do município de Belém, Pará**. In: Anais do XII Seminário Anual de Iniciação Científica da UFRA, 2014. p. 1-3.

SUPADDIT, T.; KITIKOON, V.; JATURASITHA, S.; CHONPACHA, A. Utilization of dried ground golden apple snail (*Pomacea canaliculata*, Lamark: Ampullariidae Mesogastropoda) meat to substitute fish meal in broiler diet: during 28-45 days of age. **Conference: naresuan agriculture conference, at Faculty of Agriculture, Nature Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok Province, Thailand**, v. 1, p. 1-11, 2002.

TAKEDA, N. Development of a penis from the vestigial penis in the female apple snail, *Pomacea canaliculata*. **Biological Bulletin**, v. 199, n. 3, p. 316-320, 2000.

TALLARICO, L. F. Freshwater gastropods as a tool for ecotoxicology assessments in Latin America. **American Malacological Bulletin**, v. 33, n. 2, p. 330-336, 2015.

THIENGO, S. C.; FERANDEZ, M. A.; PIMPÃO, D. M. Diversity of Amazon Ampullariidae (Mollusca;Caenogastropoda). In: SANT'ANNA, B. S.; HATTORI, G. Y (Eds.). **Amazonian apple snails**. New York: NOVA Science Publishes, 2017. p. 1-20.

THAEWNON-NGIW, B.; LAUHACHINDA, N.; SRI-AROON, P.; LOHACHIT, C. Distribution of *Pila polita* in a southern province of Thailand. **Southeast Asian Journal of Tropical Medicine Public Health**, v. 34, p. 128-130, 2003.

TRIPATHI, N.; PANDEY, R. Effect of Monocrotophos on the mortality of apple snails. **Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology**, v. 8, p. 14-18, 2013.

TRISNANINGRUM, Y. F.; WAHYUNI, S.; ROFIEQ, A. Penggunaan chitosan cangkang keong mas (*Pomacea canaliculata*) untuk bahan pengawet alami dalam mempertahankan mutu buah selama proses penyimpanan sebagai media audio visual pembelajaran bioteknologi. **Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia**, v. 2, n. 3, p. 237-247, 2016.

VÁZQUEZ-SILVA, G.; CASTRO-BARRERA, T.; CASTRO-MEJÍA, J.; MENDOZA-MARTÍNEZ, G. D. Los caracoles del género *Pomacea* (Perry, 1810) y su importancia ecológica y socioeconómica. **ContactoS**, v. 81, p. 28-33, 2011.

VEGA, I. A.; ARRIBÉRE, M. A.; ALMONACID, A. V.; GUEVARA, S. R.; CASTRO-VAZQUEZ, A. Apple snails and their endosymbionts bioconcentrate heavy metals and uranium from contaminated drinking water. **Environmental Science Pollution Research**, v. 19, n. 8, p. 3307-3316, 2012.

VIRIYA-EMPIKUL, N.; KRASAE, P.; PUTTASAWAT, B.; YOOSUK, B.; CHOLLACOO, N.; FAUNGNAWAKIJ, K. Waste shells of mollusk and egg as biodiesel production catalysts. **Bioresource Technology**, v. 101, n. 10, p. 3765-3767, 2010.

VONGVICHITCH, B. **Using golden apple snail (*Pomacea canaliculata*) meal and Betaine in lowland frog (*Rana rugulosa*) feed**. 2006, 83p. M.Sc. thesis, Science Aquaculture, Kasetsart University, Bangkok.

YAP, C. K.; EDWARD, F. B.; PANG, B. H.; ISMAIL, A.; TAN, S. G.; JAMBARI, H. A. Distribution of heavy metal concentrations in the different soft tissues of the

freshwater snail *Pomacea insularum* (D'Orbigny, 1839; Gastropoda), and sediments collected from polluted and unpolluted sites from Malaysia. **Toxicological and Environmental Chemistry**, v. 91, n. 1, p. 17-27, 2009.

YANG, S.; LIU, Q.; WANG, Y.; ZHAO, L. L.; WANG, Y.; YANG, S. Y.; DU, Z. J.; ZHANG, J. E. Effects of dietary supplementation of golden apple snail (*Pomacea canaliculata*) egg on survival, pigmentation and antioxidant activity of blood parrot. **SpringerPlus**, v. 5, n. 1, p. 1556, 2016.

YUAN, B.; FU, J.; WANG, Y.; JIANG, G. Short-chain chlorinated paraffins in soil, paddy seeds (*Oryza sativa*) and snails (Ampullariidae) in an e-waste dismantling area in China: homologue group pattern, spatial distribution and risk assessment. **Environmental Pollution**, v. 220, p. 608-615, 2017.

WADA, T. Strategies for controlling the apple snail *Pomacea canaliculata* (Lamarck) (Gastropoda: Ampullariidae) in Japanese direct-sown paddy fields. **Japan Agricultural Research Quarterly**, v. 38, n. 2, p. 75-80, 2004.

WEI, Z.; XU, C.; LI, B. Application of waste eggshell as low-cost solid catalyst for biodiesel production. **Bioresource Technology**, v. 100, n. 11, p. 2883-2885, 2009.

WIJEYARATNE, W. D. N.; BELLANTHUDAWA, B. K. A. Assessment of suitability of macrobenthic mollusc diversity to monitor water quality and shallow sediment quality in a tropical rehabilitated and non-rehabilitated wetland system. **International Journal of Aquatic Biology**, v. 5, n. 2, p. 95-107, 2017.

WIJEYARATNE, W. M. D. N.; KALAOTUWAWA, K. M. B. P. P. Evaluation of the water and sediment quality of a lotic water-body in the western coastal region of Sri Lanka using rapid bioassessment protocol II (RBP II) of benthic macroinvertebrates. **Sri Lanka Journal of Aquatic Sciences**, v. 22, n. 2, 2017.

WINGER, P. V.; IMLAY, M. J.; MCMILLAN, W. E.; MARTIN, T. W.; TAKEKAWA, J.; JOHNSON, W. W. Field and laboratory evaluation of the influence

of cooper-diquat on apple snails in southern Florida. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 3, n. 3, p. 409-424, 1984.

WU, J. Y.; MENG, P. J.; LIU, M. Y.; CHIU, Y. W.; LIU, L. L. A high incidence of imposex in *Pomacea* apple snails in Taiwan: a decade after triphenyltin was banned. **Zoological Studies**, v. 49, n. 1, p. 85-93, 2010.

ZABETI, M.; WAN DAUD, W. M. A.; AROUA, M. K. Activity of solid catalysts for biodiesel production: a review. **Fuel Processing Technology**, v. 90, n. 6, p. 770-777, 2009.

ZHU, C.; WANG, P.; LI, Y.; CHEN, Z.; LI, H.; SSEBUGERE, P.; ZANG, Q.; JIANG, G. Trophic transfer of hexabromocyclododecane in the terrestrial and aquatic food webs from an e-waste dismantling region in East China. **Environmental Science Progress Impacts**, v. 19, n. 2, p. 154-160, 2017.

CAPÍTULO II

Predação de Ovos do Gastrópode *Pomacea dolioides*
(Reeve, 1856) em Áreas Nativas

RESUMO

A predação é uma relação ecológica interespecífica que afeta a distribuição e a abundância das espécies, resultando na aquisição de estratégias físicas, químicas e comportamentais desenvolvidas tanto pelo predador quanto pela presa. Este estudo investigou a predação de ovos do gastrópode *Pomacea dolioides* (Reeve, 1856) em Itacoatiara, AM. A predação foi comparada entre áreas rurais e urbanas, períodos do dia, considerando massas sombreadas e não sombreadas durante o dia, a altura das massas de ovos, preferência dos predadores por ovos recém-colocados ou maduros e o comportamento dos predadores também foi avaliado. Entre os meses de abril 2017 a julho de 2018 foram observadas 962 massas de ovos nos diferentes períodos do dia, sendo 492 nas áreas rurais, destas 68 foram predadas e nas áreas urbanas das 470, onde apenas 9 foram predadas. Houve diferença para a média da altura das massas de ovos entre as áreas ($t=15,9223$; $GL=960$; $P=0,0016$), sendo maior nas áreas rurais com média de $35,25\pm 23,18\text{cm}$ e nas áreas urbanas com média de $15,93\pm 8,94\text{cm}$. O substrato mais freqüente de predação nas áreas rurais foi a planta *Montrichardia linifera* (Arruda) Schott, 1854, e nas áreas urbanas o substrato de madeira em ambos os períodos do dia. A taxa de predação de forma geral foi significativamente diferente entre as duas áreas ($\chi^2=39,637$; $GL=1$; $P>0,0001$) sendo maior nas áreas rurais com 13,82% e nas áreas urbanas 1,91%. Os predadores mais frequentes nas áreas rurais no período do dia foram formigas dos gêneros *Solenopsis invicta* (N=18; 45%) e *Crematogaster* cf. *carinata* (N=6, 15%) e os mais abundantes *S. invicta* (N=271; 49,82%), *Wasmannia* aff. *inheringi* (N=162; 29,78%) e *C. cf. carinata* (N=62; 11,40%). Já durante o período da noite *S. invicta* foi a mais frequente (N=18; 64,29%) e abundante (N=251; 76,52%). Nas áreas urbanas durante o dia o predador de maior frequência (N=5; 83,33%) e abundância (N=25; 86,21%) foi *S. invicta*. No período da noite este mesmo gênero também foi a mais frequente (N=3; 100%) e abundante (N=10; 100%). Não houve diferença para a preferência dos predadores por ovos recém-colocados ou maduros entre os períodos do dia nas áreas urbanas ($\chi^2=0,782$; $GL=1$; $P>0,7823$). A partir desses resultados pode-se inferir que as populações de *P. dolioides* nas áreas rurais são mais afetadas do que em áreas urbanas, fazendo com que as populações destas áreas coloquem massas de ovos em locais mais altos em relação ao nível da água. Já nas áreas urbanas, a antropização e consequente alteração do ambiente natural estão favorecendo o sucesso reprodutivo desta espécie devido a diminuição da predação dos ovos. A predação ocorre independente da altura das massas de ovos e do sombreamento. Os principais predadores de *P. dolioides* foram formigas do gênero *S. invicta* e *C. cf. carinata* e o comportamento dos predadores que consumiram as massas de ovos depende da cada espécie de predador envolvido. Além disso, no presente estudo pela primeira vez a ordem Pseudoscorpionida e formigas dos gêneros *Nylanderia* sp., *Strumigenys* sp., *Cyphomyrmex* cf. *peltatus*, *Pheidole* aff. *mamore* e *Cephalotes* cf. *atratus* e foram registrados como predadores de ovos de *Pomacea*.

Palavras-chave: Predação de ovos, Ampullariidae, preferência e comportamento.

ABSTRACT

Predation is an interspecific ecological relation that affects species distribution and abundance, resulting in the acquisition of physical, chemical and behavioral strategies developed by both predator and prey. This study investigated the predation of eggs of the *Pomacea dolioides* gastropod (Reeve, 1856) in Itacoatiara, AM. Predation was compared between rural and urban areas, daytime periods, considering shaded and unshaded masses during the day, egg mass height, predator preference for newly placed or mature eggs, and predator behavior was also assessed. Between April 2017 and July 2018, 962 egg masses were observed in the different periods of the day, 492 of which were in rural areas, 68 of which were predated and in the urban areas of 470, where only 9 were predated. There was a difference in mean egg mass height between the areas ($t=15.9223$; $GL=960$; $P=0.0016$), being higher in rural areas with a mean of 35.25 ± 23.18 cm and in areas with an average of 15.93 ± 8.94 cm. The most frequent substrate of predation in rural areas was plant *Montrichardia linifera* (Arruda) Schott, 1854, and in urban areas the wood substrate in both periods of the day. The predation rate was significantly different between the two areas ($\chi^2=39.637$; $GL=1$; $P>0.0001$), being higher in rural areas with 13.82% and in urban areas 1.91%. The most frequent predators in the rural areas during the daytime period were ants of the genus *Solenopsis invicta* (N=18; 45%) and *Crematogaster* cf. *carinata* (N=6; 15%) and the most abundant *S. invicta* (N=271; 49.82%), *Wasmannia* aff. *inheringi* (N=162, 29.78%) and *C. cf. carinata* (N=62; 11.40%). During the night time *S. invicta* was the most frequent (N=18; 64.29%) and abundant (N=251; 76.52%). In urban areas during the day, the most frequent predator (N=5; 83.33%) and abundance (N=25; 86.21%) was *S. invicta*. At night time, this same genus was also the most frequent (N=3; 100%) and abundant (N=10; 100%). There was no difference in the preference of predators for newly placed or mature eggs between the periods of the day in the urban areas ($\chi^2=0.782$; $GL=1$; $P>0.7823$). From these results it can be inferred that the populations of *P. dolioides* in rural areas are more affected than in urban areas, causing the populations of these areas to place masses of eggs in places higher in relation to the water level. In urban areas, the anthropization and consequent alteration of the natural environment are favoring the reproductive success of this species due to the decrease of the predation of the eggs. Predation occurs regardless of the height of the egg masses and shading. The main predators of *P. dolioides* were ants of the species *S. invicta* and *C. cf. carinata* and the behavior of the predators that consumed the egg masses depends on the species of predator involved. Besides that, in the present study for the first time the order Pseudoscorpionida and ants of the genus *Nylanderia* sp., *Strumigenys* sp., *Cyphomyrmex* cf. *peltatus*, *Pheidole* aff. *mamore* and *Cephalotes* cf. *atratus* and were recorded as *Pomacea* egg predators.

Key words: Predation of eggs, Ampullariidae, preference and behavior.

1 INTRODUÇÃO

A predação é uma relação ecológica interespecífica que afeta a abundância e a distribuição das espécies (LIMA, 1998; DENNO & LEWIS, 2009). Esta interação atua no controle de populações e pode resultar na aquisição de estratégias físicas, químicas e comportamentais desenvolvidas tanto por parte do predador quanto por parte da presa, exercendo influência sobre a dinâmica populacional de ambos os grupos (GEFFENEY et al., 2002; BROWN & FREITAS, 2009; GRISOLIA, 2014).

Em ambiente natural os organismos em geral encontram-se expostos a predação, e para evitar ou diminuir a probabilidade de serem detectados e mortos por predadores, os mesmos desenvolvem diversos mecanismos anti-predatórios (ROBINSON, 1969; WERNER & PEACOR, 2003; LIND & CRESSWELL, 2005), classificados como primários ou secundários (EDMUNDS, 1974). Defesas primárias diminuem as chances de encontro com predadores e incluem, por exemplo, a camuflagem e a seleção de locais protegidos (MERILAITA et al., 2001). Já as defesas secundárias aumentam as chances de sobrevivência após o encontro com predadores, como por exemplo, a tanatose e a fuga (SANTOS et al., 2010).

Dentre os organismos que desenvolvem estratégias anti-predatórias, estão os gastrópodes *Pomacea dolioides* (Reeve, 1856) com ampla distribuição na Bacia Amazônica (SIMONE, 2006), cujo comportamento de oviposição ocorre durante o período noturno (MELO et al., 2017), provavelmente para evitar dessecação de seus ovos ou predação das fêmeas (ALBRECHT et al., 1996). Sendo esta uma estratégia de sobrevivência contra seus possíveis predadores, cujo hábito alimentar e caça ocorre principalmente durante o período diurno, é o caso de aves falconiformes como o gavião *Rostrhamus sociabilis* (Vieillot, 1817) (BEISSINGER, 1983; TANAKA et al., 2006) e de aves gruiformes como o carão *Aramus guarauna* (Linnaeus, 1766) (TANAKA et al., 2006).

Outra estratégia desenvolvida por este gênero é oviposição em tronco ou caules de plantas, normalmente realizada acima do nível da água (HERAS et al., 2007; RAWLINGS et al., 2007; BURKS et al., 2010). Contudo, esta estratégia além de expor os ovos à mudança dos níveis de água em ambiente natural, também os deixa vulneráveis a certos predadores terrestres (SNYDER & SNYDER, 1971),

durante o período do dia as massas de ovos são expostas a insolação podendo acarretar na perda excessiva de água nos indivíduos e os levar a morte.

Além das estratégias citadas anteriormente, outras espécies de *Pomacea* desenvolveram mecanismos de defesa nunca vistos em outros gastrópodes, como defesas bioquímicas em seus ovos. Para *Pomacea maculata* Perry, 1810, 99% da composição de seus ovos foi caracterizado, sendo identificadas várias defesas potenciais, fornecidas não apenas por proteínas, mas também por polissacarídeos (GIGLIO et al., 2016). Em *Pomacea canaliculata* (Lamarck, 1822) foi registrado pela primeira vez a interação de um potencial inibidor no ovo capaz de codificar na mesma molécula tanto o sinal de alerta aposématico como uma defesa antinutritiva/antidigestiva, limitando a capacidade do predador de digerir os nutrientes dos ovos (DREON et al., 2010, 2013; CADIerno et al., 2017). Já para *Pomacea paludosa* (Say, 1829) a coloração aposemática de seus ovos serve como alerta a seus possíveis predadores quanto a sua toxicidade, aumentando a possibilidade de sobrevivência e perpetuação desses organismos (SNYDER & SNYDER, 1971).

Entre as espécies de predadores mais frequentes de ovos de *Pomacea* estão indivíduos pertencentes a família Formicidae. Em *P. canaliculata* foi verificada a presença de formigas de fogo *Solenopsis geminata* (Fabricius, 1804) consumindo 18% (9/50) da massa de ovos em qualquer fase de desenvolvimento, desde ovos recém-colocados até os que estavam prestes a eclodir (YUSA, 2001). Esta mesma espécie, juntamente com formigas acrobatas *Crematogaster* sp. Lund, 1831 e milípedes da família Paradoxosomatidae Daday, 1889 também foram registradas predando ovos de *Pomacea* (SANTOS-NETO, 2017). Além destes, também foi observado os caracóis terrestres *Quantula striata* (Gray, 1834) e *Bradybaena similaris* (Rang, 1831) alimentando-se de ovos de *P. canaliculata* (NG & TAN, 2011). GUIMARÃES, (1981) também registrou aves aquáticas como anatídeos, ralídeos e jacanídeos consumindo ovos de *Pomacea haustum* (Reeve, 1856).

Apesar dos estudos desenvolvidos com gastrópodes de água doce, na região Amazônica ainda se conhece pouco acerca dos predadores de ovos destes indivíduos, pois, os estudos citados acima fazem referência as *Pomacea* em áreas onde estas foram introduzidas e apenas o estudo de SANTOS-NETO (2017), analisou o gênero *Pomacea* quanto a predação de ovos destes gastrópodes. Este estudo investigou a predação de

ovos do gastrópode *Pomacea dolioides* (Reeve, 1856) em Itacoatiara, AM. A predação foi comparada entre áreas rurais e urbanas, períodos do dia, considerando massas sombreadas e não sombreadas durante o dia, a altura das massas de ovos, preferência dos predadores por ovos recém-colocados ou maduros e o comportamento dos predadores também foi avaliado.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Áreas de estudo

O presente estudo foi desenvolvido entre os meses de abril de 2017 a julho de 2018 em áreas rurais e urbanas do município de Itacoatiara, AM, Brasil. Para ambas áreas rurais e urbanas foram determinadas três réplicas: áreas rurais, Lago do Canaçari (03°06'31,7"S; 58°25'14,5"W), Lagoa da Poranga (03°07'32,2"S; 58°26'33,2"W) e Rio Piquiá (02°59'11,8"S; 58°27'06,5"W), caracterizadas pela atividade de criação de gado com predominância de vegetação rasteira e arbórea, considerada mais conservada, não possuem casas em suas proximidades e durante o período de cheia se encontram alagadas. As áreas urbanas determinadas foram: Bairro do Juary (03°08'19,9"S; 58°27'32,5"W), Bairro da Paz (03°08'32,4"S; 58°25'27,7"W) e Bairro Mamud Amed (03°06'40,7"S; 58°25'28,5"W), todas dentro do perímetro urbano da cidade. Locais caracterizados por não possuírem sistema de tratamento de esgoto, sendo o lixo doméstico e detritos humanos despejados diretamente no ambiente. Possui capim e pouca vegetação rasteira em torno de suas residências e durante o período da cheia com elevada pluviosidade estes locais sofrem com inundações por vários meses.

2.2 Predação de ovos de *P. dolioides* em ambiente natural

As observações foram realizadas em ambos períodos do dia, de manhã entre 8:00 e 10:00hs e de noite entre 20:00 e 22:00hs. Em campo as massas de ovos foram verificadas quanto a presença e ausência de predadores, quando detectados, os predadores foram registrados e quantificados, em seguida foram coletados cuidadosamente com pinça e colocados em tubos Falcon (50mL) contendo álcool 70%, etiquetados e transportados até o laboratório para identificação. Após contagem dos predadores, o substrato em que as massas de ovos foram colocadas também foi

registrado, sendo mensurada a altura da massa com o auxílio de uma régua (cm) desde a linha d'água até o início da massa. Durante o dia também foi registrado se as massas estavam em substratos sombreados ou não sombreados.

Após estes procedimentos, as massas de ovos também foram coletadas e levadas ao laboratório para identificação da espécie de gastrópode que colocou a massa de ovos. As massas foram cuidadosamente raspadas do substrato no ambiente, colocadas em tubo Falcon (50mL) e levadas ao laboratório. Em laboratório cada massa de ovo foi colocada individualmente em pranchas de isopor flutuante (8x5x5cm), dentro de recipientes circulares com capacidade para 7L de água (73cm de diâmetro e 23cm de altura), cobertos com tela de malha (0,2mm) com 1L de água até eclosão.

Após eclosão, 15 juvenis de cada massa de ovos foram mantidos nos mesmos recipientes e alimentados diariamente com alface (*Lactuca sativa* L.) nos primeiros quinze dias e em seguida com ração para peixe com 34% de proteína bruta, até atingirem tamanho entre 20 e 30mm de comprimento da concha para identificação. Para identificação, dois indivíduos de cada foram anestesiados em solução de cloreto de magnésio a 35%, por duas horas, e em seguida foram realizadas a inspeção morfológicas da concha e observação anatômica dos órgãos, segundo orientação da taxonomista do grupo, Prof^ª. Dr^ª. Silvana Carvalho Thiengo (FIOCRUZ, Rio de Janeiro). Durante o cultivo a temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) foram medidas a cada três dias com termohigrômetro. A temperatura média foi de $29,61 \pm 2,08^{\circ}\text{C}$ e a umidade relativa do ar foi de $61,12 \pm 4,73\%$. Após identificação todos os filhotes foram devolvidos ao ambiente onde foram coletados.

2.3 Preferências dos predadores por ovos recém-colocados ou maduros

Para verificar a preferência dos predadores por ovos recém-colocados ou maduros, foi selecionando apenas o bairro do Juary, pois foi o local com maior abundância de gastrópodes, possibilitando encontrar mais fêmeas iniciando a oviposição. Em campo foram registradas fêmeas de *P. dolioides* colocando as massa de ovos, posteriormente essas massas foram numeradas e observadas duas vezes ao dia (8:00 e 20:00hs) para verificar a presença de predadores. Considerou-se predação em ovos recém-colocados, aquela que ocorreu nos três primeiros dias quando as massas de ovos apresentavam cor vibrante e a predação em massa madura, quando ocorreu a partir

do quarto dia onde as massas apresentavam cor esbranquiçada (estagio de desenvolvimento embrionário avançado). As massas foram acompanhadas diariamente durante todo período de desenvolvimento embrionário até a eclosão.

2.4 Comportamentos dos predadores de ovos de *P. dolioides*

Num segundo momento, entre junho 2017 a julho de 2018 foi realizada a observação do comportamento dos predadores de ovos, quando detectou-se a presença de predadores estes foram observados quanto a seu comportamento predatório durante 10 minutos (vídeo, câmera digital Canon Powershot SX530 HS) para posterior descrição. Em seguida os predadores foram coletados manualmente com pinça e colocados em tubos Falcon (50mL) contendo álcool 70%, etiquetados e transportados até o laboratório para identificação.

Em cada área onde as massas de ovos foram coletadas também foram capturados gastrópodes adultos para identificação da população. Os gastrópodes foram enviados para confirmação da identificação pela curadora da Coleção de Moluscos do Instituto Oswaldo Cruz (CMIOC), Prof^ª. Dr^ª. Silvana Carvalho Thiengo, sendo os gastrópodes confirmados como *Pomacea dolioides* (Reeve, 1856) e depositados nesta coleção (tombo n° P1:11433; P2:11434; P3:11435 e P4:11436). Quanto à identificação dos predadores, todas as formigas foram classificadas em morfoespécies e, sempre que possível, foram identificadas a nível de espécie, usando chaves taxonômicas disponíveis (BACCARO et al., 2015) ou em comparação com espécimes em coleções previamente identificadas por especialistas, em seguida foram depositados na Coleção Entomológica do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Os Coleópteros e Milípedes foram identificados pela especialista Me. Gabrielle Jorge de Melo do INPA. Já os gastrópodes terrestres foram identificados pela Prof^ª. Dr^ª. Norma Campus Salgado especialista em gastrópodes terrestres e depositados no CMIOC (tombo n° 10962).

2.5 Análise de dados

Para analisar a proporção entre as massas predadas e não predadas durante os períodos do dia (dia e noite), sombreadas e não sombreadas, entre áreas (rurais e urbanas) utilizou-se o teste de Qui-quadrado (X^2) com tabelas de contingência. A altura média de oviposição das massas e a altura das massas predadas e não predadas nas áreas rurais e urbanas foram comparadas por teste *t*. Para todas as análises foi adotado nível de significância de $P < 0,05$ (ZAR, 1999).

3 RESULTADOS

3.1 Predação de ovos em ambiente natural

Ao todo foram observadas 962 massas de ovos nos diferentes períodos do dia, sendo 492 nas áreas rurais, destas 68 foram predadas e nas áreas urbanas das 470, onde apenas 9 foram predadas (Tabela 1).

Tabela 1. Número de massas de ovos de *Pomacea dolioides* observadas e predadas nas áreas rurais e áreas urbanas em diferentes períodos do dia.

Locais	Nº de massas	Dia		Noite	
		Total de Massas	Massas Predadas	Total de Massa	Massas Predadas
Áreas rurais	492	255	40	237	28
Áreas urbanas	470	243	6	227	3
Total	962	498	46	464	31

Houve diferença significativa para a média da altura das massas de ovos entre as áreas ($t=15,9223$; $GL=960$; $P=0,0016$), sendo maior nas áreas rurais com média de $35,25\pm 23,18$ cm e nas áreas urbanas com média de $15,93\pm 8,94$ cm. Quanto à média da altura das massas de ovos predadas e não predadas nas áreas rurais não ocorreu diferença ($t=1,457$; $GL=490$; $P=0,1457$), sendo a média das massas predadas de $39,04\pm 28,97$ cm e não predadas de $34,64\pm 22,09$ cm, o mesmo ocorreu nas áreas urbanas, não havendo diferença ($t=1,5731$; $GL=468$; $P=0,1163$) a média das massas predadas foi $20,56\pm 11,74$ e não predadas $15,83\pm 8,86$. Entre os períodos do dia não ocorreu diferença para as médias das massas predadas e não predadas tanto nas áreas rurais ($\chi^2=0,127$; $GL=1$; $P>0,8503$), quanto nas áreas urbanas ($\chi^2=0,109$; $GL=1$; $P>0,9250$) (Tabela 2).

Tabela 2. Média (\bar{X}) da altura das massas de ovos de *Pomacea dolioides* predadas e não predadas em relação ao nível da água nas áreas rurais e áreas urbanas em diferentes períodos do dia.

Locais	Dia		Noite	
	\bar{X} Massas predadas	\bar{X} Massas não predadas	\bar{X} Massas predadas	\bar{X} Massas não predadas
Áreas rurais	43,65±32,73	37,65±21,24	32,46±21,41	31,54±22,57
Áreas urbanas	19,67±14,14	16,05±9,18	22,33±6,66	15,60±8,53

O substrato de oviposição mais frequente nas áreas rurais foi a planta *Montrichardia linifera* (Arruda) Schott, 1854, popularmente conhecida na região amazônica como “anhinga-açu” (N=193; 39,23%). Já nas áreas urbanas o substrato de madeira utilizada em construção foi o mais utilizado para oviposição (N=242, 51,60%). Em relação ao substrato em que as massas de ovos foram predadas, nas áreas rurais *M. linifera* foi a mais frequente durante o dia (N=15; 37,5%) e a noite (N=10; 35,71%), e nas áreas urbanas o substrato de madeira também apresentou maior frequência tanto durante o dia (N=3; 50%) quanto durante a noite (N=2; 66,67%).

Quanto ao sombreamento, a proporção de massas de ovos predadas nas áreas rurais foi igual de 1:1 (sol/sombra). Já nas áreas urbanas a proporção foi aproximadamente de 2:1 (sol/sombra), não havendo diferença significativa para o sombreamento entre as áreas ($\chi^2=0,982$; $GL=1$; $P>0,5806$). No que se refere à predação, foram registrados 15 espécies de predadores consumindo os ovos de *P. dolioides*, totalizando 911 espécimes (Figura 1).

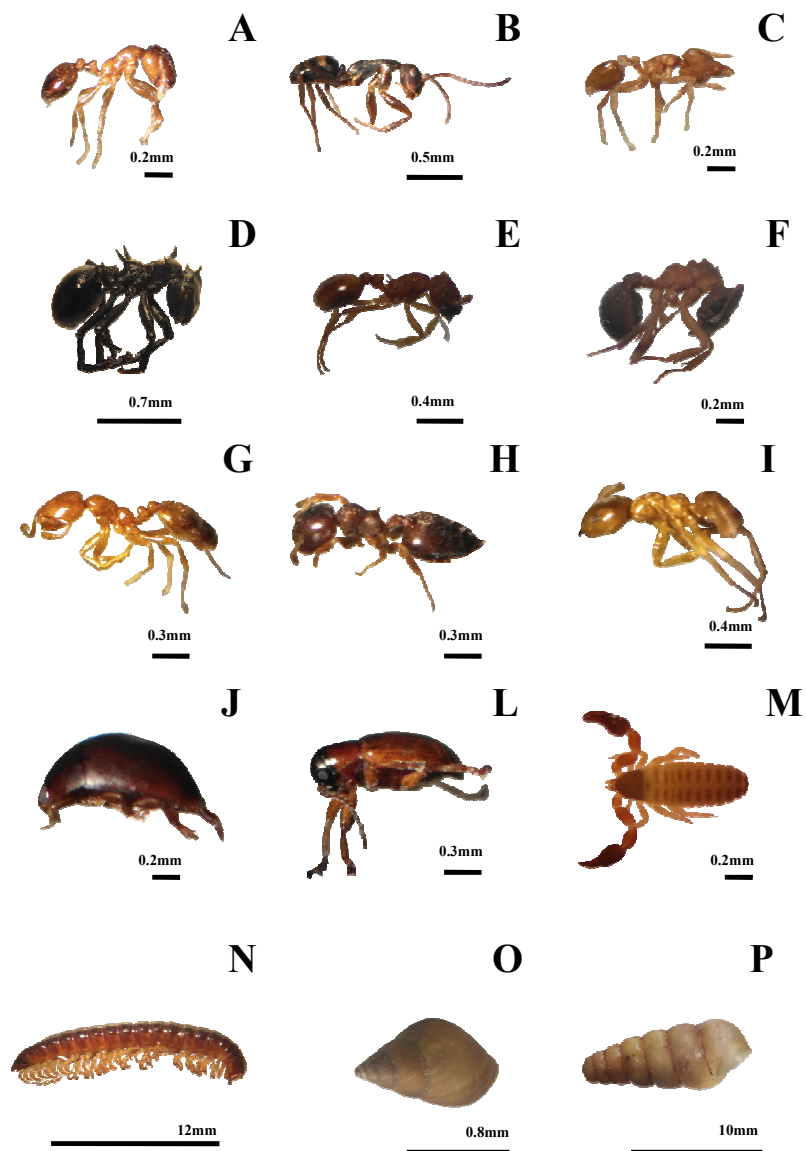


Figura 1. Predadores registrados nas massas de ovos de *Pomacea dolioides*, em Itacoatiara, AM: *Pheidole* aff. *mamore* (A); *Camponotus* sp. (B); *Strumigenys* sp. (C); *Cephalotes* cf. *atratus* (D); *Nesomyrmex* cf. *echinatinodis* (E); *Cyphomyrmex* cf. *peltatus* (F); *Solenopsis invicta* (G); *Crematogaster* cf. *carinata* (H); *Nylanderia* sp. (I); Phalacridae (J); *Paria* sp. (L); Pseudoscorpionida (M); Milípede (Polydesmida: Paradoxosomatidae) (N); *Bulimulus tenuissimus* (O) e *Subulina octona* (P).

A taxa de predação de forma geral foi significativamente diferente entre as áreas ($\chi^2=39,637$; $GL=1$; $P>0,0001$) sendo maior na área rural com 13,82% e 1,91% nas áreas urbanas. Não houve diferença para a taxa de predação das massas de ovos entre os períodos do dia nas áreas rurais ($\chi^2= 1,172$; $GL=1$; $P>0,3405$), sendo de 15,69% durante o dia e de 11,81% durante a noite. Nas áreas urbanas a taxa de predação entre os períodos também não apresentou diferença ($\chi^2=0,792$; $GL=1$; $P>0,5800$) com 2,47% das

massas predadas durante o dia e 1,32% à noite. Os predadores mais frequentes nas áreas rurais no período do dia foram formigas dos gêneros *Solenopsis invicta* Buren, 1972 (N=18;45%) e *Crematogaster cf. carinata* Mayr, 1862 (N=6, 15%) (Figura 2) e os mais abundantes foram *S. invicta* (N=271; 49,82%), *Wasmannia aff. inheringi* Forel, 1908 (N=162; 29,78%) e *C. cf. carinata* (N=62; 11,40%) (Figura 3). Já durante o período da noite *S. invicta* (N=18; 64,29%) foi a mais freqüente (Figura 2) e abundante (N=251; 76,52%) (Figura 3). Nas áreas urbanas o predador de maior freqüência (N=5; 83,33%) e abundância (N=25; 86,21%) foi *S. invicta*. No período da noite este gênero também foi a mais frequente (N=3; 100%) e abundante (N=10; 100). Além dos predadores citados acima, alguns grupos apesar de terem sido registrados em menor freqüência, foram observados pela primeira vez predando ovos de *Pomacea* dentre eles indivíduos da ordem Pseudoscorpionida, e formigas *Nylanderia sp.*, *Strumigenys sp.*, *Cyphomyrmex cf. peltatus* Kempf, 1966, *Pheidole aff. mamore* (Mann, 1916) e *Cephalotes cf. atratus* (Linnaeus, 1758).

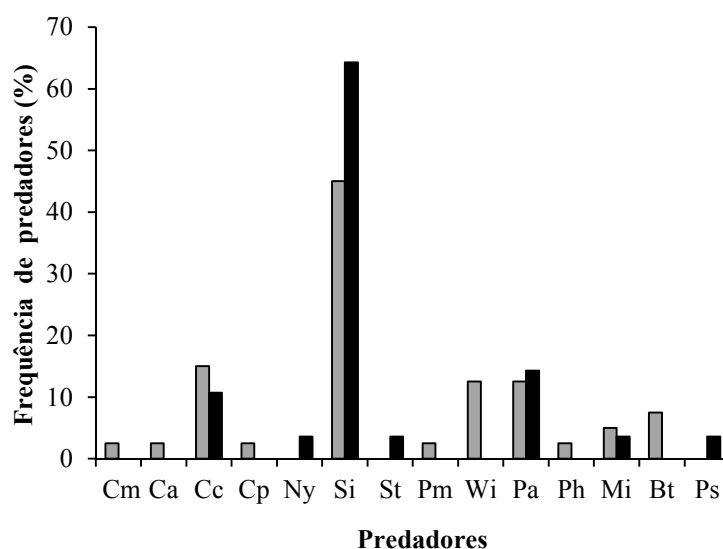


Figura 2. Frequência (%) de predadores nas massas de ovos de *Pomacea dolioides* nas áreas rurais, no período do dia (barra cinza) e da noite (barra preta): *Camponotus* sp. (Cm); *Cephalotes cf. atratus* (Ca); *Crematogaster cf. carinata* (Cc); *Cyphomyrmex cf. peltatus* (Cp); *Nesomyrmex cf. echinatinodis* (Ne); *Nylanderia* sp. (Ny); *Solenopsis invicta* (Si); *Strumigenys* sp. (St); *Pheidole aff. mamore* (Pm); *Wasmannia aff. inheringi* (Wi); *Paria* sp. (Pa); Phalacridae (Ph); Milípede (Polydesmida: Paradoxosomatidae) (Mi); *Bulimulus tenuissimus* (Bt) e Pseudoscorpionida (Ps).

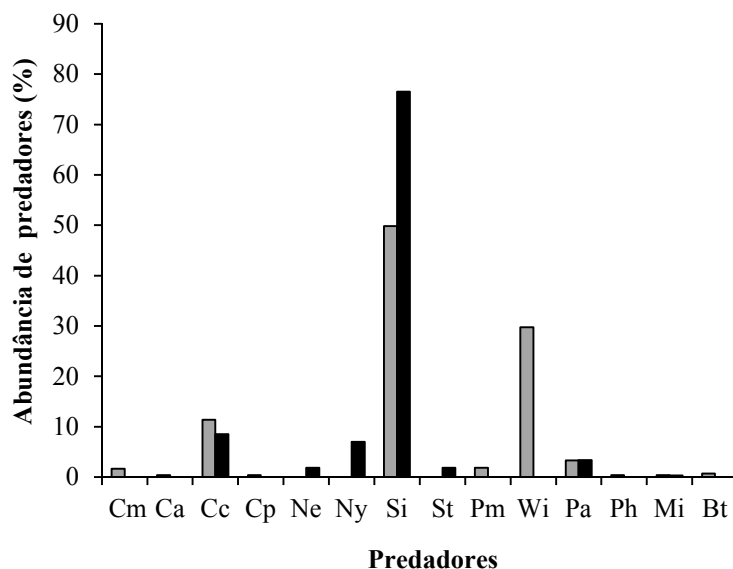


Figura 3. Abundância (%) de predadores nas massas de ovos de *Pomacea dolioides* nas áreas rurais, no período do dia (barra cinza) e da noite (barra preta). *Camponotus* sp. (Cm); *Cephalotes* cf. *atratus* (Ca); *Crematogaster* cf. *carinata* (Cc); *Cyphomyrmex* cf. *peltatus* (Cp); *Nesomyrmex* cf. *echinatinodis* (Ne); *Nylanderia* sp. (Ny); *Solenopsis invicta* (Si); *Strumigenys* sp. (St); *Pheidole* aff. *mamore* (Pm); *Wasmannia* aff. *inheringi* (Wi); *Paria* sp. (Pa); Phalacridae (Ph); Milípede (Polydesmida: Paradoxosomatidae) (Mi); *Bulimulus tenuissimus* (Bt).

Em relação à preferência dos predadores por ovos recém-colocados ou maduros, na área urbana foram observadas durante o período da noite 21 fêmeas de *P. dolioides* colocando massas de ovos. Não houve diferença para a preferência dos predadores por ovos recém-colocados ou maduros entre os períodos do dia na área urbana ($\chi^2=0,782$; $GL=1$; $P>0,7823$).

3.2 Comportamento dos predadores de ovos de *P. dolioides*

Foram observados 39 comportamentos nas áreas rurais, sendo descritos seis comportamentos realizados por diferentes predadores, *Solenopsis invicta* (N=26; 66,66%); *Crematogaster* cf. *carinata* (N=7; 17,94%); *Cephalotes* cf. *atratus* (N=1; 2,56%); *Cyphomyrmex* cf. *peltatus* (N=1; 2,56%); (Polydesmida: Paradoxosomatidae) (N=2; 5,12%); *Bulimulus tenuissimus* (N=2; 5,12%). Já nas áreas urbanas foram descritos oito comportamentos, todos realizados pelo predador *Solenopsis invicta* (N=8; 100%).

O primeiro comportamento observado foi da formiga *S. invicta*, os indivíduos foram registrados alimentando-se das massas de ovos de forma voraz tanto nas áreas rurais quanto nas urbanas. Nas áreas rurais observou-se os predadores quebrando os ovos com as mandíbulas e consumindo no local, contudo não foi observado a remoção de embriões e transporte de ovos. Já nas áreas urbanas, além dos predadores consumirem os ovos, outros tentavam remover os embriões de *P. dolioides* individualmente de dentro dos ovos quebrados. Após retirar os embriões dos ovos, os consumiram no próprio local, e apesar de sua colônia está localizada próximo ao local em que as massas de ovos foram colocadas, não houve transporte de ovos e embriões de caramujos (Figura 4A).

Na figura 4B foi observado o comportamento de *C. cf. carinata*, onde indivíduos formavam um complexo de trilha levando outras formigas da mesma espécie até a massa a qual estavam se alimentando dos ovos, além de consumo dos ovos, foi observado também o transporte até sua colônia encontrada sob o tronco da árvore.

Cephalotes cf. atratus (Figura 4C) foi observada aproximando-se da massa de ovo lentamente e explorando-a desde a parte superior até a inferior, retornando a parte superior esta removeu os ovos e os consumiu próximo a massa, realizando este processo inúmeras vezes, e apesar de sua colônia está localizada próximo, não houve transporte de ovo. Foi observado apenas um indivíduo da espécie *C. cf. peltatus* (Figura 4D) alimentando-se de massa de ovos, inicialmente o predador estava localizado na casca da árvore onde a massa se encontrava, ao se aproximar da massa alimentou-se em maior quantidade dos ovos que estavam localizados na parte superior, houve apenas a quebra e o consumo de ovos no local, não ocorrendo transporte de ovos.

Milípede (Polydesmida: Paradoxosomatidae) foi registrado consumindo os ovos de *P. dolioides* por meio de movimentos lentos, ao entrar em contato com a massa de ovo este quebrou os ovos facilmente com suas mandíbulas rígidas e seguiu se alimentando dos ovos localizados próximos a haste da planta (Figura 4E). Explorou a massa e se alimentou dos ovos tanto na parte superior quanto inferior da massa.

Bulimulus tenuissimus (Figura 4F) também foi registrado consumindo massa de ovos, inicialmente este indivíduo se locomoveu sobre a massa e tocava os ovos com

seus tentáculos, em seguida lentamente raspava a superfície dos ovos até os quebrar e consumir. Todos os comportamentos observados ocorreram apenas em massas maduras (em estágio de desenvolvimento embrionário avançado).

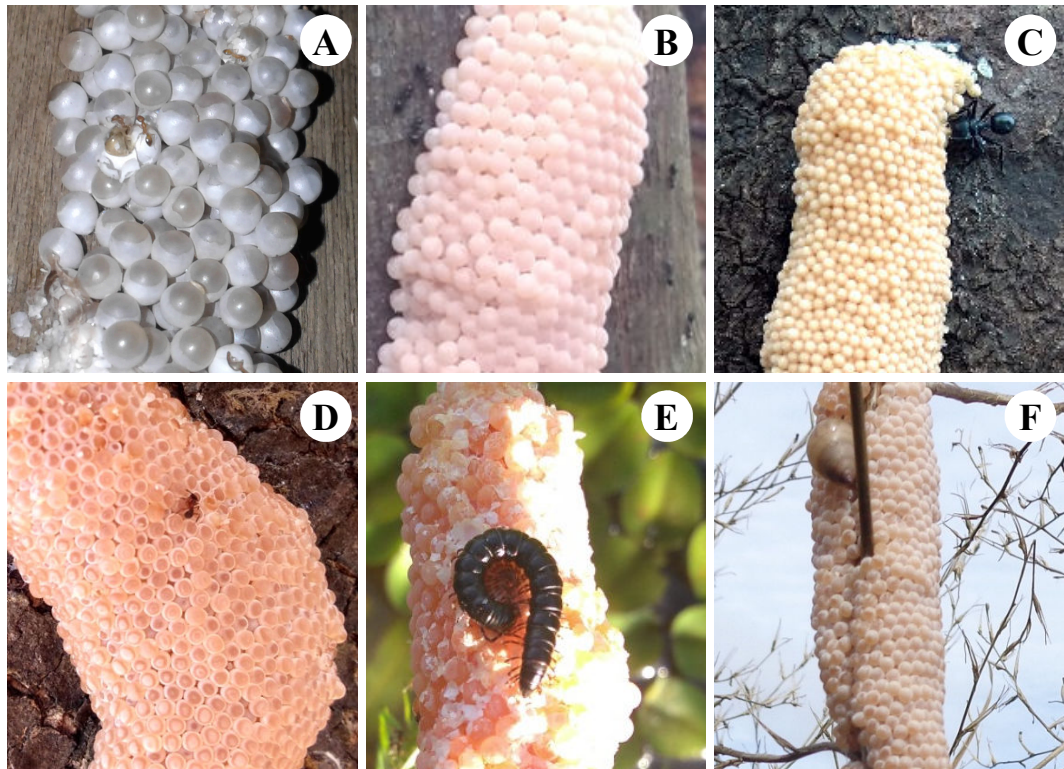


Figura 4. Comportamento dos predadores de ovos de *Pomacea dolioides* em áreas rurais e áreas urbanas: *Solenopsis invicta* (A); *Crematogaster* cf. *carinata* (B); *Cephalotes* cf. *atratus* (C), *Cyphomyrmex* cf. *peltatus* (D); Milípede (Polydesmida: Paradoxosomatidae) (E) e *Bulimulus tenuissimus* (F).

4 DISCUSSÃO

4.1 Predação de ovos em ambiente natural

O fato da altura das massas de ovos em relação ao nível da água ter sido maior nas áreas rurais pode está relacionada com uma estratégia de sobrevivência destes gastrópodes para evitar a predação de seus ovos, sendo que nestas áreas ocorreu maior diversidade de predadores e maior taxa de predação, outro fator pode está relacionado a pouca movimentação humana nestes locais. Já nas áreas urbanas como a movimentação de pessoas é maior, os gastrópodes podem ter desenvolvido uma resposta a esta movimentação e não estão subindo tão alto no substrato para por os ovos fora da água.

A postura de ovos fora da água é uma característica comportamental comum em espécies de *Pomacea*, pois além de evitar a perda de ovos, também diminui o custo de energia para as fêmeas (SCHNORBACH, 1995; ALBRECHT et al., 1996).

Alguns trabalhos evidenciam a oviposição em diferentes alturas em ambiente natural, como *Pomacea haustum* (Reeve, 1856) que realizou oviposição entre 6cm e 10cm em relação ao nível da água (GUIMARÃES, 1981), *Pomacea insularum* (D'Orbigny, 1839) com altura entre 15,24cm e 123,19cm (BURKS et al., 2010) e em ambiente controlado *P. maculata* colocou ovos entre 15cm e 30cm de altura (BOCANEGRA et al., 1996). Neste estudo a maior altura de oviposição foi de $35,25 \pm 23,18$ cm em ambiente natural.

O substrato de maior frequência de oviposição e predação nas áreas rurais foi a planta *M. linifera* e nas áreas urbanas o substrato de madeira. MELO et al. (2017) registraram a preferência de *P. dolioides* em selecionar substrato com menor grau de rugosidade utilizado para realizar suas desovas. BRUSKS et al. (2010) registraram *P. insularum* colocando suas massas de ovos com maior frequência em plantas e substrato de madeira, como visto no presente estudo. *Pomacea haustum* também coloca ovos em qualquer substrato em contato com a água, desde caules de plantas, troncos de árvores, garrafas, caixas de papelão (MILWARD-DE-ANDRADE et al., 1978; GUIMARÃES, 1981), esse comportamento de oviposição expõe os ovos a predadores terrestres (HERAS et al., 2007), como registrado neste estudo.

O sombreamento não influenciou na presença de predadores tanto nas áreas rurais quanto nas áreas urbanas, especialmente na predação de formigas, consideradas as principais predadoras. Estas são conhecidas por ocupar diversos habitats, podendo ser encontrada em ambientes quentes e em áreas sombreadas, são organismos termófilos e precisam de altas temperaturas para seu desenvolvimento, assim como outros insetos (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990; LATTKE, 2003).

A taxa de predação nas áreas rurais foi mais elevada do que nas áreas urbanas ocorreu possivelmente devido estas áreas serem consideradas mais conservadas, sendo mais complexas estruturalmente, apresentando maior diversidade de espécies vegetais, consequentemente com maior diversidade de predadores. Essa heterogeneidade e complexidade estrutural do ambiente proporciona maior oferta de recursos, possivelmente apresenta condições diversificadas e mais nichos disponíveis para o estabelecimento e diversidade de artrópodes (VIEIRA & MENDEL, 2002; MAESTRI et al., 2013). Já a baixa taxa de predação na área urbana, pode estar relacionada com o

fato de este local ter sofrido modificação humana no decorrer dos anos, como pode ser observado claramente no local de amostragem. A expansão das áreas urbanas sobre ambientes naturais, alterados de forma antrópica, ocasionam a destruição de inúmeros microhabitats utilizados por diversas espécies, podendo interferir na diversidade local e apresentar poucas espécies de artrópodes dominantes (DÁTILLO et al., 2011; AZEVEDO et al., 2015). Assim, a antropização de certa forma beneficia o sucesso reprodutivo de *P. dolioides* nestas áreas, pois diminui a predação dos ovos quando comparada a predação em áreas menos alteradas.

As formigas *S. invicta* e *C. cf. carinata* foram registradas com maior frequência predando ovos de *P. dolioides*, sendo *S. invicta*, *C. cf. carinata* e *W. aff. inheringi* as mais abundantes. *S. invicta*, formiga-lava-pé, também pode ser encontrada em diversos microhabitats, são conhecidas por seu comportamento agressivo tanto na proteção de suas colônias quanto no uso de recursos alimentares (MARINHO et al., 2002; PACHECO et al., 2009; LUTINSKI et al., 2013). Esta mesma espécie, em ambiente natural atacou indivíduos de *P. paludosa* expostos em condições de seca, contudo não houve a predação de ovos (STEVENS et al., 1999). Outra espécie pertencente ao gênero *Solenopsis*, foi *S. geminata* que ocasionou danos significativos as massas de ovos de *P. canaliculata* (YUSA, 2001). SANTOS-NETO (2017) também registrou esta mesma espécie, predando ovos de *Pomacea* na Amazônia.

Crematogaster cf. carinata, formigas acrobatas, são conhecidas por apresentar alto grau de agressividade, podendo obter presas relativamente grandes no momento de forrageio (HOLLDOBLER & WILSON, 1990; RICHARD et al., 2001), indivíduos pertencentes a este gênero também foram registrados consumindo ovos de *Pomacea* (SANTOS-NETO, 2017). Formigas *W. aff. inheringi* foram uma das espécies mais abundantes consumindo ovos de *P. dolioides*, representantes deste gênero apesar de serem considerados predadores de ovos e ninfas de cigarrinhas (*Aeneolamia* spp.) (MEDINA et al., 1993), não há registro de predação de ovos de gastrópodes por este predador.

Além dos predadores citados acima, coleópteros *Paria* sp. e da família Phalacridae também foram registrados predando ovos. Esta ação predatória também foi realizada por coleópteros da família Gyrinidae e outros invertebrados como gafanhotos e milípedes em ovos de gastrópodes do gênero *Pomacea* (SNYDER & SNYDER, 1971; KUSHLAN, 1978; YUSA, 2001; SANTOS-NETO, 2017).

Caracóis terrestres foram observados predando ovos de *P. dolioides*, nas áreas rurais como *B. tenuissimus* e nas áreas urbanas *Subulina octona*. Estudos de predação de ovos de *Pomacea* relataram que caracóis terrestres como *Quantula striata* (Gray, 1834) e *Bradybaena similaris* (Rang, 1831) são capazes de alimentar-se de ovos de *P. canaliculata* (NG & TAN, 2011). Contudo, a predação de ovos de *Pomacea* não se limita apenas a caracóis terrestres, podendo sofrer canibalismo por indivíduos de sua própria espécie, como ocorre em *P. maculata* (HORN et al., 2008) e *P. canaliculata* (SEVEANU & MARTÍN, 2014). No presente trabalho esse comportamento não foi verificado.

No estudo de YUSA (2001) há registros de predadores como formigas *S. geminata* consumindo ovos de *P. canaliculata* em qualquer estágio de desenvolvimento embrionário. No presente estudo, isso também foi observado na área urbana onde predadores consumiram tanto ovos recém-colocados, quanto maduros da espécie *P. dolioides*.

4.2 Comportamento dos predadores de ovos de *P. dolioides*

Formigas *S. invicta* apresentaram comportamento voraz no momento da predação, consumindo tanto os ovos quanto os caramujos em desenvolvimento embrionário. Estes indivíduos são conhecidos por apresentar comportamento altamente agressivo tanto na defesa de suas colônias, quanto no seu forrageamento (PITTS et al., 2005). Em *P. canaliculata*, *S. geminata* também foi observada tentando remover ovos com suas mandíbulas, e quando bem sucedidos os levavam para longe, presumivelmente para seus ninhos. As formigas consumiam ovos desde recém-colocados (cor rosa leitosa) e os pronto a eclodir (cor acizentado) (YUSA, 2001), no presente estudo não houve transporte de ovos por *S. invicta*.

Crematogaster cf. *carinata* buscam por recursos individualmente formando trilhas e quando os recursos são encontrados, levam mais indivíduos para iscas de açúcar ou proteína (por exemplo, atum, insetos mortos), muitas vezes predam pupas, ovos e presas vivas imobilizadas (LONGINO, 2003). SANTOS-NETO (2017) também observou *Crematogaster* sp. consumindo ovos de *Pomacea*, contudo, seu comportamento predatório não foi registrado, impossibilitando comparação.

Cephalotes cf. *atratus* aproximou-se e se alimentou dos ovos de *P. dolioides* lentamente. O comportamento relativamente lento de indivíduos do gênero *Cephalotes*

pode está relacionado a sua estratégia de forrageamento, como defesa passiva pelo porte de espinhos em algumas espécies, em outras o achatamento generalizado do corpo lhes permitindo camuflar no substrato (simulando casca de árvore), cutícula que serve de receptáculo para filamento de algas em algumas espécies, permitindo adotar a cor do substrato e tanatose quando ameaçadas (ANDRADE & BARONI-URBANI, 1999). Estes indivíduos são considerados onívoros, alimentando-se de iscas atrativas (açúcares e proteínas), carcaças, nectários florais e extraflorais e também fezes úmidas de pássaros (HOLLDOBLER & WILSON, 1990; ANDRADE & BARONI-URBANI, 1999). Outro comportamento predatório observado foi da formiga *Cyphomyrmex* cf. *peltatus*, indivíduos pertencentes a este gênero são espécies agressivas que compete com outras formigas pela dominância da fonte alimentar (SILVESTRE, 2000). Estes indivíduos são onívoros e suas operárias forrageam em serrapilheira em busca de carcaças de pequenos insetos e excremento de lagartas para utilizar como substrato para cultivo de fungos (KEMPF, 1965; MUELLER et al., 2001).

Milípede (Polydesmida: Paradoxosomatidae) consumiu ovos se lentamente e os quebrou facilmente com suas mandíbulas rígidas. Estes indivíduos são conhecidos por possuir hábito alimentar detritívoros de movimentos lentos, podendo se alimentar de restos de matéria orgânica e carcaças de animais mortos (HOFFMAN et al., 1996). SANTOS-NETO (2017) também observou milípede (Polydesmida: Paradoxosomatidae) predando ovos de *Pomacea*, no entanto, o autor não acompanhou comportamento destes indivíduos consumindo os ovos, impossibilitando comparação.

Bulimulus tenuissimus se locomoveu sobre a massa e raspava a superfície dos ovos até os quebrar e consumir. Esta espécie possui na região anterior do seu corpo, principalmente nos tentáculos células quimiorreceptoras que facilitam o comportamento exploratório tanto para reconhecimento de ambiente, quanto para a busca por alimento (CHASE et al., 1980; CHASE & TOLLOCZKO, 1985).

5 CONCLUSÃO

A partir desses resultados pode-se inferir que as populações de *Pomacea dolioides* nas áreas rurais são mais afetadas do que em áreas urbanas, fazendo com que as populações destas áreas coloquem massas de ovos em locais mais altos em relação ao nível da água. Já nas áreas urbanas, a antropização e consequente alteração do ambiente natural estão favorecendo o sucesso reprodutivo de *P. dolioides* devido a diminuição da

predação dos ovos. A predação ocorre independente da altura das massas de ovos e do sombreamento. Os principais predadores dos ovos de *P. dolioides* foram formigas do gênero *S. invicta* e *C. cf. carinata* e o comportamento dos predadores que consumiram as massas de ovos depende da cada espécie de predador envolvido. Além disso, no presente estudo pela primeira vez a ordem Pseudoscorpionida e formigas dos gêneros *Nylanderia* sp., *Strumigenys* sp., *Cyphomyrmex* cf. *peltatus*, *Pheidole* aff. *mamore* e *Cephalotes* cf. *atratus* e foram registrados como predadores de ovos de *Pomacea*.

REFERÊNCIAS

- ALBRECHT, E. A.; CARRENO, N. B.; CASTRO-VASZQUEZ, A. A quantitative study of copulation and spawning in the South American apple-snail, *Pomacea canaliculata* (Prosobranchia: Ampullariidae). **Veliger**, v. 39, p. 142-147, 1996.
- ANDRADE, M. L. DE.; BARONI-URBANI, C. Diversity and adaptation in the ant genus *Cephalotes*, past and present (Hymenoptera, Formicidae). **Stuttgarter Beitragezur Naturkunde Serie B (Geologie und Palaontologie)**, v. 271, p. 1-889, 1999.
- AZEVEDO, F. R.; MOURA, E. S.; AZEVEDO, R.; SANTOS, C. M.; NERE, D. R. Inventário da entomofauna de ecossistemas da área de proteção ambiental do Araripe com bandejas d'água amarelas. **Holos**, v. 31, n. 3, p. 121, 2015.
- BACCARO, F. B.; FEITOSA, R. M.; FERNANDEZ, F.; FERNANDES, I. O.; IZZO, T. J.; SOUZA, J. D.; SOLAR, R. Guia para os gêneros de formigas do Brasil. **Manaus: Editora INPA**, p. 388, 2015.
- 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.

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.

BROWN, K. S.; FREITAS, A. V. L. Coleção biodiversidade do estado de São Paulo. **Invertebrados terrestres: ordem Lepidoptera. São Paulo: Biota FAPESP**, 2009.

BURKS, R. L.; KYLE, C. H.; TRAWICK, M. K. Pink eggs and snails: field oviposition patterns of an invasive snail, *Pomacea insularum*, indicate a preference for an invasive macrophyte. **Hydrobiologia**, v. 646, n. 1, p. 243-251, 2010.

CADIerno, M.P.; DREON, M.S.; HERAS, H. Apple snail perivitellin precursor properties help explain predators' feeding behavior. **Physiological and Biochemical Zoology**, v. 90, n. 4, p. 461-470, 2017.

CHASE, R.; CROLL, R. P.; ZEICHNER, L. L. Agregation in snails *Achatina fulica*. **Behavioral and Neural Biology**, v. 30, p. 218-230, 1980.

CHASE, R.; TOLLOCZKO, B. Secretory glands of the snail tentacle and their relation to the olfactory organ (Mollusca, Gastropoda). **Zoomorphology**, v. 105, p. 60-67, 1985.

DÁTTILO, W.; SIBINEL, N.; FALCÃO, J. C. F.; NUNES, R. V. Mirmecofauna em um fragmento de floresta atlântica urbana no município de Marília, SP, Brasil. **Jornal Biosciência**, vol. 27, p. 494-504, 2011.

DENNO, R. F.; LEWIS, D. Predator-prey interactions. In: LEVIN, S. A. (Ed.). **The princeton guide to ecology**. Princeton University Press, New Jersey, 2009, pp. 202-212.

DREON, M. S.; ITUARTE, S.; HERAS, H. The role of the proteinase inhibitor ovorubin in apple snail eggs resembles plant embryo defense against predation. **PLoS One**, v. 5, n. 12, p. e15059, 2010.

DREON, M. S.; FRASSA, M. V.; CEOLÍN, M.; ITUARTE, S.; QIU, J. W.; SUN, J.; FERNÁNDEZ, P. E.; HERAS, H. Novel animal defenses against predation: a snail egg neurotoxin combining lectin and pore-forming chains that resembles plant defense and bacteria attack toxins. **PLoS One**, v. 8, n. 5, p. e63782, 2013.

EDMUNDS, M. **Defence in animals: a survey of anti-predator defences**. Longman Publishing Group, 1974.

GEFFENEY, S.; BRODIE, E. D.; RUBEN, P. C. Mechanisms of adaptation in a predator-prey arms race: TTX-resistant sodium channels. **Science**, v. 297, n. 5585, p. 1336-1339, 2002.

GIGLIO, M. L.; ITUARTE, S.; PASQUEVICH, M. Y.; HERAS, H. The eggs of the apple snail *Pomacea maculata* are defended by indigestible polysaccharides and toxic proteins. **Canadian Journal of Zoology**, v. 94, n. 11, p. 777-785, 2016.

GRISOLIA, B. B. **Efeitos indiretos das aranhas *Peuceitia* spp. (Oxyopidae) e *Misumenops argenteus* (Thomisidae) no sucesso reprodutivo de *Trichogoniopsis adenantha* (DC) (Asteraceae) e no comportamento das guildas associadas à planta**. 2014, 95f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas - Zoologia) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro.

GUIMARÃES, C. T. Algumas observações de campo sobre biologia e ecologia de *Pomacea haustrum* (Reeve, 1856) (Mollusca, Pilidae). **Memorias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 76, n. 4, p. 343-351, 1981.

HERAS, H.; DREON, M. S.; ITUARTE, S.; POLLERO, R. J. Egg carotenoproteins in neotropical Ampullariidae (Gastropoda: Arquitaenioglossa). **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, v. 146, n. 1-2, p. 158-167, 2007.

HOFFMAN, R. L.; GOLOVATCH, S. I.; ADIS, J.; MORAIS, J. W. Practical keys to the orders and families of millipedes of the Neotropical region (Myriapoda: Diplopoda). **Amazoniana**, v. 14, n. 1/2, p. 1-35, 1996.

HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E. O. **The ants**. The Belknap Press of Harvard University Press, Mass. 1990, 732 pp.

HORN, K. C.; JOHNSON, S. D.; BOLES, K. M.; MOORE, A.; SIEMANN, E.; GABLER, C. A. Factors affecting hatching success of golden apple snail eggs: effects of water immersion and cannibalism. **Wetlands**, v. 28, n. 2, p. 544-549, 2008.

KEMPF, W. W. A revision of the neotropical fungus-growing ants of the genus *Cyphomyrmex* Mayr. Part II: Group of *rimosus* (Spinola) (Hym. Formicidae). **Studia Entomologica**, v. 8, p. 161-200, 1965.

KUSHLAN, J. A. Predation on apple snail eggs (*Pomacea*). **Nautilus**, v. 92, n. 1, p. 57-58, 1978.

LATTKE, J. E. Biogeografía de las hormigas neotropicales. In: FERNÁNDEZ, F (Ed.). **Introducción a las hormigas de la región neotropical**. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia, 2003. p. 65-85.

LIMA, S. L. Nonlethal effects in the ecology of predator-prey interactions. **Bioscience**, v. 48, n. 1, p. 25-34, 1998.

LIND, J. W.; CRESSWELL, W. Determining the fitness consequences of antipredation behavior. **Behavioral Ecology**, v. 16, n. 5, p. 945-956, 2005.

LONGINO, J. T. The *Crematogaster* (Hymenoptera, Formicidae, Myrmicinae) of Costa Rica. **Zootaxa**, v. 151, n. 1, p. 1-150, 2003.

LUTINSKI, J. A.; CORTÊS LOPES, B.; BARROS DE MORAIS, A. B. Diversidade de formigas urbanas (Hymenoptera: Formicidae) de dez cidades do Sul do Brasil. **Biota Neotropica**, v. 13, n. 3, 2013.

MAESTRI, R.; LEITE, M. A. D. S.; SCHMITT, L. Z.; RESTELLO, R. M. Efeito de mata nativa e bosque de eucalipto sobre a riqueza de artrópodos na serrapilheira. **Erechim: Perspectiva**, v. 37, p. 31-40, 2013.

MARINHO, C. G.; ZANETTI, R. O. N. A. L. D.; DELABIE, J. H.; SCHLINDWEIN, M. N.; RAMOS, L. D. S. Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) da serapilheira em eucaliptais (Myrtaceae) e área de cerrado de Minas Gerais. **Neotropical Entomology**, v. 31, n. 2, p. 187-195, 2002.

MEDINA, C.; LAPOINTE, S.; CHACON, P. Fauna de hormigas asociadas com forrages tropicales y su implicación com depredadoras de huevos y ninfas del salivazo de os pastos, *Aeneolamia* ssp. **Revista Colombiana de Entomologia**, v. 19, n. 4, p. 143-150, 1993.

MELO, I. B.; HATTORI, G. Y.; SANT'ANNA, B. S. Reproduction and substrate selection for oviposition of the gastropod *Pomacea dolioides* (Reeve, 1856). In: SANT'ANNA, B. S.; GATTORI, G. Y (Eds.). **Amazonian apple snails**. New York: NOVA Science Publishes, 2017. p. 89-103.

MERILAITA, S.; LYYTINEN, A.; MAPPE, J. Selection for cryptic coloration in a visually heterogeneous habitat. **Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 268, n. 1479, p. 1925-1929, 2001.

MILWARD-DE-ANDRADE, R.; CARVALHO O. S.; GUIMARAES, C. T. Alguns dados bioecológicos de *Pomacea haustum* (Reeve, 1856), predador-competidor de hospedeiros intermediários de *Schistosoma mansoni* Sambon, 1907. **Revista Saúde Publica**, v. 12, p. 78-79, 1978.

MUELLER, U. G.; SCHULTZ, T. R.; CURRIE, C. R.; ADAMS, R. M.M. MALLOCH, D. The origin of the attini ant-fungus mutualism. **The Quarterly Review of Biology**, v.76, p. 169-197, 2001.

NG, T. H.; TAN, S. K. Observations of land snails feeding on the eggs of *Pomacea canaliculata* (Lamarck, 1822) (Mollusca: Gastropoda). **Nature in Singapore**, v. 4, p. 79-83, 2011.

PACHECO, R.; SILVA, R. R.; MORINI, M. S. C.; BRANDÃO, C. R. F. A comparison of the leaf-litter ant fauna in a secondary atlantic forest with an adjacent pine plantation in southeastern Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 38, n. 1, p. 55-65, 2009.

PITTS, J. P.; McHUGH, J. V.; ROSS, K. G. Cladistic analysis of the fire ants of the *Solenopsis saevissima* species-group (Hymenoptera: Formicidae). **Zoologica Scripta**, v. 34, p. 493-505. 2005.

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.

RICHARD, F. J.; FABRE, A.; DEJEAN, A. Predatory behavior in dominant arboreal ant species: The case of *Crematogaster* sp. (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Insect Behavior**, v. 14, n. 2, p. 271-282, 2001.

ROBINSON, M. H. Defenses against visually hunting predators. **Evolutionary Biology**, v. 3, n. 22, p. 5-59, 1969.

SANTOS-NETO, C. R. Record of egg predation of the gastropods of genus *Pomacea*. In: SANT'ANNA, B. S.; GATTORI, G. Y (Eds.). **Amazonian apple snails**. New York: NOVA Science Publishers, New York, 2017, p.145-159.

SANTOS, M. B. D.; OLIVEIRA, M. C. L. M. D.; VERRASTRO, L.; TOZETTI, A. M. Playing dead to stay alive: death-feigning in *Liolaemus occipitalis* (Squamata: Liolaemidae). **Biota Neotropica**, v. 10, n. 4, p. 361-364, 2010.

SAVEANU, L.; MARTÍN, P. R. Egg cannibalism in *Pomacea canaliculata* (Caenogastropoda: Ampullariidae) from the southern Pampas: an alternative trophic strategy?. **Malacologia**, v. 57, n. 2, p. 341-351, 2014.

SCHNORBACH, H. J. The golden apple snail (*Pomacea canaliculata* Lamarck), an increasingly important pest in rice, and methods of control with Bayluscid. **Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer**, v. 48, p. 313-346. 1995.

SILVESTRE, R. **Estrutura de comunidades de formigas do cerrado**. 2000, 216f. Tese (Doutorado em Ciências - Entomologia), Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto.

SIMONE, L. R. L. **Land and freshwater molluscs of Brazil**. Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, 2006, 309 p.

SNYDER, N. F. R.; SNYDER, H. A. Defenses of the Florida apple snail *Pomacea paludosa*. **Behaviour**, v. 40, n. 3, p. 175-214, 1971.

STEVENS, A. J.; STEVENS, N. M.; DARBY, P. C.; PERCIVAL, H. F. Observations of fire ants (*Solenopsis invicta* Buren) attacking apple snails (*Pomacea paludosa* Say) exposed during dry down conditions. **Journal of Molluscan Studies**, v. 65, n. 4, p. 507-510, 1999.

TANAKA, M. O.; SOUZA, A. L.; MÓDENA, É. S. Habitat structure effects on size selection of snail kites (*Rostrhamus sociabilis*) and limpkins (*Aramus guarauna*) when feeding on apple snails (*Pomacea* spp.). **Acta Oecologica**, v. 30, n. 1, p. 88-96, 2006.

VIEIRA, L. M.; MENDEL, S. M. Riqueza de artrópodes relacionada à complexidade estrutural da vegetação: uma comparação entre métodos. In: VENTICINQUE, E.; HOPKINS, M. (Eds.). **Ecologia de campo - Curso de Campo 2002**. UFMS. Campo Grande-MS, 2002.

YUSA, Y. Predation on eggs of the apple snail *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae) by the fire ant *Solenopsis geminata*. **Journal of Molluscan Studies**, v. 67, n. 3, p. 275-279, 2001.

WERNER, E. E.; PEACOR, S. D. A review of trait-mediated indirect interactions in ecological communities. **Ecology**, v. 84, n. 5, p. 1083-1100, 2003.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. 4^aed. New Jersey, Prentice-Hall, Inc, 1999, 663p +212App.