

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

Cultivo do Gastrópode *Pomacea amazonica* (Reeve, 1856)

AMILCAR NOGUEIRA PIRES JÚNIOR

ITACOATIARA – AM

2016

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

AMILCAR NOGUEIRA PIRES JÚNIOR

Cultivo do Gastrópode *Pomacea amazonica* (Reeve, 1856)

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

Orientador: Prof. Dr. Bruno Sampaio Sant'Anna

ITACOATIARA – AM

2016

Ficha Catalográfica

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

P667c Pires Junior, Amilcar Nogueira
Cultivo do Gastrópode Pomacea amazonica (Reeve, 1856) / Amilcar
Nogueira Pires Junior. 2016
59 f.: il.; 31 cm.

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

1. Alimentação. 2. Manejo. 3. Gastrópode. 4. Água Doce. I.
Sant'Anna, Bruno Sampaio II. Universidade Federal do Amazonas III.
Título





Poder Executivo
Ministério da Educação
Universidade Federal do Amazonas
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia
para Recursos Amazônicos - PPGCTRA




ATA DE DEFESA

Aos vinte e cinco dias do mês de julho do ano de 2016, às dezesseis horas no auditório do Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia, realizou-se a Defesa de dissertação, intitulada "Cultivo do Gastrópode *Pomacea amazonica* (Reeve, 1856)", de autoria do Candidato AMILCAR NOGUEIRA PIRES JÚNIOR, aluno do curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos. A Comissão Examinadora esteve constituída pelos professores: Dr. BRUNO SAMPAIO SANT'ANNA da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Dr. ÉRICO LUÍS HOSHIBA TAKAHASHI da Universidade Federal do Amazonas (UFAM) e Dr. GERALDO JOSÉ NASCIMENTO DE VASCONCELOS da Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Concluídos os trabalhos de apresentação e arguição, o candidato foi Aprovado pela Comissão Examinadora.


Dr. Bruno Sampaio Sant'anna
Orientador


Dr. Érico Luís Hoshiba Takahashi
Membro da Banca Examinadora


Dr. Geraldo José Nascimento De Vasconcelos
Membro da Banca Examinadora

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus por ter me dado forças, discernimento e saúde para dar mais um passo importante em minha vida, pois, sem ele nada disso poderia ter se concretizado.

Ao meu CHEIROSÃO Matheus Henrique, minha maior fonte de inspiração e força para todos os momentos.

Aos meus pais Amilcar Nogueira Pires e Rosana Glória Figueiredo Pires que sempre me incentivaram a estudar e não mediram esforços para que isso acontecesse.

Aos meus irmãos Anderson Figueiredo Pires e Edson Ferreira de Figueiredo Neto que sempre me ajudaram quando precisei.

Ao Professor Dr. Bruno Sampaio Sant'Anna que aceitou me orientar, mesmo com todas as dificuldades depositou sua confiança em mim.

Ao Professor Dr. Gustavo Yomar Hattori pelas dicas e sermões que me ajudaram a melhorar como pessoa.

A minha namorada Thayanne Saraiva que foi companheira nessa reta final sempre me apoiando.

A todos os outros professores que passaram nessa etapa da minha vida acadêmica, que foram de suma importância na troca de conhecimentos.

A todos os colegas do laboratório que sempre me ajudaram, na hora de estudar, nos momentos de brincadeiras, na hora de chamar atenção, em todos esses momentos que passamos juntos, a todos vocês que fizeram parte de uma fase especial em minha vida.

A Universidade Federal do Amazonas – UFAM, por disponibilizar condições de ensino e excelentes professores para a formação acadêmica.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo auxílio concedido na forma de bolsa durante meus estudos.

Ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) pela licença de coleta concedida para execução dos experimentos.

A TODOS VOCÊS AGRADEÇO DE CORAÇÃO, MUITO OBRIGADO!!!

Vencer sem riscos é triunfar sem glória
Pierre Corneille

RESUMO

O cultivo de gastrópodes está presente em diversas regiões do mundo. A família Ampullariidae possui os maiores caramujos de água doce, servem como alimento, animais de estimação e geram rendas através de atividades econômicas. Este estudo determinou o crescimento, ganho de peso e sobrevivência de juvenis de *Pomacea amazonica* (Reeve, 1856) com diferentes dietas, frequências de alimentação e densidades de estocagem. Os gastrópodes adultos foram coletados entre os meses de março e junho de 2015, na cidade de Itacoatiara, AM, Brasil. Após a eclosão os juvenis foram distribuídos em tanques contendo 4 L de água e sistema de aeração. No experimento com diferentes dietas, os juvenis foram alimentados com quatro tipos: ração de peixe com 34% de proteína bruta, carne de peixes *Prochilodus brevis* Steindachner, 1875, macrófita *Pistia stratiotes* L. e grama *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch, com 10% do peso da biomassa fornecidas por dia. No experimento de frequência alimentar, os juvenis foram alimentados com ração de peixe citada acima o equivalente a 10% de biomassa/dia, dividida em uma, duas, três e quatro vezes ao longo do dia. Para ambos experimentos foram feitas triplicatas dos tratamentos e biometrias a cada 10 dias aferindo tamanho e peso dos juvenis. No experimento de densidade foram feitas triplicatas para cada tratamento e biometrias a cada 15 dias. Os juvenis foram alimentados conforme o experimento anterior e distribuídos em três densidades: 1) 2,5 animais/L; 2) 5 animais/L e 10 animais/L. A dieta que se destacou foi a base de ração para peixe sendo mais eficiente para todos os parâmetros para a cultura dos juvenis *P. amazonica* com ganhos significativamente maiores para o crescimento ($F=945,0751$; $GL=3$; $P<0,0001$), ganho de peso ($H=101,1429$; $GL=3$; $P<0,0001$), ganho de biomassa ($H=107,206$; $GL=3$; $P<0,0001$), taxa de crescimento específico ($F=954,7999$; $GL=3$; $P<0,0001$), ganho de peso absoluto ($H=101,1429$; $GL=3$; $P<0,0001$) e ganho de peso em porcentagem ($H=101,1429$; $GL=3$; $P<0,0001$), quando comparado com outros tratamentos após quarenta dias de experimento. Os juvenis de *P. amazonica* submetidos as frequências alimentares diferiram significativamente quanto ao comprimento da concha ($F=267,6275$; $GL=3$; $P<0,0001$). Os gastrópodes alimentados três e quatro vezes por dia obtiveram ganhos significativos para ganho de peso ($H=98,3327$, $GL=3$; $P<0,0001$), ganho de biomassa ($H=99,71289$; $GL=3$; $P<0,0001$), taxa de crescimento específico ($F=272,704$; $GL=3$; $P<0,0001$), ganho de peso absoluto ($H=98,3327$; $GL=3$; $P<0,0001$) e ganho de peso em porcentagem ($H=98,3327$; $GL=3$; $P<0,0001$) quando comparados com os que foram alimentados uma e duas vezes por dia. A densidade que destacou foi a de 2,5 animais/L sendo mais eficaz para os parâmetros de crescimento ($F= 219,9366$; $GL=2$; $P<0,0001$), ganho de peso ($H= 67,6807$; $GL=2$; $P<0,0001$), taxa de crescimento específico ($F= 179,8956$; $GL=2$; $P<0,0001$), ganho de peso absoluto ($H= 67,6807$; $GL=2$; $P<0,0001$) e ganho de peso em porcentagem ($H= 67,6807$; $GL=2$; $P<0,0001$), quando comparado com os outros tratamentos após 225 dias de experimento. Assim para futuros cultivos da espécie deve-se usar ração para peixe, alimentados pelo menos três vezes por dia e densidades de 2,5 animais/L para obter maiores ganhos no cultivo.

Palavras-chave: Alimentação, Manejo, Gastrópode, Água Doce.

Abstract

The gastropods cultivation is present in several regions of the world. The Ampullariidae family has the largest freshwater snails serve as food, pets and generate income through economic activities. This study determined the growth, weight gain and survival of juvenile *Pomacea amazonica* (Reeve, 1856) with different diets, and feeding frequencies storage densities. Adults gastropods were collected between March and June 2015 in the town of Itacoatiara, AM, Brazil. After hatching, the juveniles were distributed into tanks containing 4 L of water and aeration system. In the experiment with different diets, the juveniles were fed four types: Fish food with 34% crude protein, fish meat *Prochilodus brevis* Steindachner, 1875, macrophyte *Pistia stratiotes* L. and grass *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch with 10% of the weight of biomass per day provided. In the experiment food frequency, juveniles were fed with Fish food mentioned above to the equivalent of 10% of biomass/day, divided into one, two, three and four times throughout the day. For both experiments were made triplicate treatments and biometrics every 10 days gaging the size and weight of juveniles. In the density experiment triplicates were performed for each treatment and collected every 15 days. Juveniles were fed as the previous experiment and distributed in three densities: 1) 2.5 animals/L; 2) 5 animals/L and 10 animals/L. The diet that stood out was the basis of feed for fish being more efficient for all parameters for the culture of juvenile *P. amazonica* with significantly higher earnings to growth ($F=945.0751$; $DF=3$; $P<0.0001$), weight gain ($H=101.1429$; $DF=3$; $P<0.0001$), biomass gain ($H=107.206$; $DF=3$; $P<0.0001$), specific growth rate ($F=954.7999$; $DF=3$; $P<0.0001$), total weight gain ($H=101.1429$; $DF=3$; $P<0.0001$) and weight gain in percentage ($H=101.1429$; $DF=3$; $P<0.0001$) compared to other treatments after forty days of experiment. juvenile *P. amazonica* subjected the food frequencies significantly the length of the shell ($F=267.6275$; $DF=3$; $P<0.0001$). Gastropods fed three four times a day achieved significant gains for weight gain ($H=98.3327$; $DF=3$; $P<0.0001$), biomass gain ($H=99.71289$; $DF=3$; $P<0.0001$), specific growth rate ($F=272.704$; $DF=3$; $P<0.0001$), total weight gain ($H=98.3327$; $DF=3$; $P<0.0001$) and weight gain percentage ($H=98.3327$; $DF=3$; $P<0.0001$) when compared with those fed once or twice per day. The density that stood out was 2.5 animals/L being most effective for the growth parameters ($F=219.9366$; $DF=2$; $P<0.0001$), weight gain ($H=67.6807$; $DF=2$; $P<0.0001$), specific growth rate ($F=179.8956$; $DF=2$; $P<0.0001$), total weight gain ($H=67.6807$; $DF=2$; $P<0.0001$) and weight gain in percentage ($H=67.6807$; $DF=2$; $P<0.0001$) compared to other treatments after 225 days of the experiment. Thus for future crops species must use feed for fish food at least three times a day and animals densities of 2.5/L for higher gains in cultivation.

Keywords: Food, Management, Gastropod, Freshwater.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

- Figure 1** Relationship between the shell length (mm) and the culture time (days) of *P. amazonica* juveniles subjected to four different diets. 24
- Figure 2** Relationship between weight gain (g) and culture time (days) for the different diets of *P. amazonica* juveniles. 25
- Figure 3** Relationship between the culture time (days) and the shell length (mm) of *P. amazonica* juveniles on different feeding frequencies (1, 2, 3 and 4) throughout the day. 27
- Figure 4** Relationship between the culture time (days) and weight gain (g) of *P. amazonica* juveniles on different feeding frequencies (1, 2, 3 and 4) throughout the day. 28

CAPÍTULO II

- Figura 1** Relação entre o tempo de cultivo (dias) e o comprimento da concha (mm) dos juvenis de *P. amazonica* sobre 3 densidades de estocagem diferentes, (T= tratamento). 50
- Figura 2** Relação entre o tempo de cultivo (dias) e o ganho de peso (g) dos juvenis de *P. amazonica* submetidos a 3 diferentes densidades de estocagem, (T= tratamento). 51

LISTA DE TABELAS

CAPITULO I

Table 1 Minimum (Min) and maximum (Max) pH, average and standard deviation for the quality parameters of the water during the 40 days of culture of <i>P. amazonica</i> with different types of diet.	20
Table 2 Feeding frequency and feeding times.	21
Table 3 Minimum (Min) and maximum (Max) pH, average and standard deviation for the quality parameters of the water during the 40 days of culture of <i>P. amazonica</i> with different feeding frequencies.	21
Table 4 Performance parameters of <i>P. amazonica</i> juveniles subjected to four treatments (diets) for 40 days. SL = shell length; BG = biomass gain; SGR = specific growth rate; AWG = absolute weight gain; PWG = percentage weight gain; SR = Survival Rate.	23
Table 5 Average values of performance of <i>P. amazonica</i> juveniles subjected to different feeding frequencies for 40 days. SL = shell length; BG = biomass gain; SGR = specific growth rate; AWG = absolute weight gain; PWG = percentage weight gain; SR = Survival Rate.....	26

CAPITULO II

Tabela 1 Mínimo, máxima, média e desvio padrão dos parâmetros de qualidade da água durante o experimento.	48
Tabela 2 Parâmetros de desempenho de juvenis de <i>P. amazonica</i> submetidos a três tratamentos (densidades) durante 225 dias. CC= comprimento da concha; GB= ganho de biomassa; TCE= taxa de crescimento específico; GPA= ganho de peso absoluto; GPP= ganho de peso em porcentagem; TS= Taxa de Sobrevivência.....	49

SUMÁRIO

CAPITULO I

EFFECT OF DIET AND FEEDING FREQUENCY ON CULTURE OF JUVENILES OF APPLE SNAIL <i>Pomacea amazonica</i>	13
Resumo	14
Abstract	15
1. Introduction	16
2. Methods	19
2.1 <i>Gastropod Collection</i>	19
2.2 <i>Diet Type Experiment</i>	19
2.3 <i>Feeding Frequency Experiment</i>	20
3. Results	23
3.1 <i>Diet Type Experiment</i>	23
3.2 <i>Feeding Frequency Experiment</i>	25
4. Discussion	29
5. Conclusion	32
Referências Bibliográficas	33

CAPITULO II

CULTIVO JUVENIL DO GASTRÓPODE <i>Pomacea amazonica</i> (REEVE, 1856): EFEITO DA DENSIDADE DE ESTOCAGEM	40
Resumo	41
Abstract	42
1. Introdução	43
2. Objetivos	46
2.1 <i>Objetivo geral</i>	46
2.2 <i>Objetivos específicos</i>	46
3. Material e Métodos	47
3.1 <i>Coleta das massas de ovos</i>	47
3.2 <i>Experimento – Avaliação da densidade de estocagem</i>	47
3.3 <i>Análises de dados</i>	48
4. Resultados	49

4.1 Experimento I.....	49
5. Discussão	52
6. Conclusão	54
Referências Bibliográficas	55

CAPITULO I

EFFECT OF DIET AND FEEDING FREQUENCY ON CULTURE OF JUVENILES OF APPLE SNAIL *Pomacea amazonica*

Resumo

Os representantes da família Ampullariidae estão entre os maiores caramujos de água doce. São apreciados na culinária em diversos países e experimentos de cultivo foram desenvolvidos com algumas espécies. O presente estudo teve por objetivo determinar o crescimento e ganho de peso do gastrópode *Pomacea amazonica* (Reeve, 1856) em sua fase juvenil com diferentes dietas e frequências alimentares. Os gastrópodes foram coletados entre os meses de março e junho 2015 na cidade de Itacoatiara, AM, Brasil. No experimento com diferentes dietas os indivíduos foram alimentados com 4 tipos de alimentos: ração para peixe com 34% proteína bruta, carne do peixe *Prochilodus brevis* Steindachner, 1875, macrófita *Pistia stratiotes* L. e capim *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch, com 10% do peso da biomassa fornecido por dia. No experimento de frequência alimentar os juvenis foram alimentados com ração a 10% da biomassa/dia dividida em uma, duas, três e quatro vezes ao longo do dia. A dieta que se destacou entre as testadas foi a ração para peixe mostrando ser mais eficiente para todos os parâmetros avaliados, para o cultivo de juvenis de *P. amazonica*, com ganhos significativamente maiores para o crescimento ($F=945,0751$; $GL=3$; $P<0,0001$), ganho de peso ($H=101,1429$; $GL=3$; $P<0,0001$), ganho de biomassa ($H=107,206$; $GL=3$; $P<0,0001$), taxa de crescimento específico ($F=954,7999$; $GL=3$; $P<0,0001$), ganho de peso absoluto ($H=101,1429$; $GL=3$; $P<0,0001$) e ganho de peso em porcentagem ($H=101,1429$; $GL=3$; $P<0,0001$), quando comparado com os outros tratamentos após os quarenta dias de experimento. Os juvenis de *P. amazonica* submetidos as frequências alimentares diferiram significativamente entre si quanto ao comprimento da concha ($F=267,6275$; $GL=3$; $P<0,0001$). Gastrópodes alimentados três a quatro vezes ao dia obtiveram maiores ganhos significativos quanto ao peso ($H=98,3327$; $GL=3$; $P<0,0001$), ganho de biomassa ($H=99,71289$; $GL=3$; $P<0,0001$), taxa de crescimento específico ($F=272,704$; $GL=3$; $P<0,0001$), ganho de peso absoluto ($H=98,3327$; $GL=3$; $P<0,0001$) e ganho de peso em porcentagem ($H=98,3327$; $GL=3$; $P<0,0001$) em relação as frequências de uma a duas vezes ao dia. Dessa forma, futuros cultivos da espécie para alimentação humana, deve-se utilizar ração para peixe com frequência alimentar de pelo menos três vezes ao dia, para melhor manejo dos gastrópodes e obtenção e maiores ganhos de tamanho e peso.

Palavra-chave: Alimentação, Água doce, Gastrópode, Manejo.

Abstract

Representatives of the Ampullariidae family are among the largest freshwater snails. They are appreciated in cooking in many countries and culture experiments have been developed with some species. This study will determine the growth and fattening of *Pomacea amazonica* gastropods (Reeve, 1856) in their juvenile stage with different diets and feeding frequencies. The gastropods were collected between the months of March 2015 and June 2015 in the town of Itacoatiara, AM, Brazil. In the experiment with different diets, individuals were fed with four types of food: fish food with 34% crude protein, *Prochilodus brevis* fish meat Steindachner, 1875, macrophyte *Pistia stratiotes* L. and grass *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch, with 10% of the weight of the biomass supplied per day. In the feeding frequency experiment, juveniles were fed a fish food of 10% of biomass/day divided into one, two, three and four times throughout the day. The diet that stood out among those that were tested was the one fish food which was the most efficient for all parameters for the culture of juvenile *P. amazonica*, with significantly higher gains for growth ($F=945.0751$; $DF=3$; $P<0.0001$), weight gain ($H=101.1429$; $DF=3$; $P<0.0001$), biomass gain ($H=107.206$; $DF=3$; $P<0.0001$), specific growth rate ($F=954.7999$; $DF=3$; $P<0.0001$), total weight gain ($H=101.1429$; $DF=3$; $P<0.0001$) and percentage weight gain ($H=101.1429$; $DF=3$; $P<0.0001$) when compared with other treatments after forty days of experiment. The *P. amazonica* juveniles submitted to feeding frequencies differed significantly on the length of their shell ($F=267.6275$; $DF=3$; $P<0.0001$). Gastropods fed three to four times a day had more significant gains for weight ($H=98.3327$; $DF=3$; $P<0.0001$), biomass gain ($H=99.71289$; $DF=3$; $P<0.0001$), specific growth rate ($F=272.704$; $DF=3$; $P<0.0001$), total weight gain ($H=98.3327$; $DF=3$; $P<0.0001$) and percentage weight gain ($H=98.3327$; $DF=3$; $P<0.0001$) compared to those that were fed one to two times a day. Thus, future culture of the species for human consumption should use fish food at a rate of at least three times a day, for the best management of the gastropods and to obtain the best gains in size and weight.

Keywords: Feeding, Freshwater, Gastropod, Management.

1. Introduction

The Animal Products Industrial and Sanitary Inspection Regulation (RIISPOA) defines *pescado* as all fish, crustaceans, mollusks, amphibians, turtles and fresh or salt water mammals used in human food. According to the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO, 2014), the world production of *pescado* from both extractive fishing and aquaculture reached 158 million tons in 2012, representing an increase of approximately 1.5% over the year before. The production of molluscs reached 15.2 million tons, more than double that of crustaceans, but their commercial value reached only half of that of crustaceans. Aquaculture has an increasing production on all continents both in new areas as well as species. This intensification and diversification of aquaculture products is intended to supply a new market demand. Brazil has improved its position in the global ranking of these aspects in recent years (FAO, 2014).

With inordinate human growth, there is a tendency to increase the demand for food in addition to the capacity of subsistence, and so the need for more food can cause social problems (Gallagher, 1986). Thus, new alternatives to exploit natural resources sustainably are being implemented, such as the culture of other species of *Pomacea* for human consumption (Souza Júnior *et al.*, 2013).

Representatives of the Ampullariidae family are known as apple snails (Rawlings *et al.*, 2007). They inhabit the banks of rivers, streams and lentic environments (Souza Júnior *et al.*, 2013), have rounded thighs and are among the largest freshwater snails. In recent years, they have received scientific attention regarding phylogeny, biogeography, environmental health and human-related diseases (Hayes *et al.*, 2015) because of their potential as an invasive species.

The species of the *Pomacea* genus are native to the tropical and sub-tropical Americas. Several of these species have been introduced in other parts of the world as an alternative food source or for ornamental crops (Naylor, 1996; Cowie, 2002; Rawlings, 2007). They have potential as an invasive species (Rawlings, 2007; Cowie *et al.*, 2009) due to the species characteristics having become successful in different environments (Kwong, Chan and Qiu, 2009) and being adapted to various environmental conditions, from low oxygen availability and feeding restrictions to low temperatures (Cowie, 2002). In addition, some studies demonstrate their importance as a food source (Bocanegra, Valverde and Perea, 1996; Alves *et al.*, 2006). In their investigations, Cirelli *et al.* (1993) found values of 13.01% crude protein in the meat of

Pomacea lineata (Spix, 1827). Its flesh has linoleic and linolenic acids, and it is estimated that 75% of the fat is from unsaturated fatty acids (Adegoke *et al.*, 2010).

The *Pomacea* genus has adaptive features that can be considered favorable for culture (Mendoza *et al.*, 2002), demonstrated in studies with juvenile *Pomacea canaliculata* (Lamarck, 1804) (Estebenet and Cazzaniga, 1992; Tanaka *et al.*, 1999; Wu *et al.*, 2011; Qiu *et al.*, 2011; Yoshida *et al.*, 2014; Seuffert and Martín, 2013), *Pomacea paludosa* (Say) (Conner *et al.*, 2008; Garr *et al.*, 2011), *Pomacea patula catemacensis* (Baker, 1922) (Ramírez *et al.*, 2005), *Pomacea lineata* (Spix, 1827) and *Pomacea bridgesii* (Reeve, 1856) (Souza Júnior *et al.*, 2013) indicating the interest in the culture of this genus.

Specifically for the *Pomacea amazonica* (Reeve, 1856), there are no studies on its large-scale production. Thus, it is crucial to know the growth and survival rate, factors that are influenced by stocking density, diet (Thomas, Goldsworthy and Benjamin, 1975; Williamson, Cameron and Carter, 1976; Perry and Arthur, 1991; Garr *et al.*, 2011) and feeding frequency (Selck *et al.*, 2006). To achieve rapid growth and high feeding efficiency in any culture, it is necessary to define the type of food and feeding frequency of the target species (Wu *et al.*, 2015). Insufficient feeding compromises growth and increases mortality, whereas increasing the frequency generally optimizes production and reduces waste with the diet (Xie *et al.*, 2011). Better understanding of the growth can benefit productivity, profitability and sustainability in aquaculture activity (Bureau *et al.*, 2000).

Gastropods exhibit diversified feeding modes, allowing them to have greater variety of food on their menu (Andrews, 1965; Aditya and Raut, 2001; Qiu and Kwong, 2009; Kwong *et al.*, 2010). Studies on the culture of gastropods show that artificial diets can maintain the growth and survival of the species (Garr *et al.*, 2011). An experimental food based on a mixture of gelatin and fish food provided sufficient nutrients for the culture of *P. patula* (Ramírez *et al.*, 2005), a species which resembles *P. amazonica*. The efficiency of a food in the aquatic environment depends on time, recognition and consumption (Costero and Meyers, 1993), because the nutrients tend to be leached, compromising the nutritional quality with the passing of time. These considerations lead us to understand that food should be provided at higher frequencies for greater efficiency of the gastropods.

In Brazil, the consumption of marine mollusks is more common, probably due to better knowledge of the species and its culture (Cirelli *et al.*, 1993). In places like Trinidad, Guyana and Brazil, the *Pomacea* spp. are part of the diet of the inhabitants (Souza Júnior *et al.*, 2013), and the consumption in Brazil is in the North, Northeast and Midwest by low-income

populations (Barboza and Romanelli, 2005). Being a widely distributed genus and adapted to the regions of Brazil (Pain, 1960), its culture can be an alternative for use as food, although it would be important to research the culture techniques used. Thus, this paper will determine the growth and fattening of *Pomacea amazonica* (Reeve, 1856) gastropods in their juvenile stage with different diets and feeding frequencies in order to generate information for large-scale culture of the species.

2. Methods

2.1 *Gastropod Collection*

For the execution of the experiments, the gastropods were collected between the months of March 2014 and June 2015, the flood period of the rivers of the Amazon region (Bittencourt and Amadio 2007) and reproduction period of the species (Albrecht, Carreño and Vazquez 1999). 40 adult gastropods were collected in 2014 and 40 in 2015 in the Jauary neighborhood, near the banks of the Amazon River (03°08'19.9''S; 58°27'32.5''W), in the city of Itacoatiara, AM, Brazil. For the collections, handheld nets were used in addition to plastic containers with water and aeration for the transport of the animals to the laboratory. In the laboratory, the gastropods were kept in a circular PVC tank with a capacity of 310 liters with a closed water recirculation system with water renewal at 180 L / h and an external biological filter.

2.2 *Diet Type Experiment*

The 40 gastropods collected were kept in the laboratory and observed daily for the presence of egg masses in the box. Two days after collection, egg masses appeared. Three egg masses from different females were collected and transported to floating surfaces, and placed under water in PVC containers (capacity of 5 L) with aeration. Hatching occurred after 13 days of embryonic development and newly hatched juveniles were measured for the total length of the shell using a digital caliper (0.01 mm) and weighed with an analytical balance (0.0001 g). After the measurements, the juveniles were transferred to plastic boxes (26 x 36 x 11 cm) with 4 L of water and an aeration system with a density of ten animals / L, to start the diet experiment.

After hatching, the gastropods were grown for 40 days being fed with 4 types of food (treatments): 1) fish food (34% crude protein), 2) fish meat *Prochilodus brevis* Steindachner, 1875, 3) leaf of the macrophyte *Pistia stratiotes* L. and 4) grass *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch. With the exception of the fish food, diets were chosen based on natural food of the *Pomacea* species previously studied by Cazzaniga (1981), Kong and Kenny (1989), Estebenet and Cazzaniga (1992) and field observations of adult individuals. For each treatment, three replicates were used, totaling 12 boxes. The juveniles in each replicate were from different females, ensuring genetic variability. The daily period of light in the laboratory was twelve hours. No gravel or substrate was used in the plastic boxes, in order to facilitate cleaning by

siphoning and observation of dead animals, since newly hatched juveniles have transparent shells. In the first ten days of the experiment, gastropods were fed *ad libitum*, and the food offered was macerated to facilitate ingestion. After this period, the diets were limited to 10% of animal biomass per day and adjusted every 10 days according to the biometric data and mortality. Daily siphoning (25% of total water) was done to remove excreta and food scraps. Replenishment of water was done from a tank with aeration towers and biological filtration.

The water temperature (° C) was measured daily with a digital thermometer and relative humidity (%) using a thermo-hygrometer. Variables related to the water in the plastic boxes were measured weekly. Dissolved oxygen content (mg / L) was measured with the use of the oximeter, the pH with a pH meter and the concentrations of nitrite and ammonia (mg / L) in colorimetric tests (Table 1). 0.3 g of calcium carbonate (CaCO₃) was added once a week to each plastic box.

Table 1 Minimum (Min) and maximum (Max) pH, average and standard deviation for the quality parameters of the water during the 40 days of culture of *P. amazonica* with different types of diet.

Diet	Water Temperature (° C)	pH		Nitrite (mg / L)	Ammonia (mg / L)	Dissolved Oxygen (mg / L)
		Min	Max			
Fish food	28.06±0.46	6.82	8.08	0.33±0.19	0.041±0.038	5.38±0.64
Fish meat	28.09±0.38	5.15	7.51	0.25±0.15	0.033±0.024	5.18±0.22
Macrophyte	28.07±0.47	7.16	7.71	0.04±0.10	0.008±0.005	5.25±0.18
Grass	27.97±0.48	5.49	7.57	0.00	0.005±0.004	5.33±0.17

2.3 Feeding Frequency Experiment

Similar to the first experiment, after oviposition the egg masses of three different females were transported and kept in floating surfaces in PVC containers (capacity of 5 L) with aeration, until the fifteenth day when the gastropods hatched. The animals were measured for total length of the shell and weighed as described in the first experiment. After the measurements, the juveniles were transferred to plastic boxes (26 x 36 x 11 cm) with 4 L of water and an aeration system, with a density of ten animals / L, to start the feeding frequency experiment.

Four treatments for the feeding frequency of *P. amazonica* juveniles were used throughout the day (Table 2). The food offered was fish food with 34% crude protein, which was considered the best answer in the first experiment. Regarding the number of replicas, light

period, experiment duration and management of the animals, these aspects were all similar to the previous experiment. The values of the water quality parameters are shown in Table 3.

Table 2 Feeding frequency and feeding times.

Treatments	Feeding time						
1	6:00	-	-	-	-	-	-
2	6:00	-	-	18:00	-	-	-
3	6:00	-	14:00	-	22:00	-	-
4	6:00	12:00	-	18:00	-	00:00	-

Table 3 Minimum (Min) and maximum (Max) pH, average and standard deviation for the quality parameters of the water during the 40 days of culture of *P. amazonica* with different feeding frequencies.

Treatments	Water Temperature (° C)	pH Min/Max		Nitrite (mg / L)	Ammonia (mg / L)	Dissolved Oxygen (mg / L)
1	28.68±0.35	6.32	7.57	0.38±0.20	0.009±0.001	5.33±0.17
2	28.62±0.31	6.97	7.65	0.33±0.19	0.007±0.002	5.31±0.16
3	28.73±0.30	7.11	7.49	0.13±0.13	0.005±0.002	5.35±0.15
4	28.68±0.38	7.12	7.48	0.13±0.13	0.005±0.002	5.36±0.13

The biomass gain was evaluated according to the following formula: $BG = (Fw \times Fn) - (Iw \times In)$ where BG = biomass gain, Fw = final weight, Fn = final number of gastropods, In = initial number of gastropods and Iw = initial weight. For the analysis of growth, the specific growth rate was calculated using the following formula: $SGR = (\text{Log } Fw - \text{Log } Iw) \times 100 / T$ where SGR = specific growth rate, Fw = final weight, Iw = initial weight and T = time elapsed. The absolute weight gain was calculated from the equation: $AWG = Fw - Iw$, where AWG = absolute weight gain, Fw = final weight and Iw = initial weight. Percentage weight gain was calculated from the equation: $PWG = (Fw - Iw) \times 100 / Iw$, where PWG = percentage weight gain, Fw = final weight and Iw = initial weight.

For each experiment, the data for shell length, weight, survival rate, biomass gain, specific growth rate, total weight gain and percent weight gain of the gastropods were subjected to the Shapiro-Wilk test for normality. In the case of normal data, one-way analysis of variance (ANOVA) was used, complemented by Tukey's test for comparison among the treatments of each experiment. For non-normal data, we used the nonparametric Kruskal-Wallis test, complemented by Dunn's test. We used the Chi-Square test for the analysis of survival data in

contingency table The size and weight gain of juveniles in relation to the culture time were investigated by analysis of covariance and the F-test. For all analyses, a significance level of $P < 0.05$ was adopted.

3. Results

3.1 Diet Type Experiment

Treatment 1 had significantly higher gains for growth ($F=945.0751$; $DF=3$; $P<0.0001$), weight gain ($H=101.1429$; $DF=3$; $P<0.0001$), biomass gain ($H=107.206$; $DF=3$; $P<0.0001$), specific growth rate ($F=954.7999$; $DF=3$; $P<0.0001$), total weight gain ($H=101.1429$; $DF=3$; $P<0.0001$) and percentage weight gain ($H=101.1429$; $DF=3$; $P<0.0001$) when compared with the other treatments after the forty days of the experiment. Treatments 1 and 2 showed a significant difference in juvenile *P. amazonica* survival rate compared with Treatments 3 and 4 which had higher mortality ($X^2=161.08$; $DF=3$; $P<0.0001$) (Table 4).

Table 4 Performance parameters of *P. amazonica* juveniles subjected to four treatments (diets) for 40 days. SL = shell length; BG = biomass gain; SGR = specific growth rate; AWG = absolute weight gain; PWG = percentage weight gain; SR = Survival Rate.

Variables	Treatments (diets)			
	Fish food	Fish meat	Macrophyte	Grass
SL (mm)	12.80±1.43 ^a	5.51±0.42 ^b	3.29±0.56 ^c	3.02±0.35 ^c
Weight (g)	0.4736±0.1801 ^a	0.0418±0.0082 ^b	0.0104±0.0051 ^c	0.0077±0.0020 ^c
BG (g)	48.7405±18.7277 ^a	4.0002±0.8871 ^b	0.0378±0.2326 ^c	0.2773±0.0629 ^c
SGR (%/day)	5.04±0.38 ^a	2.45±0.22 ^b	0.85±0.49 ^c	0.59±0.30 ^d
AWG (g)	0.4693±0.1801 ^a	0.0375±0.0082 ^b	0.0061±0.0051 ^c	0.0034±0.0020 ^c
PWG (%)	10914.42±4187.77 ^a	872.48±191.03 ^b	141.78±117.60 ^c	79.07±47.21 ^c
SR (%)	86.67	90.83	40.83	25.83

Measurements followed by different letters in the same row are statistically different ($P<0.05$), Kruskal-Wallis test (supplemented with Dunn) and one-way analysis of variance with Tukey's test.

The comparison between the lines of the relationship between shell length and experiment time differed significantly between treatments (ANCOVA; $F=654$; $DF=3$; $P<0.0001$). In Figure 1, it can be seen that Treatment 1 had more growth of the gastropods.

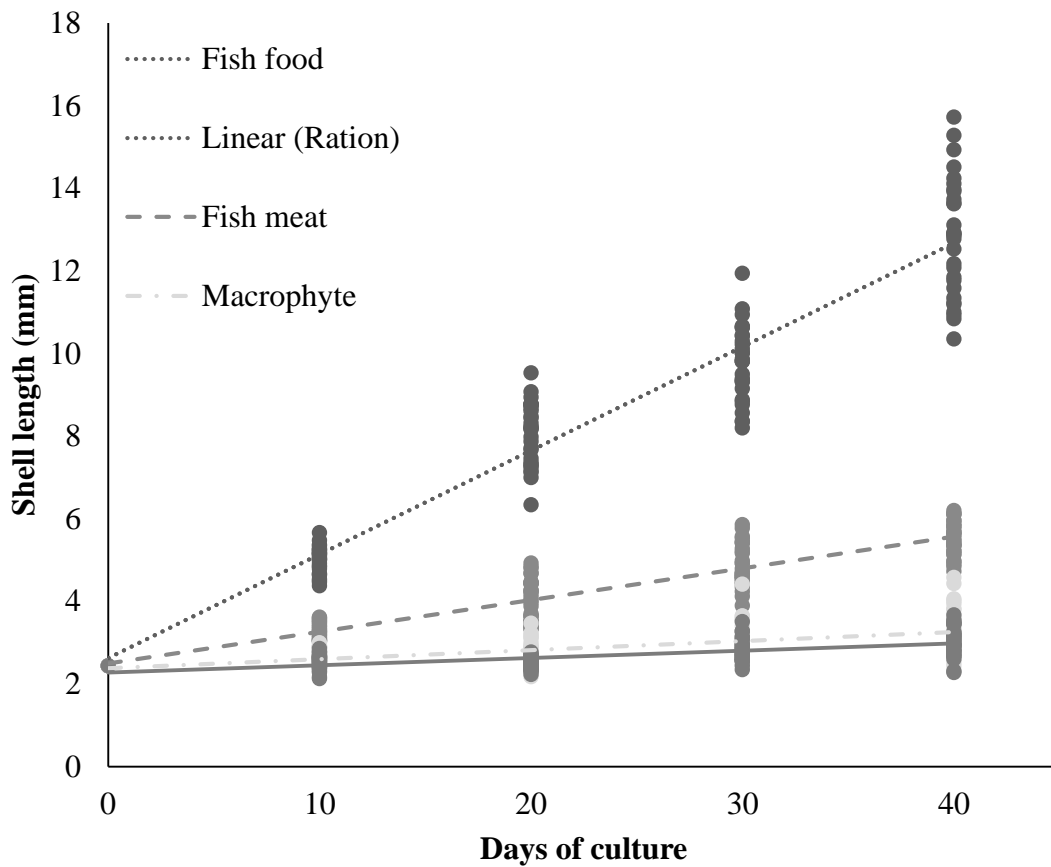


Figure 1 Relationship between the shell length (mm) and the culture time (days) of *P. amazonica* juveniles subjected to four different diets.

In Figure 2, we can observe the weight differences of the juveniles as a function of the number of days of culture. Just as for the size of the gastropods, there was a significant difference between treatments in relation to weight gain (ANCOVA; $F=157.5$; $DF=3$; $P<0.0001$) where gastropods that were fed fish food had a higher gain.

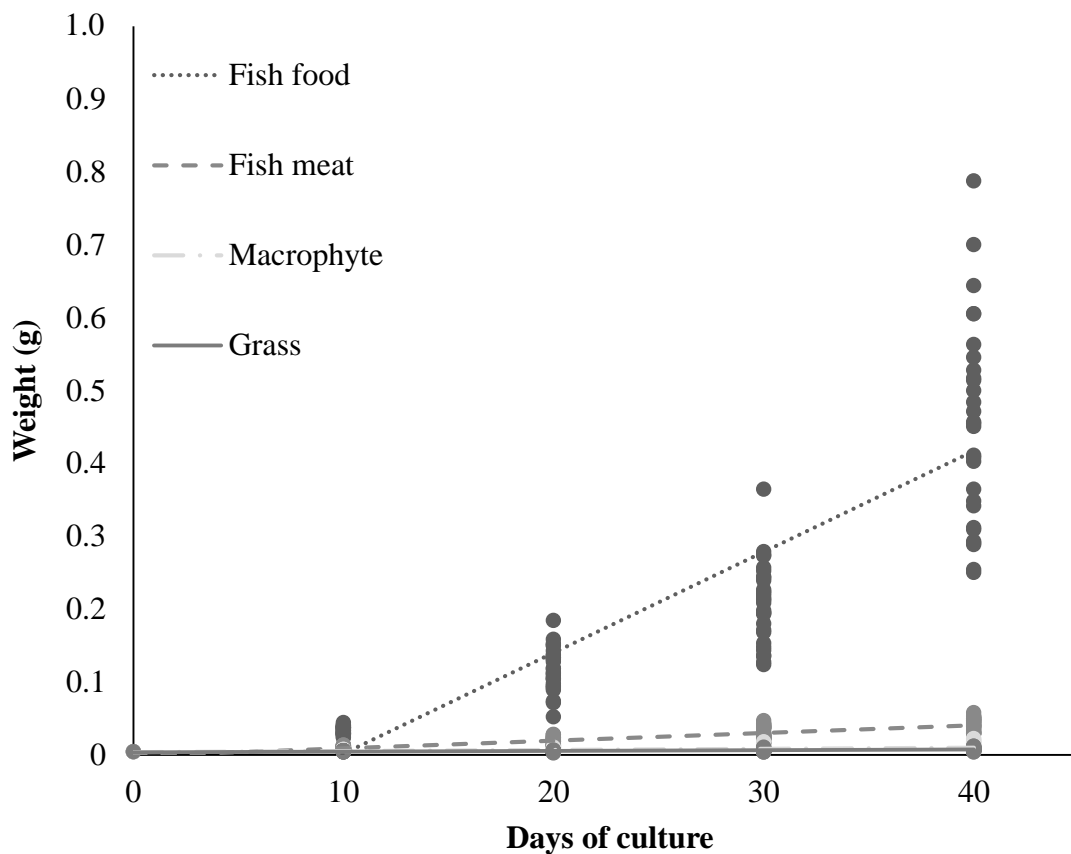


Figure 2 Relationship between weight gain (g) and culture time (days) for the different diets of *P. amazonica* juveniles.

3.2 Feeding Frequency Experiment

The recorded survival values did not differ significantly ($X^2=7.813$; $DF=3$; $P=0.05$) among the feeding frequency treatments. *P. amazonica* juveniles submitted to the feeding frequencies differed significantly on shell length ($F=267.6275$; $DF=3$; $P<0.0001$). Treatments 3 and 4 obtained significantly higher gains in weight ($H=98.3327$; $DF=3$; $P<0.0001$), biomass gain ($H=99.71289$; $DF=3$; $P<0.0001$), specific growth rate ($F=272.704$; $DF=3$; $P<0.0001$), total weight gain ($H=98.3327$; $DF=3$, $P<0.0001$) and percentage weight gain ($H=98.3327$; $DF=3$, $P<0.0001$) when compared with Treatments 1 and 2 (Table 5).

Table 5 Average values of performance of *P. amazonica* juveniles subjected to different feeding frequencies for 40 days. SL = shell length; BG = biomass gain; SGR = specific growth rate; AWG = absolute weight gain; PWG = percentage weight gain; SR = Survival Rate

Variables	Treatments (daily feeding frequency)			
	1	2	3	4
SL (mm)	6.79±0.49 ^a	7.82±0.65 ^b	10.28±0.66 ^c	10.71±0.72 ^d
Weight (g)	0.0680±0.0149 ^a	0.1035±0.0257 ^b	0.2282±0.0429 ^c	0.2688±0.0641 ^c
BG (g)	7.1873±1.7176 ^a	11.6832±3.0599 ^b	24.4606±4.7194 ^c	30.0078±7.3097 ^c
SGR (%/day)	2.74±0.23 ^a	3.19±0.26 ^b	4.06±0.19 ^c	4.23±0.25 ^c
AWG (g)	0.0627±0.0149 ^a	0.0982±0.0257 ^b	0.2229±0.0429 ^c	0.2635±0.0641 ^c
PWG (%)	1179.7±280.9 ^a	1847.2±483.6 ^b	4190.9±806.8 ^c	4955.4±1205.8 ^c
SR (%)	95.8	99.2	91.7	95.0

Measurements followed by different letters in the same row are statistically different ($P < 0.05$).

The slope of the lines of the relationship between shell length and experiment time differed significantly between treatments (ANCOVA; $F=55.71$; $DF=3$; $P < 0.0001$). In Figure 3, it can be seen that Treatment 4 had more growth of *P. amazonica* juveniles.

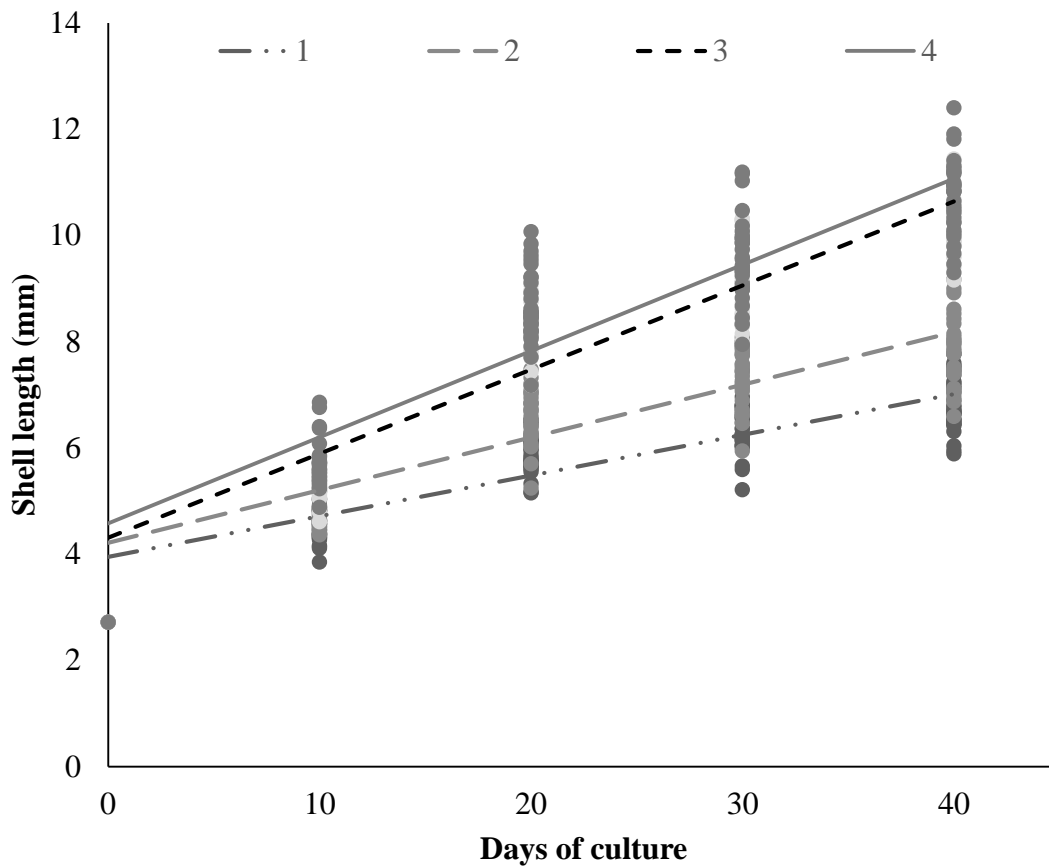


Figure 3 Relationship between the culture time (days) and the shell length (mm) of *P. amazonica* juveniles on different feeding frequencies (1, 2, 3 and 4) throughout the day.

In Figure 4, we can see the weight differences of juveniles as a function of the days of culture. Just as for the size of juveniles, there was a significant difference between feeding frequencies (ANCOVA, $F=157.5$; $DF=3$; $P<0.0001$), where juveniles fed three to four times a day had the highest weight gain.

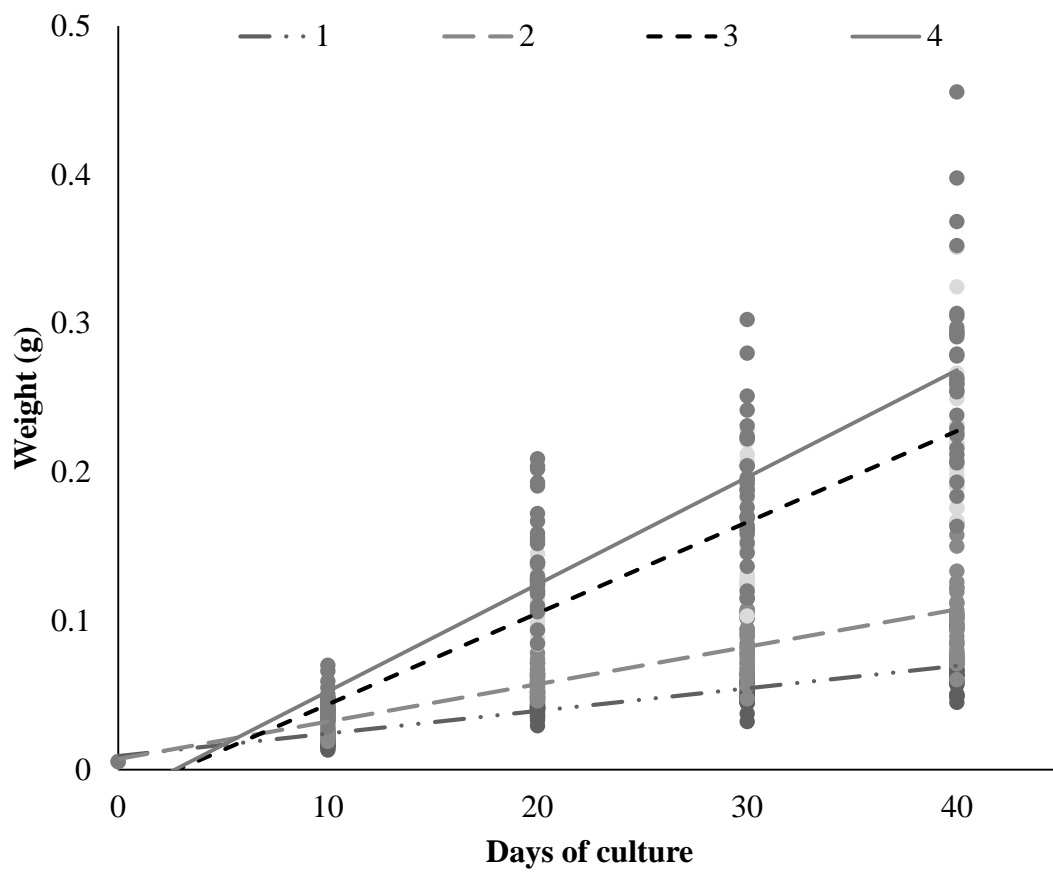


Figure 4 Relationship between the culture time (days) and weight gain (g) of *P. amazonica* juveniles on different feeding frequencies (1, 2, 3 and 4) throughout the day.

4. Discussion

The mollusks of the *Pomacea* genus are considered omnivorous animals, feeding on both plant and animal protein (Ramírez, Chávez and Jerónimo, 2005). Characteristics such as temperature, water quality, food availability and habitat are factors that directly influence their growth (Estebenet, 1995). In general, the values of water quality variables described in this study were within the reference values for the culture of the *Pomacea* genus (Bocanegra, Valverde and Perea, 1996, Alves *et al.*, 2006; Rodriguez and Carranza, 2007; Qiu and Kwong, 2009; Garr *et al.*, 2011; Qiu *et al.*, 2011; Posch *et al.*, 2012).

The high mortality rate taken in treatments of diets based on macrophyte and grass may be related to nutritional factors, both physical and chemical (Burlakova *et al.*, 2009; Baker *et al.*, 2010; Kwong *et al.*, 2010). The palatability and nutritional value depends on the species of macrophytes, the state of freshness or decay of leaves (Qiu *et al.*, 2011). Furthermore, mortality can also be linked to the hardening of the teeth of the radula (McShane *et al.*, 1994), where the stiffness of the plant can complicate mechanical breakdown of the particles for ingestion causing malnutrition of the individual. Moreover, the toxicity may cause changes in the taste or rejection of this type of food (Estebenet, 1995). The macrophyte and grass tested in this experiment may not directly be a part of the diet of *P. amazonica* juveniles, although adults consume these vegetables in their natural habitat (personal observation).

While there is no specific balanced diet for the species, and considering the development of *P. amazonica* juveniles observed in this study, the fish food-based diet showed the best results with respect to weight gain, growth, biomass, absolute weight and obtained a low mortality rate. Individuals in this treatment grew 50% more than those in Treatment 2 and gained more than twice the weight of those in other treatments, which corroborates the study by Coelho *et al.* (2012) which mentioned that a balanced diet is important to promote better gains during growth and sexual maturity of *P. bridgesii*. Mendoza *et al.* (2002) studied the same species and found that of the five diets tested, the mix of combinations of animal and vegetable protein showed better results than isolated proteins. Mendoza *et al.* (1999) had higher gains in growth, weight and feeding conversion using an artificial diet based on animal protein, with better development of *P. bridgesii* juveniles. However, for *P. canaliculata* (Estebenet and Cazzaniga, 1992) and *P. patula catemacensis* (Ramírez, Chávez e Jerónimo, 2005) juveniles using plant and animal protein in their diets, it was not possible to see significant differences in their development.

Treatments 1 and 2 showed better performance results for the specific growth rate, which can be justified by the different levels of protein in each treatment: 1) fish food with 34% crude protein (CP), 2) *P. brevis* fish meat 18.6% CP (Maia *et al.*, 1999), 3) *P. stratiotes* macrophyte 8.8% CP (Silva and Camargo, 2002), 4) *E. polystachya* grass 13.6% CP (Camarão *et al.*, 1998), corroborating Hofkin *et al.* (1991) that members of the Ampullariidae family prefer high-protein diets. The results of the experiment for the specific growth rates were higher than those found by Souza Júnior *et al.* (2013) for *P. bridgesii* and *P. lineata* juveniles and by Ramnarine (2003) for *Pomacea urceus* juveniles (Müller, 1774). In these studies, commercial shrimp food (35% CP) and formulated feed (30% CP) were used as food respectively. This shows that a mixed diet can provide higher proportions of nutrients, while a pure diet may be deficient in some of them (Baur, Baur, and Fröberg, 1994). Therefore, the diet based on fish food provided the greatest proportions of nutrients and influenced the better performance of *P. amazonica* juveniles. Although Treatment 2 does not show the best results in performance, it may be considered a viable alternative to culture, since the acquisition of fish industry waste is low cost and can serve as feed (Dapkevicius *et al.*, 2000). The recycling of organic waste becomes an option for replacing traditional foods, since such waste may be considered to be materials of high nutritional value (Garcia *et al.*, 2005).

In this study, feeding frequency was crucial to the development of *P. amazonica* juveniles, but increasing it did not influence juvenile mortality, corroborating the study of Pontes *et al.* (2015), which stated that for juveniles shrimp *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez-Farfante 1967), feeding frequency did not influence mortality. According to the same authors, in the treatment with only one feeding frequency, food consumption increased, but the gain of biomass and individual weight gains were smaller than that of juvenile shrimp fed three to four times a day, a fact observed in this study.

The less frequent food supply (once or twice a day) was shown to be inferior to the gains analyzed for *P. amazonica* juveniles, corroborating Biswas *et al.* (2010), who observed that low feeding frequency cannot meet the nutritional and energy requirements to maintain the development of *Lates calcarifer* fish juveniles (Bloch, 1970), showing that the growth rate is strictly dependent on food intake (Burel *et al.*, 1996).

Treatments where food was offered three to four times a day had higher performance of weight gain, absolute weight, percentage weight, size, biomass and specific growth rate corroborating Weirich *et al.* (2006), which demonstrated a direct relationship between feeding frequency and performance when given the same amounts of food during the day, for

Trachinotus carolinus fish (Linnaeus, 1766). The same frequencies mentioned above had results for weight gain that were more than twice than that of the treatments fed once or twice a day with the same amount of food, confirming Wu *et al.* (2015) and Canton *et al.* (2007), who obtained the greatest gains using the highest feeding frequencies for *Gobiocypris rarus* fish (Ye and Fu, 1983) and *Rhamdia quelen* (Quoy and Gaimard, 1824), respectively. These gains may be justified because the nutrients are better distributed to be metabolized throughout the day (Hayashi *et al.*, 2004). Increasing the feeding rate contributes to lower food waste and increased weight gain (Sousa *et al.*, 2012). Therefore they do not impair the quality of water (Phillips *et al.*, 1998), since less organic matter settles at the bottom of the tank. Thus, the use of three or four feeding frequencies in the culture of *P. amazonica* juveniles gives us results for productive performance, but increases the production cost of labor. Future studies could look to see if the cost-benefit is favorable to the culture of the species, minimizing costs in final production.

5. Conclusion

In laboratory culture conditions, *P. amazonica* juveniles had the highest gains from the diet based on commercial fish food with 34% crude protein, which is a food with favorable characteristics for culture. Regarding feeding frequency, offering food three to four times a day stood out with the largest gains in development. Therefore, for future cultures of the species, fish food with 34% protein should be used at a feeding frequency at least three times a day, for the best management of the gastropods.

Referências Bibliográficas

- ADEGOKE, A., BUKOLA, C., COMFORT, U., OLAYINKA, A. and AMOS. 2010. O. Snails as meat source: epidemiological and nutritional perspectives. *Journal of Microbiology and Antimicrobials*, 2(1): 01-05.
- ADITYA, G. and RAUT, S. 2001. Endurance exercise-induced alterations in antioxidant enzymes of old albino male rats. *Current Science*, 80(8): 921-922.
- ALBRECHT, E. A., CARREÑO, N. B., and VAZQUEZ, A. C. 1999. A quantitative study of environmental factors influencing the seasonal onset of reproductive behaviour in the South American apple-snail *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae). *Journal of Molluscan Studies*, 65(2), 241-250.
- ALVES, T., LIMA, S. F. B., FERRI, A. G., BARROS, J. C., MACHADO, J. and LIMA, P. 2006. Growth of *Pomacea lineata* and *Pomacea bridgesii* in different stock densities. *Thalassas: An international journal of marine sciences*, 22(1): 55-64.
- ANDERSEN, P. P. and PANDYA LORCH, R. 1998. Food security and sustainable use of natural resources: a 2020 vision. *Ecological economics*, 26(1): 1-10.
- ANDREWS, E. B. 1965. The functional anatomy of the gut of the prosobranch gastropod *Pomacea canaliculata* and of some other pilids. In *Proceedings of the Zoological Society of London*. Blackwell Publishing Ltd, 145(1): 19-36.
- BAKER P., ZIMMANCK F. and BAKER S. M. 2010. Feeding rates of an introduced freshwater gastropod *Pomacea insularum* on native and nonindigenous aquatic plants in Florida. *Journal of Molluscan Studies* 76: 138–143.
- BARBOZA, S. H. R. and ROMANELLI, P. F. 2008. Rendimento de carcaça e composição centesimal do músculo dos moluscos escargot (*Achatina fulica*) e aruá (*Pomacea lineata*). *Alimentos e Nutrição Araraquara*, 16(1): 77-82.
- BAUR, A., BAUR, B. and FRÖBERG, L. 1994. Herbivory on calcicolous lichens: different food preferences and growth rates in two co-existing land snails. *Oecologia*, 98(3-4): 313-319.
- BISWAS, G., THIRUNAVUKKARASU, A. R., SUNDARAY, J. K. and KAILASAM, M. 2010. Optimization of feeding frequency of Asian seabass (*Lates calcarifer*) fry reared in net cages under brackishwater environment. *Aquaculture*, 305(1), 26-31.
- BITTENCOURT, M. M., and AMADIO, S. A. 2007. Proposta para identificação rápida dos períodos hidrológicos em áreas de várzea do rio Solimões-Amazonas nas proximidades de Manaus. *Acta Amazonica*, 37(2), 303-308.
- BOCANEGRA, F. A., VALVERDE, N. N. and PEREA, E. Z. 1996. Características del desove de churo, *Pomacea maculata* en ambiente controlado. *Folia Amazónica*, 8(2), 7-11.

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

BRASIL 1997. Regulamento da Inspeção Industrial and Sanitária de Produtos de Origem Animal - RIISPOA - Decreto nº 30.691, de 29-03-52, alterado pelos Decretos nºs 1.255 de 25-06-62, 1.236 de 02-09-94, nº 1.812 de 08-02-96 e nº 2.244 de 04-06-97. 217p.

BUREAU, D. P., AZEVEDO, P. A., TAPIA-SALAZAR, M. and CUZON, G. 2000. Pattern and cost of growth and nutrient deposition in fish and shrimp: potential implications and applications. *Avances en Nutrición Acuícola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*, 19, 111-140.

BUREL, C., RUYET, P. L., GAUMET, F., LE ROUX, A., SEVERE, A. and BOEUF, G. 1996. Effects of temperature on growth and metabolism in juvenile turbot. *Journal of Fish Biology*, 49(4), 678-692.

BURLAKOVA, L. E., KARATAYEV, A. Y., PADILLA, D. K., CARTWRIGHT, L. D., and HOLLAS, D. N. 2009. Wetland restoration and invasive species: apple snail (*Pomacea insularum*) feeding on native and invasive aquatic plants. *Restoration Ecology*, 17(3): 433-440.

CAMARÃO, A.P.; MARQUES, J.R.F.; SERRÃO, E.A.S. and FERREIRA, W.A. 1998. Avaliação de pastagens nativas de várzeas do médio Amazonas. Belém, Embrapa - CPATU, 25.

CANTON, R., WEINGARTNER, M., FRACALOSSO, D. M. and ZANIBONI FILHO, E. 2007. Effect of feeding frequency on performance of jundiá juveniles. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36(4): 749-753.

CARRANZA, A. and RODRÍGUEZ, M. 2007. On the benthic molluscs of Banco Inglés (Río de la Plata, Uruguay). *Animal biodiversity and conservation*, 30(2): 161-168.

CIRELLI, K. R. N., OETTERER, M. and PORTELA, F. 1993. Caracterização nutricional, sanitária e sensória do aruá (*Pomacea lineata* (Spix, 1827)). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 13(2): 151-163.

COELHO, A. R., CALADO, G. J. and DINIS, M. T. 2012. Freshwater snail *Pomacea bridgesii* (Gastropoda: Ampullariidae), life history traits and aquaculture potential. *AAFL Bioflux*, 5(3): 168-181.

CONNER, S. L., POMORY, C. M. and DARBY, P. C. 2008. Density effects of native and exotic snails on growth in juvenile apple snails *Pomacea paludosa* (Gastropoda: Ampullariidae): a laboratory experiment. *Journal of Molluscan Studies*, 74(4), 355-362.

COSTERO, M. and MEYERS, S. P. 1993. Evaluation of chemoreception by *Penaeus vannamei* under experimental conditions. *The Progressive Fish-Culturist*, 55(3), 157-162.

COWIE, R. H., DILLON JR, R. T., ROBINSON, D. G. and SMITH, J. W. 2009. Alien non-marine snails and slugs of priority quarantine importance in the United States: A preliminary risk assessment. *American Malacological Bulletin*, 27(1/2), 113-132.

COWIE, R.H. 2002. Apple Snails (Ampullariidae) as agricultural pests: their biology, impacts and management. *Molluscs as crop pests*, ed. (by G.M.Barker), CAB-International, Wallingford, UK, 145-192.

DAPKEVICIUS, M. L. E., NOUT, M. R., ROMBOUTS, F. M., HOUBEN, J. H. and Wymenga, W. 2000. Biogenic amine formation and degradation by potential fish silage starter microorganisms. *International Journal of Food Microbiology*, 57(1), 107-114.

ESTEBENET, A. L. and CAZZANIGA, N. J. 1992. Growth and demography of *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae) under laboratory conditions. *Malacological Review*, 25(1-2): 1-12.

ESTEBENET, A. L. 1995. Food and feeding in *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae). *The Veliger* 38(4):277-283.

FAO. 2014. The state of the world fisheries and aquaculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 6-39.

GALLAGHER, C. 1986. The body versus the social body in the works of Thomas Malthus and Henry Mayhew. *Representations*, 14, 83-106.

GARCIA, A. J., ESTEBAN, M. B., MÁRQUEZ, M. C. and RAMOS, P. 2005. Biodegradable municipal solid waste: Characterization and potential use as animal feedstuffs. *Waste Management*, 25(8), 780-787.

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

HAYASHI, C., MEURER, F., BOSCOLO, W. R., LACERDA, C. H. F. and KAVATA, L. C. B. 2004. Frequência de Arraçamento para Alevinos de Lambari do Rabo-Amarelo (*Astyanax bimaculatus*) phili (*Astyanax bimaculatus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33(1): 21-26.

HAYES, K. A., *et al.*, 2015. Insights from an integrated view of the biology of apple snails (Caenogastropoda: Ampullariidae). *Malacologia*, 58(1-2): 245-302.

HOFKIN, B. V., STRYKER, G. A., KOECH, D. K. and LOKER, E. S. 1991. Consumption of *Biomphalaria glabrata* egg masses and juveniles by the ampullariid snails *Pila ovata*, *Lanistes carinatus* and *Marisa cornuarietis*. *Acta tropica*, 49(1): 37-44.

KONG, A. L. and KENNY, J. S. 1989. The reproductive biology of the ampullariid snail *Pomacea urceus* (Müller). *Journal of Molluscan Studies*, 55(1): 53-65.

- KWONG, K. L., CHAN, R. K. and QIU, J. W. 2009. The potential of the invasive snail *Pomacea canaliculata* as a predator of various life-stages of five species of freshwater snails. *Malacologia*, 51(2): 343-356.
- KWONG, K. L., DUDGEON, D., WONG, P. K. and QIU, J. W. 2010. Secondary production and diet of an invasive snail in freshwater wetlands: implications for resource utilization and competition. *Biological Invasions*, 12(5): 1153-1164.
- LI, X. F., TIAN, H. Y., ZHANG, D. D., JIANG, G. Z. and LIU, W. B. 2014. Feeding frequency affects stress, innate immunity and disease resistance of juvenile blunt snout bream *Megalobrama amblycephala*. *Fish and shellfish immunology*, 38(1): 80-87.
- LUO, L., LI, T., XING, W., XUE, M., MA, Z., JIANG, N. and LI, W. 2015. Effects of feeding rates and feeding frequency on the growth performances of juvenile hybrid sturgeon, *Acipenser schrenckii* Brandt♀ × *A. baeri* Brandt♂. *Aquaculture*, 448, 229-233.
- MAIA, E. L., OLIVEIRA, C. C. S., SANTIAGO, A. P., CUNHA, F. E., HOLANDA, F. C. A. F. and SOUSA, J. A. 1999. Composição química e classes de lipídios em peixe de água doce curimatã comum, *Prochilodus cearensis*. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 19(3): 433-437.
- MANLEY, C. B., RAKOCINSKI, C. F., LEE, P. G. and BLAYLOCK, R. B. 2015. Feeding frequency mediates aggression and cannibalism in larval hatchery-reared spotted seatrout, *Cynoscion nebulosus*. *Aquaculture*, 437, 155-160.
- MCSHANE, P. E., GORFINE, H. K. and KNUCKEY, I. A 1994. Factors influencing food selection in the abalone *Haliotis rubra* (Mollusca: Gastropoda). *Journal of experimental marine biology and ecology*, 176(1): 27-37.
- MENDOZA, R., AGUEERA, C., MONTEMAYOR, J. and RODRIGUEZ, G. 1999. Utilization of artificial diets and effect of protein/energy relationship on growth performance of the apple snail *Pomacea bridgesii* (Prosobranchia: Ampullariidae). *Veliger*, 42(1): 109-119.
- MENDOZA, R., AGUILERA, C., HERNÁNDEZ, M., MONTEMAYOR, J. and CRUZ, E. 2002. Elaboración de dietas artificiales para el cultivo del caracol manzana (*Pomacea bridgesii*). *Revista Aquatic*, (16). Disponível em: <<http://www.revistaaquatic.com/aquatic/html/art1601/caracolmanzana.htm>>. Acesso em: 19 outubro 2014.
- NAYLOR, R. 1996. Invasions in agriculture: assessing the cost of the golden apple snail in Asia. *Ambio*, 25(7): 443-448.
- PAIN, T. 1960. *Pomacea* (Ampullariidae) of the Amazon river system. *Journal of Conchology*, 24(12): 421-432.
- PERRY, R. and ARTHUR, W. 1991. Shell size and population density in large helicid land snails. *The Journal of Animal Ecology*, 60(2): 409-421.

- PHILLIPS, T. A., SUMMERFELT, R. C. and CLAYTON, R. D. 1998. Feeding frequency effects on water quality and growth of walleye fingerlings in intensive culture. *The Progressive fish-culturist*, 60(1): 1-8.
- PONTES, C. S., MARQUES, L. C., ANDREATTA, E. R., MOURA, R. S. T., and SILVA, G. G. H. 2015. Feeding frequency and growth performance of juvenile pink shrimp (*Farfantepenaeus paulensis*). *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 67(5), 1415-1420.
- POSCH, H., GARR, A. L., PIERCE, R. and DAVIS, M. 2012. The effect of stocking density on the reproductive output of hatchery-reared Florida apple snails, *Pomacea paludosa*. *Aquaculture*, 360-361, 37-40.
- QIU, J. W. and KWONG, K. L. 2009. Effects of macrophytes on feeding and life-history traits of the invasive apple snail *Pomacea canaliculata*. *Freshwater Biology*, 54(8): 1720-1730.
- QIU, J. W., CHAN, M. T., KWONG, K. L., and SUN, J. 2011. Consumption, survival and growth in the invasive freshwater snail *Pomacea canaliculata*: does food freshness matter?. *Journal of Molluscan Studies*, 77(2): 189-195.
- RAMÍREZ, R. R., CHÁVEZ, F. E. and JERÓNIMO, F.M. 2005. Growth and reproduction of *Pomacea patula catemacensis* Baker, 1922 (Gastropoda: Ampullariidae) when fed *Calothrix* sp. (Cyanobacteria). *Journal of the World Aquaculture Society*, 36(1): 87-95.
- RAMNARINE, I. W. 2003. Induction of spawning and artificial incubation of eggs in the edible snail *Pomacea urceus* (Muller). *Aquaculture*, 215(1): 163-166.
- RAWLINGS, T. A., HAYES, K. A., COWIE, R. H. and COLLINS, T. M. 2007. The identity, distribution, and impacts of non-native apple snails in the continental United States. *BMC Evolutionary Biology*, 7(1): 97 [14 pp.].
- RIBEIRO, F. F., FORSYTHE, S. and QIN, J. G. 2015. Dynamics of intracohort cannibalism and size heterogeneity in juvenile barramundi (*Lates calcarifer*) at different stocking densities and feeding frequencies. *Aquaculture*, 444, 55-61.
- RODRÍGUEZ, F. V. I. and CARRANZA, M. M. 2007. Validación del cultivo semi-intensivo de caracol Tote (*Pomacea flagellata*), en el trópico húmedo. *AquaTIC*, (27): 16-30.
- SAMPATH, K. 1984. Preliminary report on the effects of feeding frequency in *Channa striatus*. *Aquaculture*, 40(4): 301-306.
- SELCK, H., AUFDERHEIDE, J., POUNDS, N., STAPLES, C., CASPERS, N. and FORBES, V. 2006. Effects of food type, feeding frequency, and temperature on juvenile survival and growth of *Marisa cornuarietis* (Mollusca: Gastropoda). *Invertebrate biology*, 125(2), 106-116.
- SEUFFERT, M. E. and MARTÍN, P. R. 2013. Juvenile growth and survival of the apple snail *Pomacea canaliculata* (Caenogastropoda: Ampullariidae) reared at different constant temperatures. *SpringerPlus*, 2(1), 1-5.

- SILVA, G. G. H. and CAMARGO, A. F. M. 2008. Valor nutritivo de macrófitas aquáticas flutuantes (*Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta*) utilizadas no tratamento de efluentes de aquicultura. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 24(2), 519-526.
- SOUSA, R. M. R., AGOSTINHO, C. A., OLIVEIRA, F. A., ARGENTIM, D., NOVELLI, P. K. and AGOSTINHO, S. M. M. 2012. Productive performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed at different frequencies and periods with automatic dispenser. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 64(1): 192-197.
- SOUZA, J. E., BARROS, J. C., PARESQUE, K. and DE FREITAS, R. R. 2013. The effect of stocking density on the growth of apple snails native *Pomacea bridgesii* and exotic *Pomacea lineata* (Mollusca, Gastropoda). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 85(2): 753-760.
- STEVENS, B. G. 2012. Feeding rate of juvenile red king crabs, *Paralithodes camtschaticus*, in the laboratory: effects of temperature, size, molting, and feeding frequency. *Polar biology*, 35(12): 1791-1799.
- SU, X. Q., ANTONAS, K. N. and LI, D. 2004. Comparison of n-3 polyunsaturated fatty acid contents of wild and cultured Australian abalone. *International journal of food sciences and nutrition*, 55(2): 149-154.
- TAECHANURUK, S. and STICKNEY, R. R. 1982. Effects of feeding rate and feeding frequency on protein digestibility in the freshwater shrimp (*Macrobrachium rosenbergii*). *Journal of the World Mariculture Society*, 13(1-4): 63-72.
- TANAKA, K., *et al.*, 1999. Density-dependent growth and reproduction of the apple snail, *Pomacea canaliculata*: a density manipulation experiment in a paddy field. *Researches on Population Ecology*, 41(3), 253-262.
- THOMAS, J. D., GOLDSWORTHY, G. J. and BENJAMIN, M. 1975. Studies on the chemical ecology of *Biomphalaria glabrata*: The effects of chemical conditioning by the snails kept at various densities on their growth and metabolism. *Journal of Zoology*, 175(3): 421-437.
- TIAN, H. Y., ZHANG, D. D., LI, X. F., ZHANG, C. N., QIAN, Y. and LIU, W. B. 2015. Optimum feeding frequency of juvenile blunt snout bream *Megalobrama amblycephala*. *Aquaculture*, 437, 60-66.
- WEIRICH, C. R., GROAT, D. R., REIGH, R. C., CHESNEY, E. J. and MALONE, R. F. 2006. Effect of feeding strategies on production characteristics and body composition of Florida pompano reared in marine recirculating systems. *North American Journal of Aquaculture*, 68(4), 330-338.
- WILLIAMSON, P., CAMERON, R. A. D. and CARTER, M. A. 1976. Population density affecting adult shell size of snail *Cepaea nemoralis* L. *Nature* 263, 496-497.
- WU, B., LUO, S. and WANG, J. 2015. Effects of temperature and feeding frequency on ingestion and growth for rare minnow. *Physiology and behavior*, 140, 197-202.

WU, J. Y., WU, Y. T., LI, M. C., CHIU, Y. W., LIU, M. Y. and LIU, L. L. 2011. Reproduction and Juvenile Growth of the Invasive Apple Snails *Pomacea canaliculata* and *P. scalaris* (Gastropoda: Ampullariidae) in Taiwan. *Zoological Studies*, 50(1), 61-68.

XIE, F., AI, Q., MAI, K., XU, W. and MA, H. 2011. The optimal feeding frequency of large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*, Richardson) larvae. *Aquaculture*, 311, 162-167.

YOSHIDA, K., MATSUKURA, K., CAZZANIGA, N. J. and WADA, T. 2014. Tolerance to low temperature and desiccation in two invasive apple snails, *Pomacea Canaliculata* and *P. Maculata* (Caenogastropoda: Ampullariidae), collected in their original distribution area (northern and central Argentina). *Journal of Molluscan Studies*, 80(1), 62-66.

CAPITULO II

CULTIVO DO GASTRÓPODE *Pomacea amazonica* (REEVE, 1856): EFEITO DA DENSIDADE DE ESTOCAGEM

Resumo

O cultivo de moluscos é evidenciado em várias partes do mundo como atividade econômica e social para as populações que os manejam, destacam-se pela sua distribuição como fonte de alimento e animais de estimação. Este estudo determinou o crescimento, ganho de peso e sobrevivência de juvenis de *Pomacea amazonica* cultivados em diferentes densidades de estocagem. Para execução do experimento foram feitas coletas nos meses de março e junho de 2015, foram coletados 40 gastrópodes adultos no bairro Jauary (03°08'19,9''S; 58°27'32,5''W), Município de Itacoatiara, AM, Brasil. Os indivíduos adultos foram mantidos em laboratório, após a reprodução e eclosão dos juvenis de *P. amazonica* foram distribuídos nos tanques contendo 4 L de água e sistema de aeração em três densidades: 1) 2,5 animais/L; 2) 5 animais/L e 10 animais/L e foram alimentados com ração para peixe com 34% de proteína. A taxa de sobrevivência não diferiu entre os tratamentos analisados tratamento 1 e 2 (100%) e tratamento 3 (95,83%). A densidade que obteve melhores resultados para cultivo foi a de 2,5 animais/L sendo mais eficaz para os parâmetros de crescimento ($F= 219,9366$; $GL=2$; $P<0,0001$), ganho de peso ($H= 67,6807$; $GL=2$; $P<0,0001$), taxa de crescimento específico ($F= 179,8956$; $GL=2$; $P<0,0001$), ganho de peso absoluto ($H= 67,6807$; $GL=2$; $P<0,0001$) e ganho de peso em porcentagem ($H= 67,6807$; $GL=2$; $P<0,0001$), quando comparado com os outros tratamentos após 225 dias de experimento. Assim, para futuros trabalhos de cultivo com a espécie deve-se utilizar a densidade de 2,5 animais/L para melhorar o desempenho no manejo.

Palavras-chave: Molusco, Caracol, Técnicas de Manejo.

Abstract

The cultivation of molluscs is evidenced in various parts of the world as economic and social activity for the people that handle, stand out for their distribution as a food source and pets. This study determined the growth, weight gain and survival *Pomacea amazonica* juveniles reared at different stocking densities. To run the experiment were made collections in March and June 2015, 40 adults gastropods were collected Jauary neighborhood (03 ° 08'19.9 "S, 58 ° 27'32.5"W), Municipality of Itacoatiara, AM, Brazil. Adults were maintained in the laboratory after hatching and breeding *P. amazonica* juveniles were distributed into tanks containing 4 L of water and aeration system in three densities: 1) 2.5 Animals/L; 2) 5 animals/L and 10 animal/L and were fed fish food with 34% crude protein level of 10% of the biomass feeding day, as the amount adjustments were made every 15 days after the biometry. The survival rate did not differ between treatments analyzed treatment 1 and 2 (100%) and treatment 3 (95.83%). The density that stood out was 2.5 animals/L being most effective for the growth parameters ($F=219.9366$; $DF=2$; $P<0.0001$), weight gain ($H=67.6807$; $DF=2$; $P<0.0001$), specific growth rate ($F=179.8956$; $DF=2$; $P<0.0001$), total weight gain ($H=67.6807$; $DF=2$; $P<0.0001$) and weight gain in percentage ($H=67.6807$; $DF=2$; $P<0.0001$) compared to other treatments after 225 days of the experiment. Thus, for future cultivation works with species must use the animals density of 2.5/L to improve performance in handling.

Keywords: Mollusc, Snail, Management Techniques.

1. Introdução

A classe Gastropoda possui o maior número de espécies dentro do filo Mollusca, (Ponder, Winston e Lindberg, 2008), dentro do grupo a ordem Caenogastropods é a maior e mais diversificada, e bem sucedida nos habitats marinho, de água doce e terrestre (Colgan *et al.*, 2007). Os caramujos de água doce pertencem a família Ampullariidae, são distribuídos nas zonas tropicas e subtropicais da África, Ásia, América Central e América do Sul (Cowie e Hayes, 2012). Existem dez gêneros, com aproximadamente 120 espécies, os gêneros *Pila* Röding, 1798, *Lanistes* Montfort, 1810 e *Pomacea* (Perry, 1810) que tem o maior número de indivíduos (Hayes *et al.*, 2015). O gênero *Pomacea* é o maior dessas famílias (Lv *et al.*, 2013), seus representantes habitam ambientes lóticos ocorrendo nas margem de rios e lânticos sendo encontrados em lagos, pântanos e reservatórios (Horgan, Stuart e Kudavidanage, 2014).

Os moluscos são utilizados pelo homem desde os tempos antigos, comprovado por estudos arqueológicos onde eram usados como moeda, material de construção, decoração e alimento (Rodríguez, 2014). Com a estagnação da captura dos estoques pesqueiros e o aumento pela demanda de pescado, a aquicultura torna-se uma alternativa para tentar suprir os déficits existentes. O cultivo de moluscos no Brasil se desenvolveu a partir de 1990 em Santa Catarina e depois em outras regiões, na última década praticamente todos os estados litorâneos apresentam atividade de pesquisa ou produção de moluscos (Cavalli e Ferreira, 2010). O cultivo de moluscos é desenvolvido em várias partes do mundo como Japão (Itami *et al.*, 1963), Chile (Campalans e Lohrmann, 2009), Taiwan (Cheng, 1984), Polinésia Francesa (Coeroli, Gaillande e Landret, 1984), México (Cardenas, 1984), Reino Unido (Laing e Spencer, 2006), França, Espanha (Magdalena *et al.*, 2003), China (Yan, Zhang e Yang, 2006) entre outros locais como atividade econômica e social importante. Em Trinidad *Pomacea urceus* (Müller, 1774) é capturada no ambiente e vendida nos mercados locais (Kong e Kenny, 1989), no interior do Brasil ocorre o consumo de moluscos de água doce pelas populações mais carentes (Barboza e Romanele, 2005).

O gênero *Pomacea* ficou conhecido graças as invasões com sucesso em diversas partes do mundo. As invasões biológicas ganham atenção pois afetam o funcionalidade dos ecossistemas (Gewin, 2005) e causam prejuízos econômicos tanto na agricultura, saúde humana e ambiente. No Sudeste Asiático espécies invasoras causam perda anual estimada em US\$ 33,5 bilhões, onde cerca de 90 % do total desses prejuízos estão voltados para agricultura (Nghiem *et al.*, 2013). Muitas dessas introduções estão associadas ao tráfico de animais, tentativas de promover a aquicultura e controle biológico (Horgan, Stuart e Kudavidanage, 2014). O caracol *Pomacea*

canaliculata (Lamarck, 1804) foi introduzido por volta de 1980 no Sudeste Asiático com fins comerciais, tornou-se praga agrícola, destruindo principalmente campos de arroz (Cowie, 2002). Por consequência desses impactos *P. canaliculata* está presente na lista das 100 piores espécies exóticas invasoras do mundo (Lowe *et al.*, 2000).

O sucesso da distribuição das *Pomacea* em diferentes regiões do mundo deu-se graças a características adaptativas desde alimentação por ter capacidade de absorver proteína de origem vegetal e animal (Cazzaniga e Estebenet, 1984; Strong *et al.*, 2008), ter alta taxa de fecundidade e reproduzir durante boa parte do ano dependendo das condições ambientais (Burlakova *et al.*, 2010), além do crescimento acelerado (Estebenet e Martín, 2002), resistência a diferentes temperaturas da água (Seuffert e Martín, 2013), resistência a dessecação (Wada e Matsukura, 2011; Yoshida *et al.*, 2014), e possuir respiração pulmonar e branquial (Andrews, 1965; Simone 2011). Essas características tornam o gênero interessante a estudos de cultivo e futuramente para fins comerciais. Porém para que esse possível potencial de produção seja verdadeiro, ainda deve-se estabelecer pacotes tecnológicos que atendam às necessidades locais, regionais, econômicas e produtivas (Rodriguez e Carranza, 2007).

Existem vários fatores como temperatura (Seuffert, Burela e Martín, 2010), disponibilidade de alimento (Tamburi e Martín, 2016) e outros que não são tão considerados como a iluminação, variabilidade genética, densidade de estocagem, dimorfismo sexual, proporção macho e fêmea (Estebenet e Martín, 2002) que influenciam diretamente no desenvolvimento das espécies de *Pomacea*. Porém a densidade de estocagem compromete o crescimento, reprodução e sobrevivência, essa dependência negativa causada pela densidade geralmente contribui para a estabilidade de uma população (Yoshida *et al.*, 2013). Tal estabilidade foi relatada em trabalho com *Pomacea paludosa* (Say, 1829) onde a presença de indivíduos adultos ocasionam redução no desenvolvimento dos juvenis e aumento da mortalidade (Conner, Pomory e Darby, 2008), devido disputas por alimento e acasalamento (Souza Júnior *et al.*, 2013). O tamanho da *P. canaliculata* em campos de arroz foi relativamente dependente da densidade, causando reduções nas frequências de oviposição e no tamanho das massas de ovos (Tanaka *et al.*, 1999). Em estudo com *P. paludosa* seu tratamento com menor densidade obteve maior produção de ovos e maior número de juvenis por fêmea (Posch *et al.*, 2012). Em juvenis de Manila clam *Tapes philippinarum* (Adams and Reeve 1850) o aumento da densidade até 0,25 g/L causa aumento da biomassa total produzida, porém compromete a eficiência de absorção do alimento (Laing, 1991). O efeito da densidade também foi verificado com caracóis *Helix aspersa* (Müller, 1774) nas densidades mais elevadas reduz o tamanho final do adulto e aumenta as proporções de morte

(Dimitriadou *et al.*, 1998). Visto que ainda não existe pacote tecnológico voltado para a produção de *Pomacea amazonica* (Reeve, 1856) em cativeiro, pouco se sabe o quanto a densidade de estocagem influencia no desenvolvimento da espécie.

2. Objetivos

2.1 Objetivo geral

Analisar o cultivo de juvenis de *Pomacea amazonica* com diferentes densidades de estocagem.

2.2 Objetivos específicos

Determinar a densidade que potencializa o crescimento, ganho de peso e sobrevivência dos juvenis de *P. amazonica*;

3. Material e Métodos

3.1 Coleta das massas de ovos

Para a execução do experimento as coletas foram realizadas entre os meses de março e junho de 2015. Foram coletados 40 gastrópodes adultos no bairro Jauary (03°08'19,9''S; 58°27'32,5''W), Município de Itacoatiara, AM, Brasil. Para as coletas foram utilizadas peneiras de mão (puçá) e caixas plásticas com água e aeração para o transporte dos animais até o laboratório. Em laboratório os gastrópodes foram mantidos em tanque circular de PVC com capacidade para 310 L, com sistema fechado de recirculação com renovação de água 180 L/h e filtro biológico externo.

3.2 Experimento – Avaliação da densidade de estocagem

Os 40 gastrópodes coletados foram mantidos vivos em laboratório, foi feita simulação de vazante e enchente dos rios para indução da reprodução dos mesmos. Em outubro 2015, com o início do período reprodutivo foram coletadas três massas de ovos de fêmeas diferentes e transportadas para superfícies flutuantes em recipientes de PVC (capacidade para 5 L) com água e aeração. Após 18 dias de desenvolvimento embrionário os juvenis começaram a eclodir. Os juvenis foram cultivados por 20 dias em caixas plásticas (26 x 36 x 11 cm) com 4 L de água e sistema de aeração e foram alimentados “ad libitum” com ração para peixe com 34% de proteína bruta, após esse período os juvenis foram medidos quanto ao comprimento total da concha com auxílio de paquímetro digital (0,01 mm) e pesados com balança analítica (0,0001 g). Em seguida foram transferidos para caixas plásticas iguais a citada acima e alimentados com 10% da biomassa por dia, sendo a quantidade ajustada a cada 15 dias de acordo com os dados de biometria e mortalidade. Diariamente 25% do total de água das caixas foi sifonada para retirada das excretas e restos de alimento, o reabastecimento da água foi feito a partir de um reservatório com torres de aeração e filtração biológica.

O experimento teve duração de 225 dias. Foram testados três tratamentos de densidades de estocagem: T1) 2,5 animais/L, T2) 5 animais/L e T3) 10 animais/L. Para cada tratamento foram feitas triplicatas, totalizando 9 caixas, sendo que para cada réplica dos tratamentos os juvenis eram oriundos de fêmeas diferentes. O período diário de luz foi de 12 horas.

Foi aferida diariamente a temperatura da água (° C) com termômetro digital, temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) com auxílio de termohigrômetro e semanalmente as variáveis da água como oxigênio dissolvido (mg/L) medido com oxímetro, pH com peagâmetro, Nitrito e Amônia (mg/L) com testes colorimétricos, mensurados a partir de amostras retiradas dos

tratamentos (Tabela 1). Para manter os níveis de cálcio na água foi adicionado 0,3 g carbonato de cálcio (CaCO₃) duas vezes por semana em cada réplica.

Tabela 1 - Média e desvio padrão dos parâmetros de temperatura, nitrito, nitrato e oxigênio dissolvido, mínimo e máxima do pH durante o experimento.

Tratamentos	Temperatura da água (°C)	pH Mínimo/Máximo		Nitrito (mg/L)	Amônia (mg/L)	Oxigênio dissolvido (mg/L)
T1	28,06±0,37	7,13	7,73	0,04±0,10	0,006±0,002	5,26±0,17
T2	28,09±0,32	6,93	7,66	0,08±0,12	0,007±0,001	5,31±0,21
T3	28,07±0,36	6,87	7,59	0,21±0,10	0,009±0,001	5,28±0,18

3.3 Análises de dados

O ganho de biomassa foi avaliado segundo a fórmula: $GB = (Pf \times Nf) - (Pi \times Ni)$, onde GB = ganho de biomassa, Pf = peso final, Nf = número de gastrópodes final, Ni = número de gastrópodes inicial, Pi = peso inicial. Para análise do crescimento foi calculada a taxa de crescimento específico seguindo a fórmula: $TCE = (\text{Log Pf} - \text{Log Pi}) \times 100 / T$, onde TCE = taxa de crescimento específico, Pf = peso final, Pi = Peso inicial e T = tempo transcorrido. O ganho de peso absoluto foi calculado a partir da equação: $GPA = Pf - Pi$, onde GPA = ganho de peso absoluto, Pf = peso final e Pi = peso inicial. O ganho de peso em porcentagem foi calculado a partir da equação: $GPP = (Pf - Pi) \times 100 / Pi$, onde GPP = ganho de peso em porcentagem, Pf = peso final e Pi = peso inicial. A taxa de sobrevivência foi avaliada seguindo a fórmula: $TS = (Nf \times 100) / Ni$, onde TS = taxa de sobrevivência, Nf = número de gastrópodes final, Ni = número de gastrópodes inicial.

Os dados de comprimento da concha, peso, ganho de biomassa, taxa de crescimento específico, ganho de peso absoluto e ganho de peso em porcentagem dos juvenis foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Quando os dados foram normais, foi empregada análise de variância de uma via, complementada com o teste de Tukey para comparação dos dados. Para dados não-normais, utilizou-se o teste de Kruskal-Wallis, complementado com o teste de Dunn para comparação entre os tratamentos. Foi utilizado o teste Qui-Quadrado para análise dos dados de sobrevivência em tabela de contingência. O tamanho e ganho de peso dos juvenis em relação ao tempo de cultivo foram investigados por análise de covariância e teste F. Para todas as análises foi adotado nível de significância de $P < 0,05$.

4. Resultados

4.1 Experimento I

O tratamento 1 com a menor densidade apresentou ganhos significativamente maiores para o crescimento ($F= 219,9366$; $GL=2$; $P<0,0001$), ganho de peso ($H= 67,6807$; $GL=2$; $P<0,0001$), taxa de crescimento específico ($F= 179,8956$; $GL=2$; $P<0,0001$), ganho de peso absoluto ($H= 67,6807$; $GL=2$; $P<0,0001$), e ganho de peso em porcentagem ($H= 67,6807$; $GL=2$; $P<0,0001$), apenas para o ganho de biomassa ($H= 47,1983$; $GL=2$; $P<0,0001$) não houve diferença significativa entre os tratamento 1 e 3 quando comparado com o tratamento 2 após 225 dias de cultivo. A taxa de sobrevivência não apresentou diferença significativa entre os tratamentos ($X^2=3,841$; $GL=2$; $P=0,1465$) (Tabela 2).

Tabela 2 Parâmetros de desempenho de *P. amazonica* submetidos a três tratamentos (densidades) durante 225 dias. CC= comprimento da concha; GB= ganho de biomassa; TCE= taxa de crescimento específico; GPA= ganho de peso absoluto; GPP= ganho de peso em porcentagem; TS= Taxa de Sobrevivência

Variáveis	Tratamentos (densidades)		
	T1 (2,5 animais/L)	T2 (5 animais/L)	T3 (10 animais/L)
CC (mm)	40,05± 2,25 ^a	30,28± 2,56 ^b	26,98± 2,70 ^c
Peso (g)	16,1025± 3,8629 ^a	7,0449± 1,7802 ^b	5,0506± 1,3917 ^c
GB (g)	480,8079 ± 115,8859 ^a	314.2420 ± 72,9433 ^b	521,5354 ± 111,2273 ^a
TCE (%/dia)	1,54±0,07 ^a	1,31±0,07 ^b	1,21±0,08 ^c
GPA (g)	16,0269 ± 3,8629 ^a	6,9693± 1,7802 ^b	4,9750± 1,3917 ^c
GPP (%)	21199,6± 5109,6 ^a	9218,7± 2354,8 ^b	6580,7± 1840,9 ^c
TS (%)	100	100	95,83

Médias seguidas por diferentes letras na mesma linha são estatisticamente diferentes ($P<0,05$), teste de Kruskal-Wallis e Análise de Variância de uma via complementados com Dunn e Tukey, TS analisada por Qui-Quadrado.

Na figura 1 pode-se observar a comparação entre as retas da relação comprimento da concha e dias de cultivo, onde o tratamento 1 diferiu significativamente entre as densidades testadas (ANCOVA; $F=68,75$; $GL=2$; $P<0,0001$) apresentando maior crescimento dos gastrópodes.

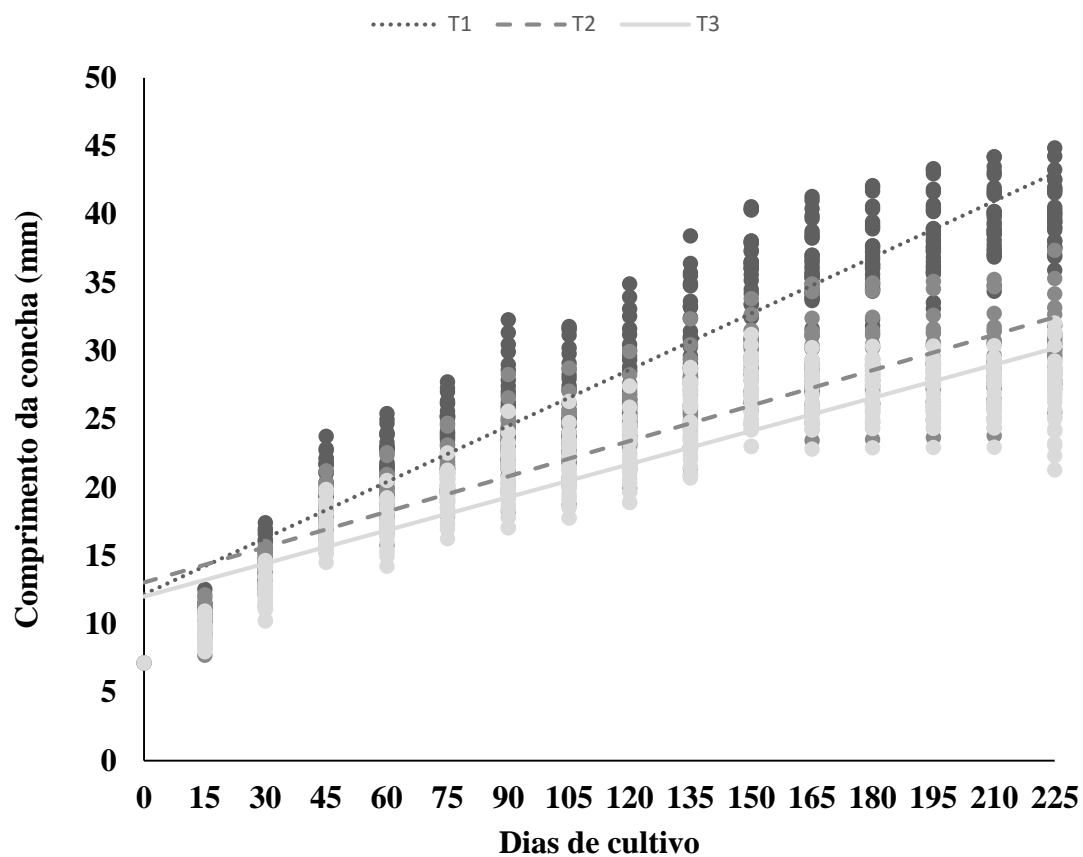


Figura 1 Relação entre o tempo de cultivo (dias) e o comprimento da concha (mm) de *P. amazonica* sobre 3 densidades de estocagem diferentes, (T= tratamento).

A inclinação das retas da relação dias de cultivo e ganho de peso diferiu significativamente entre os tratamentos (ANCOVA; $F=170,8$; $GL=2$; $P<0,0001$). Na Figura 2 pode-se notar que o tratamento 1 proporcionou maior ganho de peso entre para *P. amazonica*.

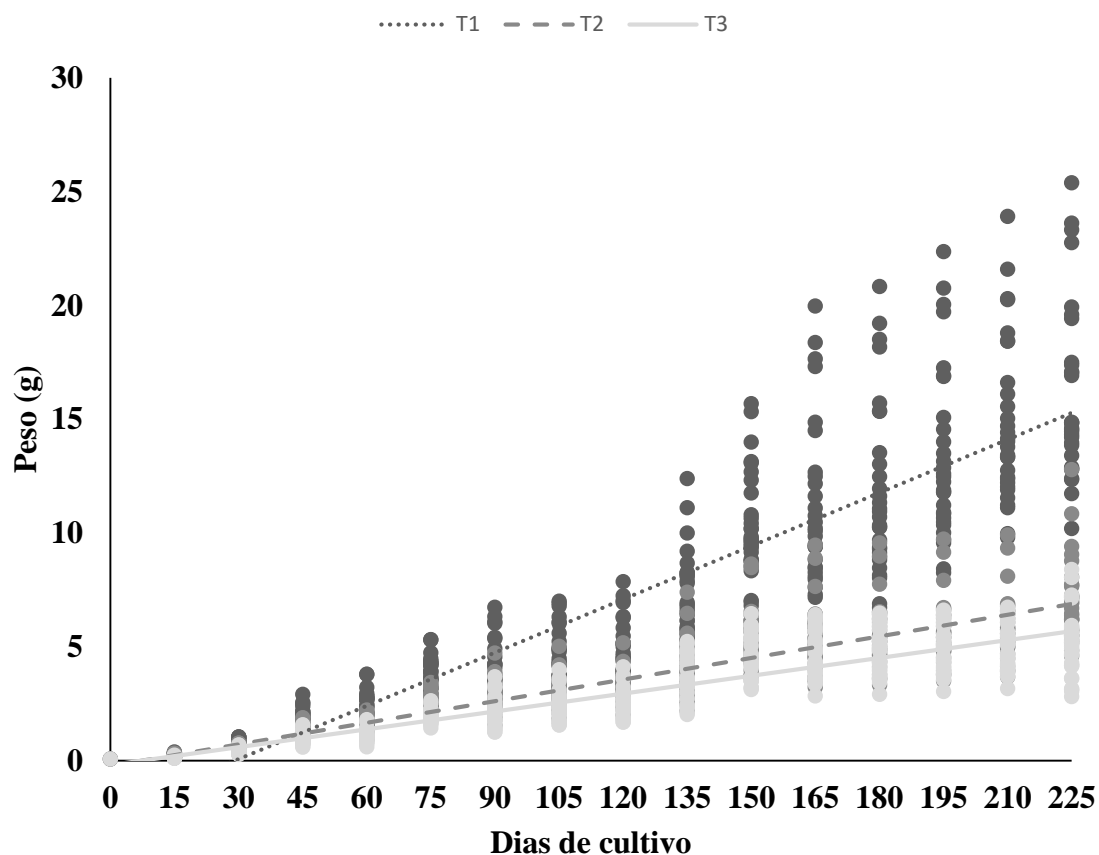


Figura 2 Relação entre o tempo de cultivo (dias) e o ganho de peso (g) de *P. amazonica* submetidos a 3 diferentes densidades de estocagem, (T= tratamento).

O número de machos foi maior do que fêmeas em todos os tratamentos (**T1**= 16/14; **T2**= 38/22; **T3**= 66/49 Machos/Fêmeas). Não houve diferença significativa quanto ao tamanho (**T1**= $F=0,4759$; $GL=1$; $P=0,5027$; **T2**= $F=3,4521$; $GL=1$; $P=0,0649$; **T3**= $F=0,3178$; $GL=1$; $P=0,3178$) e peso (**T1**= $F=1,5135$; $GL=1$; $P=0,2269$; **T2**= $F=1,9613$; $GL=1$; $P=0,1632$; **T3**= $F=0,7632$; $GL=1$; $P=0,6118$) de machos e fêmeas de cada tratamento.

5. Discussão

A densidade de estocagem é um fator relevante quando se busca melhores desempenhos em um meio de cultivo (Conner *et al.* 2008). No presente capítulo a taxa de sobrevivência não foi afetada pela densidade de estocagem nos níveis testados, como registrado para outras espécies por Souza Júnior *et al.* (2013) para *Pomacea lineata* (Spix, 1827) e *Pomacea bridgesii* (Reeve, 1856) e para *P. paludosa* (Garr *et al.* 2011). Entretanto, para *P. canaliculata* o efeito da densidade causou declínio na sobrevivência dos indivíduos (Tanaka *et al.* 1999), como também observado para outras espécies de gastrópodes de outros gêneros como *Littorina irrorata* (Say, 1822) (Stiven and Kuenzler 1979).

O tratamento 1 mostrou-se superior quanto ao crescimento e ganho de peso de *P. amazonica* quando comparados com as densidades maiores, o que corrobora com Conner *et al.* (2008) onde menores densidades apresentam maiores resultados de desempenho e quanto maior a densidade menor o crescimento dos juvenis de *P. paludosa*. A densidade também influenciou negativamente no tamanho de *P. canaliculata* (Yoshida *et al.* 2013), e outras espécies de gastrópodes como *L. irrorata* (Stiven and Kuenzler 1979), e também pulmonados como *Helix aspersa* (Müller 1774) e *Bulimulus tenuissimus* (d'Orbigny, 1835) com uma relação inversamente proporcional entre densidade e crescimento (Mayoral *et al.* 2004; Meireles *et al.* 2010). Almeida e Bessa (2001 a) realçam que para *Leptinaria unilamellata* (D'orbigny, 1835) indivíduos mantidos isolados atingem comprimento da concha maior que indivíduos em grupo, porém nessa espécie os indivíduos agrupados tornam-se maduros sexualmente mais cedo, como observado para *Bradybaena similaris* (Férussac, 1821) (Almeida and Bessa, 2001 b). Já para indivíduos de *Balea perversa* (Linnaeus, 1758) mantidos em altas densidades tem seu tamanho reduzido e por consequência sua maturidade sexual é tardia, porém sua taxa reprodutiva não diferiu entre diferentes densidades (Baur and Baur 1992). Para *P. amazonica* podemos observar que dentro do mesmo tratamento houve grande variação de tamanho, mesmo que em tratamentos com maior densidade os indivíduos tenham crescido menos.

Foi constatado que os tratamentos 2 e 3 com as maiores densidades, os gastrópodes apresentam menores taxas de crescimento específico. Garr *et al.* (2011) relata que uma dieta mono específica e altas densidades ao longo do tempo torna-se prejudicial ao desenvolvimento de juvenis *P. paludosa* causando baixas taxas de crescimento, fato que pode ser minimizado com a utilização de uma variedade maior de alimentos em menores densidades, dessa forma os juvenis atingem tamanhos maiores e maturidade sexual mais rapidamente. Alves *et al.* (2006) observou que para *P. lineata* e *P. bridgesii* as taxas de crescimento específico não diferiram entre as espécies em um

período de 16 semanas, porém em densidade menor que no nosso estudo os ganhos foram superiores a da *P. amazonica*.

O ganho de biomassa entre os tratamentos 1 e 3 não diferiram entre si, provavelmente devido a maior quantidade de animais no tratamento 3. Quanto ao ganho de peso absoluto o tratamento 1 obteve maiores ganhos, chegando a ser mais de 43% superior aos outros dois tratamentos, corroborando com Souza Júnior *et al.* (2013) que constatou que o aumento da densidade reduziu o ganho de peso dos indivíduos das duas espécies de *Pomacea* investigadas, provavelmente devido a fatores sociais. Com isso pode-se supor que a competitividade entre os indivíduos que apresentam características como territorialidade ou hierarquia afetam o desenvolvimento dos indivíduos, porém em caracóis de água doce não é estabelecido se essas diferenças individuais são causadas por interações competitivas como concorrência por exploração, fatores ambientais ou outros fatores como genética não deixam claro a diferença no crescimento, o que implica a dizer que fatores como interação entre os indivíduos afeta parcialmente seu desenvolvimento (Kawata and Inaba 1992).

Segundo Conner *et al.* (2008) com base em estudos sobre o efeito da densidade no crescimento de espécies diferentes, o gênero *Pomacea* parece ser bastante sensível aos aumentos iniciais de densidade em comparação com outras espécies, confirmando nossos resultados. No sentido de que aumentando o número de indivíduos por área o desempenho tende a cair, mesmo em condições semelhantes de água e alimentação.

6. Conclusão

Em condições de cultivo em laboratório os juvenis de *P. amazonica* apresentaram maiores ganhos com o tratamento de menor densidade (2,5 animais/L), dessa forma nosso estudo sugere que para futuros cultivos da espécie, deve-se utilizar essa densidade e adaptar outras técnicas afim de explorar o máximo potencial de cultivo ainda desconhecido.

Referências Bibliográficas

ALMEIDA, M. N. D. e BESSA, E. C. D. A. Estudo do crescimento e da reprodução de *Leptinaria unilamellata* (D'orbigny) (Mollusca, Subulinidae) em laboratório. *Revista Brasileira de Zoologia*, 18(4): 1107-1113, 2001 a.

ALMEIDA, M. N. D., e BESSA, E. C. D. A. Growth and reproduction of *Bradybaena similaris* (Férussac) (Mollusca, Xanthonychidae) in laboratory conditions. *Revista Brasileira de Zoologia*, 18(4): 1115-1122, 2001 b.

ALVES, T., LIMA, S. F. B., FERRI, A. G., BARROS, J. C., MACHADO, J. e LIMA, P. Growth of *Pomacea Lineata* and *Pomacea bridgesi* in different stock densities. *Thalassas: An international journal of marine sciences*, 22(1): 55-64, 2006.

ANDREWS, E. B. The functional anatomy of the mantle cavity, kidney and blood system of some pilid gastropods (Prosobranchia). In *Proceedings of the Zoological Society of London* 146(1): 70-94, 1965.

BARBOZA, S. H. R. e ROMANELLI, P. F. Rendimento de carcaça e composição centesimal do músculo dos moluscos escargot (*Achatina fulica*) e aruá (*Pomacea lineata*). *Alimentos e Nutrição Araraquara*, 16(1): 77-82, 2008.

BIELER, R. Gastropod phylogeny and systematics. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 23, 311-338, 1992.

BURLAKOVA, L. E., PADILLA, D. K., KARATAYEV, A. Y., HOLLAS, D. N., CARTWRIGHT, L. D. E NICHOL, K. D. Differences in population dynamics and potential impacts of a freshwater invader driven by temporal habitat stability. *Biol Invasions* 12, 927-941, 2010.

CAMPALANS, M. e LOHRMANN, K. B. Histological survey of four species of cultivated molluscs in Chile susceptible to OIE notifiable diseases. *Revista de biología marina y oceanografía*, 44(3): 561-569, 2009.

CARDENAS, E. B. Status of molluscan aquaculture on the Pacific coast of Mexico. *Aquaculture*, 39(1-4): 83-93, 1984.

CAVALLI, R. O. e FERREIRA, J. F. O futuro da Pesca da Aquicultura Marinha no Brasil: a Maricultura. *Ciência e Cultura*, 62(3): 38-39, 2010.

CAZZANIGA, N. J. E ESTEBENET, A. L. Revisión y notas sobre los hábitos alimentarios de los Ampullariidae (Gastropoda). *Historia Natural*, 4(22): 213-224, 1984.

CHENG, H. C. Recent innovations in cultivation of edible molluscs in Taiwan, with special reference to the small abalone *Haliotis diversicolor* and the hard clam *Meretrix lusoria*. *Aquaculture*, 39(1): 11-27, 1984.

COEROLI, M., GAILLANDE, D. e LANDRET, J. P. Recent innovations in cultivation of molluscs in French Polynesia. *Aquaculture*, 39(1): 45-67, 1984.

COLGAN, D. J., PONDER, W. F., BEACHAM, E. e MACARANAS, J. Molecular phylogenetics of Caenogastropoda (Gastropoda: Mollusca). *Molecular phylogenetics and evolution*, 42(3): 717-737, 2007.

CONNER, S. L., POMORY, C. M. e DARBY, P. C. Density effects of native and exotic snails on growth in juvenile apple snails *Pomacea paludosa* (Gastropoda: Ampullariidae): a laboratory experiment. *Journal of Molluscan Studies*, 74(4): 355-362, 2008.

COWIE, R. H. Apple Snails (Ampullariidae) as agricultural pests: their biology, impacts and management. In: G. M. Barker ed., *Molluscs as crop pests*, CAB-International, Wallingford, UK, 145-192, 2002.

COWIE, R. H. e HAYES, K. A. Apple snails, in: R. A. Francis, ed., *A Handbook of Global Freshwater Invasive Species*, Earthscan, London and New York, 207-221, 2012.

DIMITRIADOU, M. L., ALPOYANNI, E., BAKA, M., BROUZIOTIS, T. H., KIFONIDIS, N., MIHALOUDI, E., SIOULA, D. e VELLIS, G. GROWTH, MORTALITY AND FECUNDITY IN SUCCESSIVE GENERATIONS OF *HEIX ASERSA* MÜLLER CULTURED INDOORS AND CROWDING EFFECTS ON FAST-, MEDIUM-AND SLOW-GROWING SNAILS OF THE SAME CLUTCH. *Journal of Molluscan Studies*, 64(1): 67-74, 1998.

DOMINGUES, P., GARCIA, S. e GARRIDO, D. Effects of three culture densities on growth and survival of *Octopus vulgaris* (Cuvier, 1797). *Aquaculture International*, 18(2): 165-174, 2010.

ESTEBENET, A. L. e MARTÍN, P. R. *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae): life-history traits and their plasticity. *Biocell*. 26(1): 83-89, 2002.

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

GEWIN, V. Eco-defense against invasions. *PLoS Biol*, 3(12): 429, 2005.

HAYES, K. A., *et al.*, Insights from an integrated view of the biology of apple snails (Caenogastropoda: Ampullariidae). *Malacologia*, 58(1-2): 245-302, 2015.

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

ITAMI, K., IZAWA, Y., MAEDA, S., e NAKAI, K. Notes on the laboratory culture of the octopus larvae. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 29(6): 514-519, 1963.

KAWATA, M. e INABA, M. Individual differences in growth and access to food in the freshwater snail, *Physa acuta*. *Journal of Ethology*, 10(1): 75-79, 1992.

KONG, A. L. e KENNY, J. S. The reproductive biology of the ampullariid snail *Pomacea urceus* (Müller). *Journal of Molluscan Studies*, 55(1): 53-65, 1989.

LAING, I. e SPENCER, B. E. Bivalve cultivation: criteria for selecting a site. *Science Series Technical Report-Centre For Environment Fisheries And Aquaculture Science*, 136, 1-28, 2006.

LEVINTON, J. S. The effect of density upon deposit-feeding populations: movement, feeding and floating of *Hydrobia ventrosa* Montagu (Gastropoda: Prosobranchia). *Oecologia*, 43(1): 27-39, 1979.

LIU, B., DONG, B., TANG, B., ZHANG, T. e XIANG, J. Effect of stocking density on growth, settlement and survival of clam larvae, *Meretrix meretrix*. *Aquaculture*, 258(1): 344-349, 2006.

LOWE S., BROWNE M., BOUDJELAS S. e DE POORTER M. *100 of the World's Worst Invasive Alien Species A selection from the Global Invasive Species Database*. Published by The Invasive Species Specialist Group (ISSG) a specialist group of the Species Survival Commission (SSC) of the World Conservation Union (IUCN), 1-12, 2000.

LV, S., *et al.*, Phylogenetic evidence for multiple and secondary introductions of invasive snails: *Pomacea* species in the People's Republic of China. *Diversity and Distributions*, 19(2): 147-156, 2013.

MAGDALENA, A. B., LEHANE, M., KRYS, S., FERNÁNDEZ, M. L., FUREY, A. e JAMES, K. J. The first identification of azaspiracids in shellfish from France and Spain. *Toxicon*, 42(1): 105-108, 2003.

MAYORAL, A. G., GARCIA, A., PEREA, J., MARTIN, R., MARTOS, J., ACERO, R. e PENA, F. Effect of population density on size of edible snail *Helix aspersa* Muller. *Archivos de Zootecnia*, 53(204), 379-382, 2004.

MEIRELES, L. M.O., DA SILVA, L. C., JUNQUEIRA, F. O., LOPES, J. F. S. e DE ALMEIDA BESSA, E. C. Influência da densidade populacional sobre crescimento e fecundidade de *Bulimulus tenuissimus* (d'Orbigny, 1835) (Mollusca, Bulimulidae). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 12(1): 51-58, 2010.

MGAYA, Y. D. e MERCER, J. P. The effects of size grading and stocking density on growth performance of juvenile abalone, *Haliotis tuberculata* Linnaeus. *Aquaculture*, 136(3): 297-312, 1995.

NGHIEM, L. T. *et al.*, Economic and environmental impacts of harmful non-indigenous species in Southeast Asia. *PLoS One*, 8(8): e71255, 2013.

PONDER, WINSTON F. and DAVID R. LINDBERG. Phylogeny and Evolution of the Mollusca. Univ of California Press, 2008.

POSCH, H., GARR, A. L., PIERCE, R. and DAVIS, M. The effect of stocking density on the reproductive output of hatchery-reared Florida apple snails, *Pomacea paludosa*. *Aquaculture*, 360-361, 37-40, 2012.

RODRÍGUEZ, F. V. I. e CARRANZA, M. M. Validación del cultivo semi-intensivo de caracol Tote (*Pomacea flagellata*), en el trópico húmedo. *AquaTIC*, 27, 16-30, 2007.

RODRÍGUEZ, Z. G. C. Biodiversidad de moluscos marinos en México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85, 419-430, 2014.

SEUFFERT, M. E. e MARTÍN, P. R. Dependence on aerial respiration and its influence on microdistribution in the invasive freshwater snail *Pomacea canaliculata* (Caenogastropoda, Ampullariidae). *Biological Invasions*, 12(6): 1695-1708, 2010.

SEUFFERT, M. E. e MARTÍN, P. R. Distribution of the apple snail *Pomacea canaliculata* in Pampean streams (Argentina) at different spatial scales. *Limnologica-Ecology and Management of Inland Waters*, 43(2): 91-99, 2013.

SIMONE, L. R. L. Phylogeny of the Caenogastropoda (Mollusca), based on comparative morphology. *Arquivos de Zoologia*, 42(4): 161-323, 2011.

SOUZA, J. E., BARROS, J. C., PARESQUE, K. e DE FREITAS, R. R. The effect of stocking density on the growth of apple snails native *Pomacea bridgesii* and exotic *Pomacea lineata* (Mollusca, Gastropoda). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 85(2): 753-760, 2013.

STIVEN, A. E. e KUENZLER, E. J. The response of two salt marsh molluscs, *Littorina irrorata* and *Geukensia demissa*, to field manipulations of density and *Spartina* litter. *Ecological Monographs*, 49(2): 151-171, 1979.

STRONG, E. E., GARGOMINY, O., PONDER, W. F. e BOUCHET, P. Global diversity of gastropods (Gastropoda; Mollusca) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595(1): 149-166, 2008.

TAMBURI, N. E. e MARTÍN, P. R. Effects of absolute fasting on reproduction and survival of the invasive apple snail *Pomacea canaliculata* in its native range. *Current Zoology*, 0(0): 1-7, 2016.

TANAKA, K., WATANABE, T., HIGUCHI, H., MIYAMOTO, K., YUSA, Y., KIYONAGA, T., KIYOTA, H., SUZUKI, Y. E WADA, T. Density-dependent growth and reproduction of the apple snail, *Pomacea canaliculata*: a density manipulation experiment in a paddy field. *Researches on population ecology*, 41(3): 253-262, 1999.

WADA, T. e MATSUKURA, K. Linkage of cold hardiness with desiccation tolerance in the invasive freshwater apple snail, *Pomacea canaliculata* (Caenogastropoda: Ampullariidae). *Journal of Molluscan Studies*, 77(2): 149-153, 2011.

YAN, X., ZHANG, G. e YANG, F. Effects of diet, stocking density, and environmental factors on growth, survival, and metamorphosis of Manila clam *Ruditapes philippinarum* larvae. *Aquaculture*, 253(1): 350-358, 2006.

YOSHIDA, K., MATSUKURA, K., CAZZANIGA, N. J. e WADA, T. Tolerance to low temperature and desiccation in two invasive apple snails, *Pomacea canaliculata* and *P. maculata* (Caenogastropoda: Ampullariidae), collected in their original distribution area (northern and central Argentina). *Journal of Molluscan Studies*, 80(1): 62-66, 2014.

