

**UNIVERSIDADE TIRADENTES – UNIT
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE E AMBIENTE**

**DISTRIBUIÇÃO DE *Achatina (Lissachatina) fulica* E INFECÇÃO POR
NEMATÓDEOS DE INTERESSE MÉDICO VETERINÁRIO E DE
SAÚDE PÚBLICA EM SERGIPE**

GUILHERME MOTA DA SILVA

Aracaju
Fevereiro - 2022

**UNIVERSIDADE TIRADENTES – UNIT
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE E AMBIENTE**

**DISTRIBUIÇÃO DE *Achatina (Lissachatina) fulica* E INFECÇÃO POR
NEMATÓDEOS DE INTERESSE MÉDICO VETERINÁRIO E DE
SAÚDE PÚBLICA EM SERGIPE**

Tese de doutorado submetida à banca
examinadora para a obtenção do título de
Doutora em Saúde e Ambiente, na área de
concentração Saúde e Ambiente.

GUILHERME MOTA DA SILVA

Orientadora:

Prof^a. Dr^a. Veronica de Lourdes Sierpe Jeraldo

Coorientadora:

Prof^a. Dr^a. Silvana Carvalho Thiengo (IOC-Fiocruz/RJ)

Aracaju
Fevereiro - 2022

S586d Silva, Guilherme Mota da
Distribuição de *Achatina (Lissachatina) fulica* e infecção por nematódeos de interesse médico veterinário e de saúde pública em Sergipe / Guilherme Mota da Silva; orientação [de] Prof.^a Dr.^a Verônica de Lourdes Sierpe Jeraldo, Prof.^a Dr.^a Silvana Carvalho Thiengo – Aracaju: UNIT, 2022.

164 f.; 30 cm

Tese (Doutorado em Saúde e Ambiente) - Universidade Tiradentes, 2022

1. Caracol exótico invasor. 2. *Angiostrongylus cantonensis*. 3. Condições climáticas. I. Silva, Guilherme Mota da. II. Jeraldo, Verônica de Lourdes Sierpe (orient.). III. Thiengo, Silvana Carvalho (orient.) IV. Universidade Tiradentes. V. Título.

CDU: 61022:614(813.7)

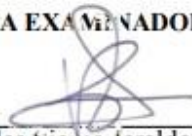
**DISTRIBUIÇÃO DE *Achatina (Lissachatina) fulica* E INFECÇÃO POR
NEMATÓDEOS DE INTERESSE MÉDICO VETERINÁRIO E DE SAÚDE PÚBLICA
EM SERGIPE**

Guilherme Mota da Silva

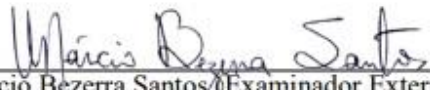
TESE DE DOUTORADO SUBMETIDA À BANCA EXAMINADORA PARA A
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE DOUTORA EM SAÚDE E AMBIENTE, NA ÁREA DE
CONCENTRAÇÃO SAÚDE E AMBIENTE.

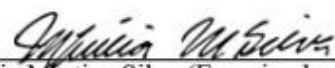
Aprovada por:"

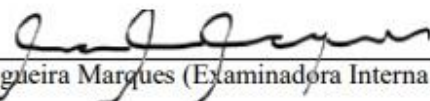
BANCA EXAMINADORA:


Dra. Verônica de Lourdes Siepe Jeraldo (Orientadora/UNIT)


Dra. Silvana Carvalho Thiengo (Coorientadora/IOC/RJ)


Dr. Márcio Bezerra Santos (Examinador Externo/UFS)


Dra. Maria Julia Martins Silva (Examinadora Externa/UNB)


Dra. Maria Nogueira Marques (Examinadora Interna PSA/UNIT)


Dr. Rubens Riscala Madi (Examinador Interno PSA/UNIT)

Aracaju
Fevereiro - 2022

DEDICATÓRIA

Dedico essa tese de Doutorado a Deus, a minha família, minhas duas orientadoras e a todos os amigos que colaboraram diretamente e indiretamente com a elaboração desse precioso trabalho

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelas bênçãos e proteção dos meus passos e caminhos.

A meus pais, Osmi Misael da Silva e M^a Gorete N. Mota da Silva pela força, motivação, cuidado e muito amor. A distância ao longo desses anos não foi fácil, mas isso me ensinou a crescer na vida, embasado na educação, amor e persistência que me foi dado por vocês. A minha irmã Larissa Nascimento Mota da Silva, pelo carinho, cuidado e todo incentivo. Obrigado, pela ajuda, palavras, orações e por sempre estar presente.

A minha orientadora, Dr^a Veronica de Lourdes Sierpe Jeraldo, por todos os ensinamentos diários, pelo amparo, confiança, incentivo e constante empenho na execução desse trabalho. Obrigado por estarmos juntos trabalhando desde o mestrado em 2016.

A minha orientadora, Dr^a Silvana Carvalho Thiengo, pelas suas orientações, amparo, apoio, incentivo e confiança na execução desse trabalho. Além disso, por ter aberto as portas em 2017 até os dias atuais.

Ao corpo docente do Programa de Saúde e Ambiente da Universidade Tiradentes pelos ensinamentos, apoio e contribuições durante todo o curso. Em especial ao Dr. Rubens Riscala Madi e a Dr^a Cláudia Moura de Melo, por todos os incentivos, apoio, orientação e preciosas contribuições nesse trabalho. E por terem me apoiado desde a iniciação científica em 2011 até os dias atuais.

Aos membros do Laboratório de Doenças Infecciosas e Parasitárias - LDIP, em especial, a amiga Fany Aragão, obrigado por todos os conselhos, apoio, coletas de campo e parceria. A Ana Carla Guedes, obrigado pelo incentivo e ideias. Ao Alef Menezes pelo grande incentivo nos estudos estatísticos e parcerias. Ao Raphael Davison pelo apoio nas coletas e manutenção dos moluscos. Aos membros do Laboratório de Biologia Tropical - LBT, os melhores cafés e almoços diários só poderiam ser com vocês.

A toda equipe do Laboratório de Referência Nacional para Esquistossomose – Malacologia (Fiocruz/RJ). Em especial a Dra. Suzete Gomes, pelo incentivo, cuidado, carinho e inspiração. Ao Paulo Rodrigues pelo cuidado, atenção e ensinamentos. A Jucicleide Ramos por todo o carinho, cuidado, acolhimento e parceria. A Arielly Souza pela paciência, ensinamentos da biologia molecular e da vida. A Flávia Rangel, Martha Pinto e Eliz Feitosa pela ajuda, atenção, apoio, acolhimento e todo cuidado. A Eduardo Cinilha pelo apoio nas confecções das ilustrações.

As instituições, Universidade Tiradentes - UNIT, PPG em Saúde e Ambiente, Instituto Tecnológico de Pesquisa - ITP, CAPES, LABMAL- Fiocruz- RJ, Centro de Referência Prof. Hélio Fraga- Fiocruz-RJ pela infraestrutura, apoio logístico e concessão das bolsas de auxílio à realização desse trabalho.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 JUSTIFICATIVA.....	13
3 OBJETIVOS.....	14
3.1 Objetivo geral	14
3.2 Objetivos Específicos	14
4 REVISÃO DA LITERATURA.....	15
4.1 <i>Achatina fulica</i> Bowdich, 1822.....	15
4.2 Introdução de <i>Achatina fulica</i> no Brasil.....	18
4.3 Distribuição Geográfica de <i>Achatina fulica</i> no Brasil.....	19
4.4 <i>Achatina fulica</i> e sua participação como hospedeiro intermediário de nematódeos de interesse à saúde pública.....	20
4.4.1 Meningite Eosinofílica.....	20
4.4.2 Angiostrongilíase abdominal.....	23
4.5 Outros nematódeos de interesse médico-veterinário associados a <i>Achatina fulica</i>	23
4.5.1 <i>Aelurostrongylus abstrusus</i> (Railliet, 1898).....	23
4.5.2 <i>Angiostrongylus vasorum</i> (Baillet, 1866; Kamensky, 1905)	24
4.5.3 <i>Cruzia tentaculata</i> (Rudolphi, 1819)	24
4.5.4 <i>Achatina fulica</i> associado à nematódeos de vida livre	24
4.6 <i>Achatina fulica</i> como um problema econômico nas lavouras.....	25
4.7 Medidas de controle de <i>Achatina fulica</i>	25
4.8 A importância da pesquisa com <i>Achatina fulica</i> e o conceito de “One Health”.....	27
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	27
5.1 Área de estudo	27
5.2 Determinação dos pontos de coletas (parcelas fixas).....	30
5.3 Georreferenciamento e confecção de mapas	30
5.4 Coleta de moluscos.....	30
5.5 Registro das características das parcelas	31
5.6 Coleta do solo e análise físico – química.....	31
5.7 Dados Biométricos de <i>Achatina fulica</i>	32
5.8 Crescimento alométrico e fator de condição relativo de <i>Achatina fulica</i>	33
5.9 Identificação dos gastrópodes	33
5.10 Pesquisa de nematódeos nos tecidos dos moluscos.....	34
5.11 Identificação molecular dos nematódeos.....	35
5.11.1 Identificação <i>Angiostrongylus cantonensis</i> e <i>Aelurostrongylus abstrusus</i>	36

5.11.2 Identificação de <i>Cruzia tentaculata</i>	37
5.11.3 Identificação larvas rhabditiformes	37
5.12 Abundância dos gastrópodes	38
5.13 Análise estatística	38
REFERÊNCIAS	40
6 CAPÍTULO I – ARTIGO 1 –	51
MODELO PREDITIVO PARA PRESENÇA DO CARACOL INVASOR <i>Achatina (Lissachatina) fulica</i> EM SERGIPE, NORDESTE BRASILEIRO, COM BASE EM CARACTERÍSTICAS DO SOLO E CLIMA	51
7 CAPÍTULO II – ARTIGO 2	87
HELMINTOFAUNA COM IMPORTÂNCIA PARA A SAÚDE HUMANA E VETERINÁRIA ASSOCIADA AO CARACOL GIGANTE AFRICANO <i>Achatina fulica</i> EM SERGIPE, NORDESTE DO BRASIL	87
8 CAPÍTULO III – ARTIGO 3	112
O PAPEL DO CARACOL INVASOR <i>Achatina fulica</i> (GASTROPODA: PULMONATA) COMO HOSPEDEIRO DE NEMATÓDEOS DE INTERESSE PARA A SAÚDE HUMANA E VETERINÁRIA: UMA REVISÃO INTEGRATIVA DA LITERATURA	112
9 CONCLUSÃO GERAL	141
APÊNDICE A – FICHA DE CAMPO.....	143
APÊNDICE B – REGISTRO DE MOLUSCOS COLETADOS NOS MUNICÍPIOS DE SERGIPE E DEPOSITADOS NA COLEÇÃO DE MOLUSCOS DO INSTITUTO OSWALDO CRUZ - CMIOC, FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ, RIO DE JANEIRO, 2021.	144
APÊNDICE C – EQUAÇÃO REPRESENTANDO O MODELO MATEMÁTICO CONSTRUÍDO A PARTIR DE VARIÁVEIS CLIMÁTICAS E PH DO SOLO, TERRITÓRIOS DE SERGIPE, 2019 E 2020.	147
APÊNDICE D – REGISTRO FOTOGRÁFICO DE EXEMPLARES DE MOLUSCOS COLETADOS NOS MUNICÍPIOS DE SERGIPE , BRASIL, 2021.	148
APÊNDICE E – <i>Achatina fulica</i> EM FASE ATIVA EM ÁREA URBANA NO MUNICÍPIO DE ROSÁRIO DO CATETE, SERGIPE, BRASIL, 2020.	149
APÊNDICE F – REGISTROS FOTOGRÁFICO DAS PARCELAS, TERRITÓRIO DA GRANDE ARACAJU	150
APÊNDICE G – REGISTROS FOTOGRÁFICO DAS PARCELAS, TERRITÓRIO DO SUL SERGIPANO.	151
APÊNDICE H – REGISTROS FOTOGRÁFICO DAS PARCELAS, TERRITÓRIO DO CENTRO SUL SERGIPANO.	152
APÊNDICE I – REGISTROS FOTOGRÁFICO DAS PARCELAS, TERRITÓRIO DO AGRESTE CENTRAL SERGIPANO.....	153
APÊNDICE J – REGISTROS FOTOGRÁFICO DAS PARCELAS, TERRITÓRIO DO LESTE SERGIPANO.	154
APÊNDICE K – REGISTROS FOTOGRÁFICO DAS PARCELAS, TERRITÓRIO DO MÉDIO SERTÃO SERGIPANO.....	155

APÊNDICE L – REGISTROS FOTOGRÁFICO DAS PARCELAS, TERRITÓRIO DO ALTO SERTÃO SERGIPANO.....	156
APÊNDICE M – REGISTROS FOTOGRÁFICO DAS PARCELAS, TERRITÓRIO DO BAIXO SÃO FRANCISCO SERGIPANO.	157
APÊNDICE N – LOCAIS DE COLETA E PRESENÇA DE <i>Achatina fulica</i> DURANTE AS COLETAS NO PERÍODO SECO E CHUVOS DE 2019 E 2020, NOS TERRITÓRIOS DE SERGIPE.....	158
APÊNDICE O – MUNICÍPIOS COM A PRESENÇA DE <i>Angiostrongylus cantonensis</i> , ASSOCIADOS AO MOLUSCO <i>A. fulica</i> EM SERGIPE.....	159
APÊNDICE P – MUNICÍPIOS COM A PRESENÇA DE <i>Aelurostrongylus abstrusus</i> COLETAS NO PERÍODO SECO E CHUVOSO DE 2019 E 2020.....	160
APÊNDICE Q – MUNICÍPIOS COM A PRESENÇA DE <i>Cruzia tentatulata</i> COLETAS NO PERÍODO SECO E CHUVOSO DE 2019 E 2020.	161
APÊNDICE R – MUNICÍPIOS COM PARCLEAS COM A PRESENÇA DE <i>Cruzia tentatulata</i> , PONTOS EXTRAS TERRITÓRIO DA GRANDE ARACAJU, 2020.	162
APÊNDICE S – CONTRIBUIÇÃO EXTRA. CONCHAS DE MOLUSCOS COLETADOS NOS MUNICÍPIOS DE SERGIPE E DO ESTADO DA BAHIA, BRASIL. DEPOSITADOS NA COLEÇÃO DE MOLUSCOS DO INSTITUTO OSWALDO CRUZ - CMIOC, RIO DE JANEIRO, 2021.	163

DISTRIBUIÇÃO DE *Achatina (Lissachatina) fulica* E INFECÇÃO POR NEMATÓDEOS DE INTERESSE MÉDICO VETERINÁRIO E DE SAÚDE PÚBLICA EM SERGIPE

Gastropodes da espécie *Achatina fulica* são nativos da África Oriental e considerados uma espécie invasora em vários países, incluindo o Brasil. Constitui ameaça à biodiversidade, agricultura, ambiente e saúde pública, pois pode atuar como hospedeiro intermediário de nematódeos que causam parasitoses, entre esses o *Angiostrongylus cantonensis*, agente etiológico da meningite eosinofílica. Este estudo tem como objetivo caracterizar a ocorrência de *A. fulica* e outros moluscos terrestres nos oito Territórios de Sergipe. Foram realizadas coletas em 24 municípios nos territórios de Sergipe ao final do período seco e chuvoso de 2019 e 2020, utilizando o método de parcelas de 20 x 10m (10 min/um coletor). Foram coletadas amostras de solo em cada período de estudo para análise do cálcio, potássio e matéria orgânica. Médias mensais de temperatura, umidade e precipitação foram obtidas do Instituto Nacional de Meteorologia. Os espécimes de *A. fulica* foram pesados e medidos e posteriormente realizada a relação massa-comprimento e calculado o fator de condição relativo (KR), para verificar o desenvolvimento da espécie. Para a predição de fatores ambientais, utilizou-se a regressão logística binária e para avaliar a concordância entre métodos, utilizou-se concordância de Kappa. Os moluscos foram examinados quanto à presença de nematódeos utilizando a técnica de digestão artificial. Para a identificação dos nematódeos, o DNA foi extraído do gene mitocondrial Citocromo Oxidase I (COI) amplificado e sequenciado. Foram coletados 735 exemplares de *A. fulica* distribuídos em 18 parcelas dos territórios de Sergipe. A população de *A. fulica* em Sergipe se caracterizou por moluscos jovens 423 (57,5%) e adultos jovens 282 (38,3%). Outras espécies de moluscos também foram encontradas: *Cyclodontina fasciata* (n= 48), *Allopeas micra* (n= 01), *Subulina octona* (n= 08), *Bulimulus tenuissimus* (n= 28). Detectou-se infecção de *A. fulica* com *A. cantonensis* em nos municípios de Aracaju, São Cristóvão, Nossa Senhora do Socorro e Riachão dos Dantas e *Aelurostrongylus abstrusus* em sete municípios. Identificou-se também o nematódeo *Cruzia tentaculata* em sete municípios, sendo este o primeiro registro em Sergipe. O crescimento alométrico de *A. fulica* foi isométrico ($b = 3$) no período seco de 2020. Esse valor demonstra que a concha cresce proporcionalmente à massa total. Foi observado correlação negativa entre valores do pH do solo e o valor de b . O pH em torno de 6,5 - 7,5, é o ponto ideal para atingir o valor de $b = 3$ e *A. fulica* mais frequente no ambiente. Ao verificar o KR, observou-se diferença no desenvolvimento de *A. fulica* nos oito territórios de Sergipe. O modelo matemático para identificar a possível presença de *A. fulica* apresentou concordância forte ($k = 0,849$). O encontro de larvas de *A. cantonensis* alerta sobre a importância de *A. fulica* na transmissão de parasitoses de interesse para a saúde pública em Sergipe. Ademais, esse estudo é pioneiro envolvendo aspectos ecológicos de *A. fulica* relacionados a massa-comprimento, sendo possível evidenciar que essa espécie sofre alterações no desenvolvimento principalmente pelo pH do solo. Esses dados podem otimizar ações de controle malacológico e na promoção de saúde humana, animal e ambiental.

Palavras-chave: Caracol exótico invasor; *Angiostrongylus cantonensis*; Condições climáticas.

DISTRIBUTION OF *Achatina (Lissachatina) fulica* AND NEMATODE INFECTION OF VETERINARY MEDICAL AND PUBLIC HEALTH INTEREST IN SERGIPE

Gastropods of the *Achatina fulica* species are native to East Africa and considered an invasive species in several countries, including Brazil. It constitutes a threat to biodiversity, agriculture, environment and public health, as it can act as an intermediate host of nematodes that cause parasitic diseases, including *Angiostrongylus cantonensis*, the etiological agent of eosinophilic meningitis. This study aims to characterize the occurrence of *A. fulica* and other terrestrial molluscs in the eight Territories of Sergipe. Collections were carried out in 24 municipalities in the territories of Sergipe at the end of the dry and rainy season of 2019 and 2020, using the method of plots of 20 x 10m (10 min/one collector). Soil samples were collected in each study period for calcium, potassium and organic matter analysis. Monthly averages of temperature, humidity and precipitation were obtained from the Instituto Nacional de Meteorologia. The specimens of *A. fulica* were weighed and measured and later the mass-length relationship and relative condition factor (KR) were performed to verify the development of this species. For the prediction of environmental factors, binary logistic regression was used and to assess the agreement between methods, the Kappa agreement was used. The molluscs were examined for the presence of nematodes using the artificial digestion technique. For the identification of nematodes, DNA was extracted from the mitochondrial gene Cytochrome Oxidase I (COI) amplified and sequenced. A total of 735 specimens of *A. fulica* were collected, distributed in 18 plots in the territories of Sergipe. The population of *A. fulica* in Sergipe was characterized by young molluscs 423 (57.5%) and young adults 282 (38.3%). Other species of molluscs were also found: *Cyclodontina fasciata* (n=48), *Allopeas micra* (n=01), *Subulina octona* (n=08), *Bulimulus tenuissimus* (n=28). *A. fulica* infection with *A. cantonensis* was detected in Aracaju, São Cristóvão, Nossa Senhora do Socorro and Riachão dos Dantas and *Aelurostrongylus abstruse* in seven municipalities. The nematode *Cruzia tentaculata* was also identified in seven municipalities, this being the first record in Sergipe. The allometric growth of *A. fulica* was isometric ($b = 3$) in the dry period of 2020. This value demonstrates that the shell grows proportionally to the total mass. A negative correlation was observed between soil pH values and the value of b . The pH around 6.5 - 7.5 is the ideal point to reach the value of $b = 3$ and *A. fulica* is more frequent in the environment. When verifying the KR, a difference was observed in the development of *A. fulica* in the eight territories of Sergipe. The mathematical model to identify the possible presence of *A. fulica* showed strong agreement ($k = 0.849$). The finding of *A. cantonensis* larvae alerts about the importance of *A. fulica* in the transmission of parasites of interest to public health in Sergipe. Furthermore, this study is a pioneer involving ecological aspects of *A. fulica* related to mass-length, making it possible to show that this species undergoes developmental changes mainly due to soil pH. These data can optimize malacological control actions and the promotion of human, animal and environmental health.

Keywords: Invasive exotic snail; *Angiostrongylus cantonensis*; Climate conditi.

1 INTRODUÇÃO

O caracol *Achatina fulica* Bowdich, 1822 é uma espécie invasora de gastrópode terrestre proveniente da África Oriental e sua distribuição abrange quase todos os continentes (África, Américas, Leste e Sul da Ásia e Oceania) (THIENGO *et al.*, 2007). O caracol gigante africano, como é conhecido, é considerado uma ameaça à saúde pública, biodiversidade natural e agricultura (COLLEY, 2010; ZANOL *et al.*, 2010). No Brasil acredita-se em pelo menos três introduções voluntárias de *A. fulica*, como uma alternativa econômica para o *Cornu aspersum* (Müller, 1774) conhecido como escargot, em 1989 em Curitiba, 1998 Paraná e em 1996 em Santos, São Paulo (DEKLE; FASULO, 2001; TELES; FONTES 2002; FISCHER; COSTA, 2010; THIENGO *et al.*, 2013).

Achatina fulica pode ser hospedeiro intermediário de várias espécies de nematódeos. No Brasil há registros de moluscos infectados naturalmente com larvas de *Aelurostrongylus abstrusus*, *Angiostrongylus cantonensis*, *Cruzia tentaculata*; *Rhabditis* sp., *Strongyluris* sp., (THIENGO *et al.*, 2008; ANDRADE-PORTO *et al.*, 2012; SILVA *et al.*, 2020; Ramos-de-Souza *et al.*, 2021). Além de ser hospedeiro desses parasitas, *A. fulica* pode ser hospedeiro de *Angiostrongylus vasorum* (LANG *et al.*, 2018) não havendo registro de transmissão natural no Brasil desta espécie (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

O caracol gigante africano constitui uma ameaça à saúde pública, por ser hospedeiro intermediário do nematódeo *Angiostrongylus cantonensis*, agente etiológico da meningite eosinofílica (WANG *et al.*, 2008; MALDONADO-JUNIOR *et al.*, 2010), em que a expansão mundial deste nematódeo está ligado à dispersão de roedores e do caracol *A. fulica* (ESPÍRITO-SANTO *et al.*, 2013; GUERINO *et al.*, 2017). No mundo, mais de 2.800 casos em humanos com meningite eosinofílica causados pelo *A. cantonensis* já foram relatados em mais de 30 países (WANG, 2008), desde que foi relatado pela primeira vez em Taiwan em 1945 (BEAVER & ROSEN, 1964). A meningite eosinofílica é considerada uma doença emergente no Brasil, com aproximadamente 40 casos confirmados e 84 casos suspeitos, no período entre 2007 a 2020 (MORASUTI *et al.*, 2014; CUNHA *et al.*, 2017; BARBOSA *et al.*, 2020) com a confirmação de hospedeiros definitivos e hospedeiros intermediários infectados com *A. cantonensis* em diferentes regiões do país (MORASUTI *et al.*, 2014).

Dos 26 estados brasileiros, já foi registrada a presença da *A. fulica* em 25 mais o Distrito Federal, exceto no Rio Grande do Sul (CALDEIRA *et al.*, 2007; THIENGO *et al.*, 2013). Os maiores índices de infestação foram registrados em Goiás, São Paulo, Paraná, Rio de Janeiro, Mato Grosso, Espírito Santo e Minas Gerais (OHLWEILER *et al.*, 2010; ZANOL, *et al.*, 2010). Na região Nordeste, de seus nove estados, há registros da presença de *A. fulica* com *A. cantonensis* em Pernambuco, Ceará, Bahia e Sergipe (THIENGO *et al.*, 2008; SANTOS; DELABIE, 2011; CARVALHO *et al.*, 2012; RAMOS-DE-SOUZA *et al.*, 2018). Em

Sergipe, além de *A. fulica* foram coletadas outras espécies de caracóis parasitados naturalmente com o *A. cantonensis*, entre eles o *Bulimulus tenuissimus* (d' Orbigny, 1835) e *Cyclodontina fasciata* (Potiez & Michaud, 1838) (RAMOS-DE-SOUZA *et al.* 2018).

No cenário ambiental urbano, *A. fulica* é encontrada em ambientes úmidos e em contato direto com lixo, esgotos, animais domésticos e outros caracóis nativos (BOAVENTURA *et al.*, 2011; SILVA *et al.*, 2020). O crescimento urbano desordenado, precariedade de saneamento básico, construções inacabadas, coleta irregular de lixo, favorecem a manutenção e proliferação da *A. fulica* (OHLWEILER *et al.*, 2010). Em Sergipe no Território da Grande Aracaju, o caracol gigante africano apresentou-se com cinco vezes mais chances de ocorrer em terrenos com a presença de lixo (SILVA *et al.*, 2020)

O caracol gigante africano também pode ser afetado de forma positiva na sua manutenção no ambiente por fatores abióticos como temperatura, umidade relativa do ar e precipitação (SARMA *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2021). Mudanças bruscas de temperatura e umidade podem induzir a estivação desses caracóis, que utilizam essa estratégia fisiológica para garantir a colonização e recolonização principalmente em ambientes com períodos prolongados de estiagem (COSTA, 2010; RAUT; BARKER, 2002; FISCHER; AMADGI, 2010). Além disso, os aspectos físico-químicos do solo auxiliam no desenvolvimento de *A. fulica*, com o aumento da massa, crescimento da concha, forma e coloração, uma vez que o cálcio e matéria orgânica são utilizados como forma de nutrientes (FISCHER & COLLEY, 2005; FISCHER *et al.*, 2010).

Entender as variáveis que influenciam o comprimento, massa e fator de condição, pode ser um resultado útil para verificar o desenvolvimento de *A. fulica* no habitat ao qual está inserido (ALBUQUERQUE *et al.*, 2009). O fator de condição relativo (KR) expressa a relação entre a massa e comprimento, sendo possível estimar os aspectos comportamentais das espécies estudadas e a influência de fatores bióticos e abióticos (LE CREN, 1951). Ademais, o fator de condição pode fornecer dados que podem subsidiar o entendimento da influência do habitat onde vivem os caracóis, refletindo nos comportamentos, principalmente em épocas de estiagem, possibilitando a comparação entre duas ou mais populações vivendo em condições diferentes (ARAUJO *et al.* 2011; ALMEIDA, 2014).

2 JUSTIFICATIVA

Na região Nordeste, há relatos de *A. cantonensis* em quatro estados: Sergipe, Bahia, Ceará e Pernambuco (CARVALHO *et al.*, 2012). Em Sergipe foram coletadas espécies de moluscos terrestres infectados naturalmente com o *A. cantonensis*, incluindo o caracol gigante africano na região metropolitana, em Aracaju, Nossa Senhora do Socorro, São Cristóvão; bem

como o relato de outros caracóis, com o *Bulimulus tenuissimus* e *Cyclodontina fasciata* no município de Barra dos Coqueiros (RAMOS-DE-SOUZA et al. 2018).

O entendimento das atividades sazonais da espécie *A. fulica* que podem interferir nos processos de reprodução são fundamentais para evidenciar os possíveis riscos que a população de caracóis traz a saúde pública e a fauna nativa (COLLEY FISCHER, 2009; ALMEIDA, 2013). Além disso, faz-se necessária a compreensão do papel da *A. fulica* na transmissão da meningite eosinofílica no Brasil, bem como na vigilância desses moluscos e roedores (MALDONADO-JUNIOR et al., 2010). Pelo exposto, a realização desse estudo é pioneira em Sergipe a nível de abranger municípios de seus oito territórios, e é pertinente tendo em vista contribuir com o entendimento da distribuição e desenvolvimento de *A. fulica* relacionado a variáveis climáticas e químicas do solo, bem como identificar a helmintofauna associada, em especial nematódeos de interesse médico veterinário e de saúde pública. Ademais, o presente estudo busca fornecer subsídios para o controle malacológico de *A. fulica* e a sua interação no ambiente, uma vez que a sua dispersão é crítica na ecologia da doença e pode resultar em aumento da disseminação de parasitas, incluindo o *A. cantonensis* se tornando um potencial uma ameaça à saúde pública.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Avaliar a ocorrência de *Achatina fulica* e outros moluscos terrestres em áreas do estado de Sergipe, Nordeste do Brasil

3.2 Objetivos Específicos

- Identificar a distribuição e abundância dos moluscos coletados nos oito territórios de Sergipe;
- Analisar a infecção por nematódeos nos moluscos coletados nos oito territórios de Sergipe;
- Associar fatores ambientais como pluviosidade, umidade, temperatura, solo, com a ocorrência de gastrópodes em Sergipe.
- Correlacionar as variáveis morfométricas de *A. fulica*, incluindo o fator de condição relativo com às variáveis climáticas e físico-químicas de solo.
- Correlacionar as variáveis climáticas e químicas do solo de Sergipe como modelo preditivo para a presença de *A. fulica*.

4 REVISÃO DA LITERATURA

4.1 *Achatina fulica* Bowdich, 1822

Achatina fulica, é um caracol nativo da África Oriental, mas, devido a ação antrópica e a capacidade de rápida dispersão dessa espécie, sua distribuição abrange quase todos os continentes: África, Américas, Leste e Sul da Ásia e Oceania (THIENGO *et al.*, 2007; THIENGO *et al.*, 2013). O caracol gigante africano, como é conhecido, é considerado uma espécie invasora, que geralmente ocorre em densas populações, competindo por espaço e alimento com espécies de moluscos nativos (RAUT; BARKER 2002). Em relação as suas características, o caracol gigante africano possui concha espiralada de cor marrom, com faixas de tons acastanhados, massa cefalopodal cinza escuro, pé largo, dois pares de tentáculos na cabeça, em que o par superior é o portador dos olhos. Os adultos são hermafroditas e podem alcançar dimensões consideráveis de até 20 cm de comprimento, (Figura 1) (SALGADO, 2010). A longevidade média para *A. fulica* é de três a cinco anos, podendo viver até nove anos em condições favoráveis (TOMIYAMA 1993; RAUT; BARKER 2002).

Caracóis da espécie *A. fulica* são encontrados em plantações, hortas e em materiais em decomposição (OHLWEILER *et al.*, 2010) e pode se adaptar a qualquer tipo de habitat, inclusive em áreas urbanas em locais que ofereçam condições para a sua manutenção e proliferação, incluindo locais principalmente com presença de lixo (Silva *et al.*, 2020). O solo tem um papel fundamental para *A. fulica*, uma vez que este é o substrato em que pode ser encontrada sua fonte alimento e ao mesmo tempo pode oferecer proteção para o momento da postura de seus ovos, fornecendo nutrientes essenciais para o processo de desenvolvimento pós-embrionário (FISCHER *et al.*, 2010).



Figura 1. Exemplar de *Achatina fulica* em fase ativa. **Fonte:** Acervo pessoal.

O caracol africano faz covas de até 25 cm de profundidade para realizar sua postura de ovos, utilizando a porção anterior da massa cefalopodal, os caracóis ficam enterrados e conforme realizam sua postura reemergem do solo. Os ovos ficam presentes por todo o trajeto que foi escavado, sendo que, aqueles que ficam mais acima protegem os demais que estão enterrados (Figura 2) (FISCHER, 2009). Em relação a sua atividade sexual, os moluscos apresentam maior atividade em épocas de maiores precipitações (SILVA; OMENA, 2014).

Em épocas com períodos de estiagem mais prolongados, com temperaturas elevadas e em que o ambiente não oferece subsídios para manutenção de *A. fulica*, esses moluscos entram em processo de estivação, podendo produzir o epifragma, que é uma estrutura calcificada que previne a desidratação, estrutura que os gastrópodes pulmonados possuem (Figura 3) (ALMEIDA, 2013). Diante disso, em épocas de períodos mais secos há uma redução no número de moluscos ativos em determinadas áreas, voltando a ficar ativos em períodos de precipitação e principalmente com o aumento da umidade, que se correlaciona com a maior frequência do caracol africano (SILVA *et al.*, 2020). De acordo com o Onyishi *et al.*, (2018), as condições climáticas favoráveis para o aumento da população de *A. fulica* são em especial a alta umidade e estações chuvosas. Por outro lado, estudos com modelagem de nicho de *A. fulica* na Índia mostram que a maior parte do risco de invasão dessa espécie é em novas áreas com alta pluviosidade e clima quente (SARMA *et al.*, 2015).



Figura 2. Exemplar de *Achatina fulica* em repouso, próximo aos seus ovos (pontos brancos). **Fonte:** Acervo pessoal.

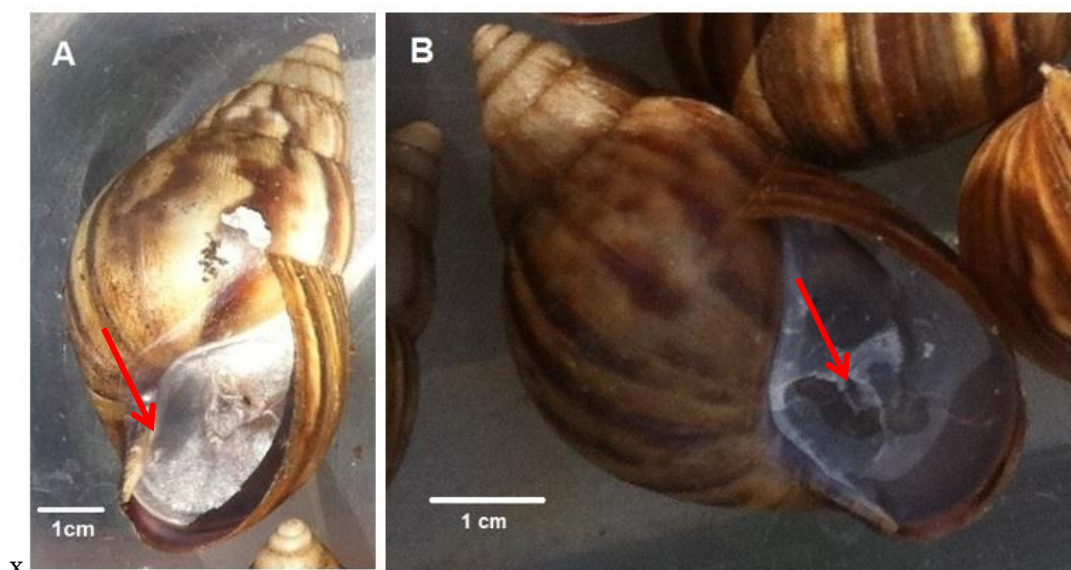


FIGURA 3. *Achatina fulica* apresentando epifragma (seta vermelha), característico do período de estivação. Município de São Cristovão, Sergipe, Brasil, 2021. **Fonte:** Acervo Pessoal.

4.2 Introdução de *Achatina fulica* no Brasil

Acredita-se que, pelo menos, três introduções de *A. fulica* parecem ter ocorrido no Brasil: duas invasões possivelmente voluntárias com o objetivo de comercialização dos caracóis africanos (1989 em Curitiba, Paraná e 1998 em Santos, São Paulo) (TELES; FONTES 2002; FISCHER; COSTA, 2010) e uma outra, com informações menos precisas, que parece ter ocorrido ainda em 1975, quando um morador de Juiz de Fora, Minas Gerais relatou ter comprado matrizes do caramujo em uma feira livre fora do Brasil (ZANOL *et al.*, 2010).

A proliferação desordenada de *A. fulica*, os altos custos para manutenção da espécie, e a não aceitação no mercado, fez com que os criadores descartassem estes moluscos no ambiente, principalmente em rios, lixos e terrenos baldios, facilitando a dispersão dessa espécie exótica por diversas regiões do Brasil (ZENNI; ZILLER, 2010). O déficit na fiscalização do manejo de *A. fulica*, assistência, cuidado, controle e, principalmente, mercado consumidor para a carne produzida propiciaram a fuga ou descarte dos moluscos de maneira equivocada. Além disso, no fim da década 80, ao ser informada pela mídia de que o molusco é transmissor de graves doenças, a população teria descartado inúmeras criações remanescentes. Essa, que teria sido uma tentativa de alerta para o controle, ocasionou um maior número de caracóis africanos descartados no ambiente (FISCHER *et al.*, 2005).

A proibição da criação do caracol gigante africano para fins comerciais e soltura no ambiente ocorreu somente a partir do ano de 2005, quando a instrução normativa número 73 do IBAMA (Instituto Brasileiro de Meio ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) o

considerou como não pertencente à fauna silvestre nativa sendo, assim, considerado uma espécie exótica invasora, nociva às espécies nativas, ao ambiente e à agricultura, bem como à saúde pública (IBAMA, 2005). Desta forma, foi autorizada a implementação de medidas de controle, coleta e eliminação do caracol *A. fulica* (COLLEY; FISCHER, 2009).

4.3 Distribuição Geográfica de *Achatina fulica* no Brasil

O caracol gigante africano *Achatina fulica* é considerado como uma das cem espécies invasoras no mundo e, no Brasil encontra-se distribuído em 25 dos 26 estados brasileiros (THIENGO *et al.*, 2013; MORASSUTI *et al.*, 2014), causando problemas às comunidades afetadas e prejuízos econômicos, particularmente à agricultura de subsistência e à saúde pública (FISCHER; COLLEY, 2004). Indivíduos jovens de *A. fulica* são facilmente transportados involuntariamente em cargas principalmente de terra ou pela presença de ovos no material transportado, bem como pelo desconhecimento da população de que esses caracóis pequenos se tornam adultos e se reproduzem rápido, podendo causar problemas sanitários (ZANOL *et al.*, 2010). O estabelecimento e a proliferação de *A. fulica* ocorrem de forma mais eficiente em ambientes com características peculiares, entulho de obra, cercas vivas, restos de lixo e plantas ornamentais (FISCHER; COLLEY, 2005).

Os estados brasileiros mais infestados por *A. fulica* são Goiás, São Paulo, Paraná, Rio de Janeiro, Mato Grosso, Espírito Santo e Minas Gerais, em que dos 5.568 municípios no Brasil, foi registrada a infestação de *A. fulica* em 439 destes (Figura 4) (THIENGO *et al.*, 2007). Além disso, os autores do artigo supracitado chamam à atenção para a rápida dispersão de *A. fulica* no estado do Rio de Janeiro que possui 92 municípios, observando que em junho de 2002 oito municípios informaram sua ocorrência e cinco meses depois foi relatado em mais oito; em janeiro de 2005, *A. fulica* já tinha se espalhado para 39 municípios, chegando a 57 em junho de 2006. Já o estado do Paraná que possui 399 municípios, destes a Secretaria de Saúde registrou a ocorrência de *A. fulica* em 132 (COLLEY; FISCHER, 2009). O estado de São Paulo possui 645 municípios, em que foram registradas também a infestação do caracol gigante africano em 107 destes (CARVALHO *et al.*, 2003; ESTON *et al.*, 2006; OHLWEILER *et al.*, 2010; GUERINO *et al.*, 2017)

Na região Nordeste, ocorre infestação de *A. fulica* nos seus nove estados: Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará, Piauí e Maranhão (THIENGO *et al.*, 2013). De acordo com dados da Comissão de Combate ao Caramujo Africano no Estado de Sergipe, 19 municípios do estado apresentam notificação por infestação do caracol gigante africano: Aracaju, Areia Branca, Arauá, Boquim, Capela, Estância, Itabaiana, Itaporanga, Lagarto, Maruim, Neópolis, Pacatuba, Propriá, Rosário do Catete, Santa Luzia do Itanhi, Siriri, Salgado, São Cristóvão e Umbaúba (IBAMA, 2021). Além

desses municípios, estudos foram realizados no estado de Sergipe no município de Barra dos Coqueiros (CARVALHO *et al.*, 2012), Nossa Senhora do Socorro e mais quatro municípios do Território da Grande Aracaju supracitados (Ramos-de-Souza *et al.*, 2018; Silva *et al.*, 2020).

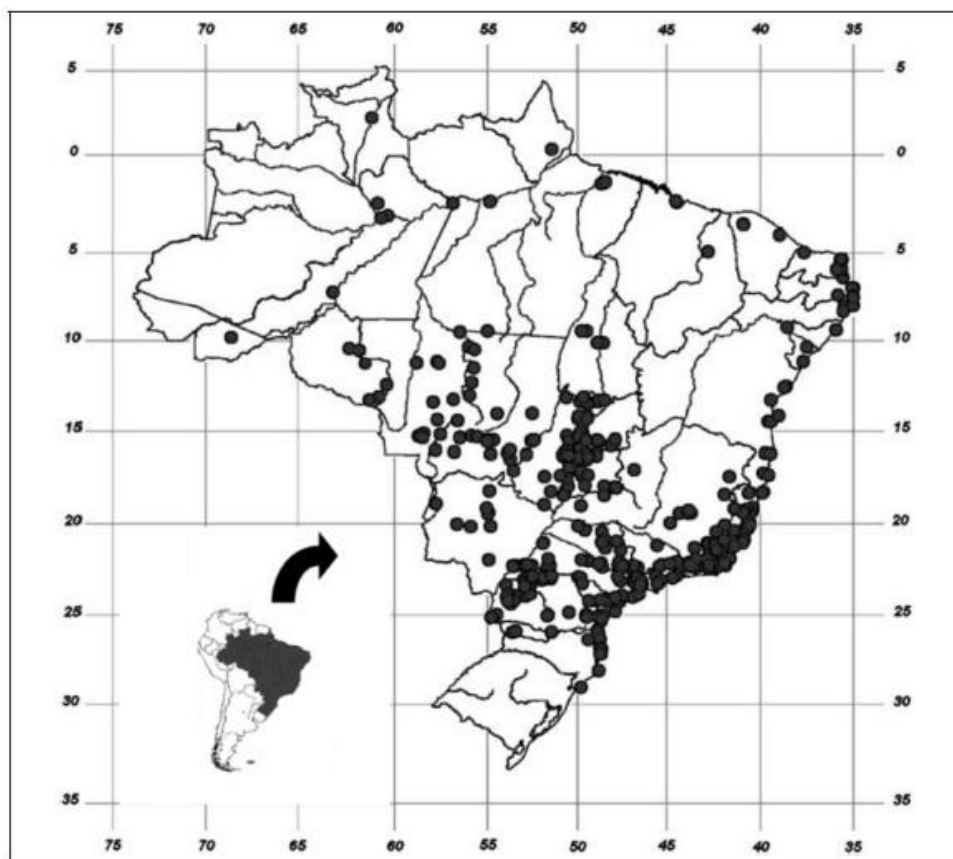


FIGURA 4. Distribuição do caramujo gigante africano *Achatina fulica* no Brasil. Cada ponto representa um município em que foi relatada a presepça do molusco.

Fonte: Thiengo *et al.*, 2007; Thiengo *et al.*, 2013.

4.4 *Achatina fulica* e sua participação como hospedeiro intermediário de nematódeos de interesse à saúde pública

4.4.1 Meningite Eosinofílica

A vasta disseminação de *A. fulica* nos leva a uma preocupação associada já que este caracol invasor é hospedeiro intermediário de larvas de nematódeos da Super família Metastroglyloidea parasitos do ser humano, bem como de felídeos, cães e outros mamíferos (ZANOL *et al.*, 2010). O nematódeo *Angiostrongylus cantonensis* (Chen, 1935), agente etiológico da meningite eosinofílica em seres humanos pode ter *A. fulica* como um dos seus

principais hospedeiros intermediários (THIENGO *et al.*, 2007; THIENGO; FERNANDEZ, 2018).

Há relatos do caracol gigante africano *A. fulica* naturalmente infectado por *A. cantonensis* no Japão, nas ilhas do Oceano Pacífico, na China, Tailândia, Filipinas, França (Guadalupe), Papua nova Guiné, Malásia, Flórida, Havaí, Equador, Argentina, Colômbia e Brasil (LIM; HEYNEMAN, 1965; WALLACE; ROSEN, 1969b; SCRIMGEOU; WELCH, 1984; ASATO *et al.*, 2004; LV *et al.*, 2009; CONSTANTINO-SANTOS, 2014; OLIVEIRA *et al.*, 2015; DARD *et al.*, 2017; DUMIDAE *et al.*, 2019 GIRALDO *et al.*, 2019; BARBOSA *et al.*, 2020; ROLINS *et al.*, 2021). No Brasil, há relatos da distribuição de *A. cantonensis* infectando naturalmente o caracol *A. fulica* em 11 estados: Espírito Santo, Rio de Janeiro, Santa Catarina, São Paulo, Paraná, Amapá, Acre, Pará, Sergipe, Pernambuco e Bahia (CALDEIRA *et al.*, 2007; MALDONADO-JÚNIOR *et al.*, 2010; THIENGO *et al.*, 2010; CARVALHO *et al.*, 2012; MOREIRA *et al.*, 2013; THIENGO *et al.*, 2013; OLIVEIRA *et al.*, 2015; GUERINO *et al.*, 2017; BECHARA *et al.*, 2018; RAMOS-DE-SOUZA *et al.*, 2018; BARBOSA *et al.*, 2020). Em Sergipe, na região metropolitana, Ramos-de-Souza *et al.* (2018), fez o primeiro relato da ocorrência de *A. cantonensis* infectando naturalmente *A. fulica*, bem como outras espécies de moluscos nativos que foram relatados pela primeira vez na literatura *Cyclodontina fasciata* (Potiez; Michaud, 1838) e *Bulimulus tenuissimus* (Orbigny, 1835) (Apêndice B).

Angiostrongylus cantonensis é o agente etiológico da meningoencefalite eosinofílica, uma doença infecciosa também conhecida como angiostrongilíase meningoencefálica (CARVALHO *et al.*, 2012; COWIE, 2013; MORASSUTI *et al.*, 2014) e a ampla distribuição de *A. cantonensis* no Brasil é provavelmente resultado da introdução de roedores parasitados durante o período colonial do país, devido ao comércio ativo com a África e a Ásia na época (MALDONADO-JUNIOR *et al.*, 2010). Além disso, a expansão da meningite eosinofílica pode estar associada à rápida dispersão do caracol gigante africano pelo Brasil (THIENGO *et al.*, 2010).

O roedor *Rattus norvegicus* (Berkenhout, 1769) é o principal hospedeiro definitivo para o nematódeo *A. cantonensis*, sendo o homem um hospedeiro acidental e o caracol *A. fulica* o principal hospedeiro intermediário (MOREIRA *et al.*, 2013). Em ratos, os vermes adultos de *A. cantonesis* vivem nas artérias pulmonares. A fêmea, põe ovos que eclodem, produzindo larvas de primeiro estágio L₁ nos ramos terminais das artérias pulmonares. As larvas L₁ migram para a faringe, são deglutidas e passam pelas fezes dos roedores. O hospedeiro intermediário (molusco) ingere as larvas e após duas mudas produzem as larvas do terceiro estágio L₃, sendo a forma infectante. O hospedeiro acidental (homem) pode adquirir a infecção ao ingerir *A. fulica* infectada com o parasito, assim como pela ingestão de produtos agrícolas (verduras e frutas) que contém muco do molusco ou partes dele. Quando o homem ingere

produtos contaminados, as larvas de terceiro estágio L₃ penetram na parede intestinal e migram pelo sistema circulatório, chegando ao sistema nervoso central realizando mais duas mudas e desenvolvendo-se em larvas L₄ e L₅ entre o sexto e 13º dia. Os vermes não completam seu ciclo de vida em humanos e geralmente morrem, causando lesões inflamatórias intensas. Já no hospedeiro definitivo (rato), no estágio L₄ e L₅ ocorre por volta do 28º dia, em que as larvas migram para os pulmões, seu habitat final, onde há amadurecimento sexual e oviposição (GRAEFF-TEIXEIRA, 2009; THIENGO; FERNANDEZ, 2010; CARVALHO *et al.*, 2012; BARBOSA *et al.*, 2020).

O hospedeiro acidental (homem) pode adquirir a meningite eosinofílica ao ingerir moluscos parasitados por larvas L₃ de *A. cantonensis* e podem infectar-se ao ingerir hospedeiros paratênicos ou de transporte que contenham a larva L₃. Diversos animais são incluídos como hospedeiros paratênicos, dentre eles, caranguejos, camarões de água doce, planárias, sapos e rãs, que se infectam ao ingerir o hospedeiro intermediário (GRAEFF-TEIXEIRA, 2009; COWIE, 2013; KIM *et al.*, 2013; SPRATT, 2015).

Mais de 2.800 casos humanos de meningite eosinofílica causados por *A. cantonensis* foram relatados em mais de 30 países, desde que foi relatado pela primeira vez em Taiwan em 1945 (BEAVER, 1964). No Brasil, dos 84 casos suspeitos, aproximadamente 40 casos foram confirmados de infecção por *A. cantonensis* em humanos, ocorrendo também a confirmação de hospedeiros definitivos e intermediários em diferentes regiões do país com esse parasita (MORASSUTTI *et al.*, 2014; CUNHA *et al.*, 2017; BARBOSA *et al.*, 2020). No Brasil, a angiostrongilíase cerebral foi reportada pela primeira vez em Cariacica e Vila Velha, no Estado do Espírito Santo (CALDEIRA *et al.*, 2007) e Recife e Olinda, capital e município do Estado do Pernambuco, (LIMA *et al.*, 2009; THIENGO *et al.*, 2010) embora já existam muitos registrados de casos em humanos de outras regiões do país, incluindo os estados de Rio Grande do Sul (MORASSUTTI *et al.*, 2014), São Paulo (ESPÍRITO-SANTO *et al.*, 2013) e Macapá capital do estado do Amapá (BARBOSA *et al.*, 2020).

A ampla distribuição do parasita *A. cantonensis* no Brasil, do ponto de vista da saúde pública, enfatiza a necessidade de vigilância e controle de *A. fulica* e roedores, principalmente nos portos e arredores (MALDONADO-JÚNIOR *et al.*, 2010). As melhores maneiras de evitar a meningite eosinofílica são: (1) Evitar comer caracóis não cozidos, lesmas e hospedeiros portadores, como camarões de água doce, caranguejos, e caldos de camarão esmagado; (2) lavagem adequada de vegetais e frutas cruas para consumo; (3) evitar beber água de fontes abertas e desconhecidas; (4) proteger os jovens e crianças de brincar ou comer caracóis e (5) educação sobre o perigos de introduzir caracóis gigantes africanos ou ratos de áreas endêmicas a áreas não endêmicas (ALICATA, 1991).

4.4.2 Angiostrongilíase abdominal

Angiostrongylus costaricensis Morera & Céspedes, 1971 é o agente etiológico da angiostrongilíase abdominal em seres humanos (THIENGO *et al.*, 2013). *A. costaricensis* é um nematódeo parasita zoonótico descrito pela primeira vez em 1971 por Pedro Morera e Rodolfo Céspedes na Costa Rica. A angiostrongilíase abdominal, afeta principalmente crianças em idade escolar e adultos jovens. A infecção por *A. costaricensis* foi associada a espécies de roedores (hospedeiros naturais) e moluscos (reservatórios) nas Américas e no Caribe (ROJAS *et al.*, 2021), embora não haja registros de infecção natural de *A. costaricensis* com o caracol africano *A. fulica* (OLIVEIRA *et al.*, 2010). De acordo com Neuhauss *et al.* (2007), o caracol gigante africano apresenta baixa susceptibilidade a infecção do parasita *A. costaricensis*, uma vez que, em infecções experimentais têm demonstrado baixa infecção e baixa carga parasitária.

Os vermes adultos de *A. costaricensis*, vivem nas artérias mesentéricas dos hospedeiros definitivos (ratos). As fêmeas de *A. costaricensis* liberam ovos que por meio da corrente sanguínea são levados para a parede intestinal ocorrendo a eclosão das larvas L₁, sendo essas larvas liberadas no solo junto com as fezes dos roedores. No meio ambiente as larvas por via oral ou percutânea infectam o hospedeiro intermediário (moluscos) e a larva sofre duas mudas chegando a L₃. O homem é infectado acidentalmente quando ingere alimentos (frutas, verduras, moluscos) com a presença de larvas no estágio L₃. Após ser ingerida pelo homem, a larva L₃ atravessa o tecido intestinal e vascular (linfática ou sanguínea), chegando à artéria mesentérica, onde tornam-se adultas liberando ovos nos tecidos intestinais. Os ovos e larvas degeneram e provocam reações inflamatórias locais intensas (GRAEFF-TEIXEIRA, 2005; MOTA; LENZI, 2005).

No Brasil há o registro de *A. costaricensis* infectando roedores, humanos e moluscos nos estados de Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Parana, São Paulo, Brasília, Minas Gerais e Espírito Santo (RAMBO 1997; GRAEFF-TEIXEIRA, 1997; ROJAS *et al.*, 2021). A principal espécie de moluscos infectados com *A. costaricensis* no Brasil, são lesmas terrestres que fazem parte da família Veronicellidae e Limacidae (ROJAS *et al.*, 2021).

4.5 Outros nematódeos de interesse médico-veterinário associados a *Achatina fulica*

4.5.1 *Aelurostrongylus abstrusus* (Railliet, 1898)

Achatina fulica foi encontrado naturalmente infectado com larvas de *Aelurostrongylus abstrusus* (Railliet, 1898) é o principal parasita pulmonar de gatos (THIENGO *et al.*, 2008). distribuição mundial. As formas adultas deste parasita vivem em bronquíolos terminais e alvéolos do hospedeiro definitivo (gato), e podem causar uma doença assintomática ou clínica

na qual predominam os sinais respiratórios, que podem ocasionalmente causar a morte (PEREIRA *et al.*, 2017).

O ciclo de vida de *A. abstrusus* é indireto, a partir das fezes do gato (hospedeiro definitivo), a larva em primeiro estágio L₁ penetra no molusco, após quatro a cinco semanas ocorrem duas mudas para o terceiro estágio larval L₃ (DIMZAS *et al.*, 2020). Ratos e aves que ingerem moluscos infectados podem atuar como hospedeiros paratênicos. Os gatos se infectam ingerindo moluscos e / ou hospedeiros paratênicos (PENAGOS-TABARES *et al.*, 2019). As larvas emergem no estômago, passam através da corrente sanguínea para os pulmões, tornando-se adultas em 15 dias. *A. abstrusus* é conhecido por infectar, principalmente, gatos que têm um comportamento de caça, e estão mais suscetíveis a ingerir os hospedeiros intermediários ou paratênicos (HALMITON; MCKAW, 1968).

4.5.2 *Angiostrongylus vasorum* (Baillet, 1866; Kamensky, 1905)

Angiostrongylus vasorum (Baillet, 1866; Kamensky, 1905) é um parasito de artérias pulmonares de canídeos domésticos e silvestres (PEREIRA *et al.*, 2020). Embora não haja registros de transmissão natural no Brasil com o caracol gigante africano (OLIVEIRA *et al.*, 2010), outros estudos identificaram a infecção natural pelo *A. vasorum* no caracol *A. fulica* na Colômbia (LANGE *et al.*, 2018; PENAGOS-TABARES *et al.*, 2019).

4.5.3 *Cruzia tentaculata* (Rudolphi, 1819)

Ramos de Souza *et al.* (2021), realizaram o primeiro estudo que forneceu evidências moleculares e morfológicas sobre a ocorrência de larvas de *Cruzia tentaculata* em moluscos terrestres, incluindo espécies nativas e espécies invasoras como o caracol *A. fulica*. Este registro ocorreu no Rio de Janeiro, Brasil e é o primeiro relato do papel dos moluscos terrestres como hospedeiros intermediários no ciclo de vida de *C. tentaculata*, uma vez que esse parasita tem como hospedeiro definitivo o gambá (*Didelphis* sp.).

4.5.4 *Achatina fulica* associado à nematódeos de vida livre

O caracol *A. fulica* é amplamente distribuído pelo Brasil e normalmente ocorre em populações densas devido ao seu alto potencial reprodutivo e hábitos generalistas (THIENGO *et al.*, 2013). *A. fulica* geralmente está em locais com ausência de saneamento básico, locais com lixo, entulhos e materiais orgânicos em decomposição, tornando o ambiente propício para a presença e manutenção de moluscos quanto de nematódeos de vida livre (SILVA *et al.*, 2020). Nematódeos de vida livre podem utilizar *A. fulica* como hospedeiro forético fixando-se através do muco para mudar de ambiente, bem como podem ser ingeridos e passar pelo sistema digestivo de *A. fulica*, sendo encontrados nas fezes, quando realizado à análise de

muco, fezes ou pela digestão dos tecidos do molusco. Com isso é comum encontrar nematódeos de vida livre dos grupos Ascarioidea, Trichuroidea, Ancylostomatidae (MOROCHOIMA *et al.*, 2014).

Espécies pertencentes ao gênero *Rhabditis* (Duhardin, 1844), alguns deles considerados de vida livre, vivem habitualmente em matéria orgânica em decomposição, terra úmida e em água doce ou salgada. Algumas espécies são parasitas de insetos e ocasionalmente de vertebrados, pertencem ao filo Nematelmintos, classe Nematoda, superfamília Rhabditoidea, ordem Rhabdiasidae e família Rhabdiasidae (MARTINS-JR, 1985; ABDALLA *et al.*, 2008). Nematódeos *Rhabditis* sp. foram relatados associados a *A. fulica* em Goiás (OLIVEIRA *et al.*, 2010), Bahia (ALMEIDA, 2014) e Sergipe (SILVA *et al.*, 2020). Em Sergipe outros nematódeos de vida livre do gênero *Caenorhabditis* foram também identificados (RAMOS-DE-SOUZA *et al.*, 2018).

4.6 *Achatina fulica* como um problema econômico nas lavouras

A. fulica é reconhecida como uma praga que afeta lavouras em diversas regiões do Brasil e do mundo. Esta espécie causa riscos na produção agrícola, devido a sua rápida proliferação e alimentação, consumindo principalmente folhas de plantações de diversas culturas (COLLEY; FISCHER, 2009). Nos inúmeros países em que se estabeleceu, *A. fulica* promoveu a devastação de plantações e lavouras comerciais, bem como a destruição de grãos armazenados, além de hortas tornando-se um sério problema à agricultura local (TELES *et al.*, 1997; VASCONCELLOS; PILE, 2001; DA SILVA; ALELUIA, 2010).

Na América do Sul *A. fulica* foi identificado na Colômbia em 11 cidades e na Venezuela a espécie foi encontrada próximo à reserva florestal de Imataca ao sul do estado de Delta Amacuro, se alimentando de uma cultura de feijão (*Phaseolu vulgaris*) (JULIO; MACHADO, 2017). Na Índia o aumento dos custos econômicos da agricultura associados à invasão da *A. fulica* são significativos devido à perda de produtividade, sendo o molusco gigante africano considerado um problema em áreas peri-urbanas e em zonas rurais (SARMA *et al.*, 2015),

4.7 Medidas de controle de *Achatina fulica*

O aperfeiçoamento de medidas de controle e criar estratégias e novas metodologias que viabilizem um melhor manejo dos moluscos são adotadas para vigilância e erradicação do caramujo gigante africano tais como, medidas de controle biológico, químico, físico e saneamento (COLLEY, 2010). Estudos também são realizados para tentar reduzir danos às lavouras e ao ambiente. Na Flórida Roda *et al.*, (2018), utilizaram armadilhas específicas que podem ser uma ferramenta útil que pode contribuir com a erradicação de *A. fulica*.

O controle biológico tem como vantagem a utilização dos serviços da natureza, reduzindo os custos. No entanto, não há um predador específico para *A. fulica*. Em uma tentativa de eliminar o caracol gigante africano, inseriram no Havaí o molusco *Eugladinea rosea* (Ferussac, 1821), carnívoro, que se tornou um problema maior do que *A. fulica*, sendo responsável pela extinção de aproximadamente 600 espécies de moluscos, nativos e invasores (KIZIE III, 1992; COLLEY, 2010). Uma outra tentativa de controle biológico foi a inserção do nematódeo *Phasmarhabditis hermafrodita* (A. Schneider, 1859), que serve como agente de controle biológico para moluscos terrestres no norte da Europa, no entanto, *A. fulica* é resistente ao nematódeo, diferente de outros moluscos que com 30 dias de exposição são mortos. O molusco gigante africano infectado encapsula as larvas de *P. hermaphrodita* e posteriormente morrem na sua concha. *A. fulica* pode começar a encapsular *P. hermaphrodita* após três dias de exposição podendo essa ser devida a uma resposta imune do molusco (WILLIAMS; RAE, 2015).

Em relação ao controle químico, há falta de produtos específicos e por outro lado a elevada toxicidade e a permanência do veneno, coloca em risco o ambiente, moluscos nativos e a saúde humana. As barreiras físicas, são utilizadas como proteção de ambientes específicos, por meio da colocação de arames, telas de metal, biombos de arame contornando por exemplo o caule das plantas. Essa medida necessita de manutenção frequente para ser eficiente. A educação sanitária somada a catação manual de *A. fulica* tem se mostrado mais eficiente, sendo necessária a participação e conscientização da comunidade e órgãos competentes (COLLEY, 2010).

Algumas campanhas de combate ao caramujo trazem a mensagem de que a população detém a tarefa de realizar a limpeza de seu terreno, desvirtuando a responsabilidade partilhada com os cidadãos e órgãos públicos. Os agentes morais são inúmeros e simultâneos, em que a mensagem não é passada de forma clara para essas comunidades. Muitas vezes isso ocorre em comunidades carentes, em que as pessoas estão em situação de vulnerabilidade diante do isolamento da comunidade, degradação ambiental, ineficiência do sistema de saneamento, má orientação no uso de recursos naturais (FISCHER; COSTA, 2010; FISCHER; DE GANG, 2020).

A observação das características do ambiente, a educação em saúde e ambiente e a compreensão da população a respeito do caracol gigante africano e de outros moluscos é relevante para subsidiar planos de controle malacológico, que deve envolver a sensibilização da população para o problema ambiental e riscos à saúde pública (DE OLIVEIRA *et al.*, 2012). Medidas que objetivem a educação ambiental envolvendo as escolas e a comunidade, informando sobre a problemática, e como combatê-lo é de fundamental importância. Parcerias entre as Secretarias do Município (ambiental, saneamento, saúde e de limpeza urbana) com

as Associações de Bairro seriam muito importantes para subsidiar ações de combate e esclarecimento da população a respeito do caracol gigante africano (ALVES *et al.*, 2017).

4.8 A importância da pesquisa com *Achatina fulica* e o conceito de “One Health”

Durante os últimos anos, foram coletados muitos exemplares de *A. fulica* naturalmente infectados por larvas de *A. cantonensis* e outros nematódeos. Chamando a atenção da suscetibilidade potencial de *A. fulica* aos nematódeos presentes em áreas que foram invadidas recentemente e pela sua capacidade de disseminação em grande escala geográfica em um curto período de tempo e ao mesmo tempo fortemente influenciado pelas atividades antrópicas (SOUZA *et al.*, 2021).

Ressalta-se a importância dos estudos integrativos, analisando tanto o agente etiológico quanto a dinâmica de sua transmissão no meio ambiente, o biológico, ecológico, características e impactos de seus hospedeiros (VALENTE *et al.*, 2020). Diante disso, vale ressaltar a importância de discutir a respeito do conceito de “One Health” em que a saúde humana e animal são interdependentes e estão ligadas ao meio ambiente em que eles coexistem. Desta forma, o agente etiológico, o hospedeiro e o ambiente constituem uma tríade que é influenciada por variações contínuas causadas por fatores ambientais e mudanças sociais. Desse modo, a abordagem da pesquisa em “One Health” é de forma multi e interdisciplinar, em que os pesquisadores estejam mais cientes de quais correlações com outras espécies, grupos, populações, ecossistemas irão ser mais relevantes, resultando na melhor maneira de se fazer ciência (LERNER; BERG, 2015).

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Área de estudo

Trata-se de um estudo de tipo ecológico utilizando como unidades de análise os oito Territórios de Sergipe (Alto Sertão, Médio Sertão, Baixo São Francisco, Agreste Central, Leste, Grande Aracaju e Sul) (Figura 5). O estado de Sergipe está localizado na região Nordeste do Brasil e possui uma área territorial de 21.915,116 Km² (IBGE, 2017) (Tabela 1). Os oito Territórios de Sergipe possuem características distintas, como identidade cultural, atividades econômico-produtivas e características geoambientais (IBGE, 2011) (DE OLIVEIRA FALCÓN & SANDES, 2018).

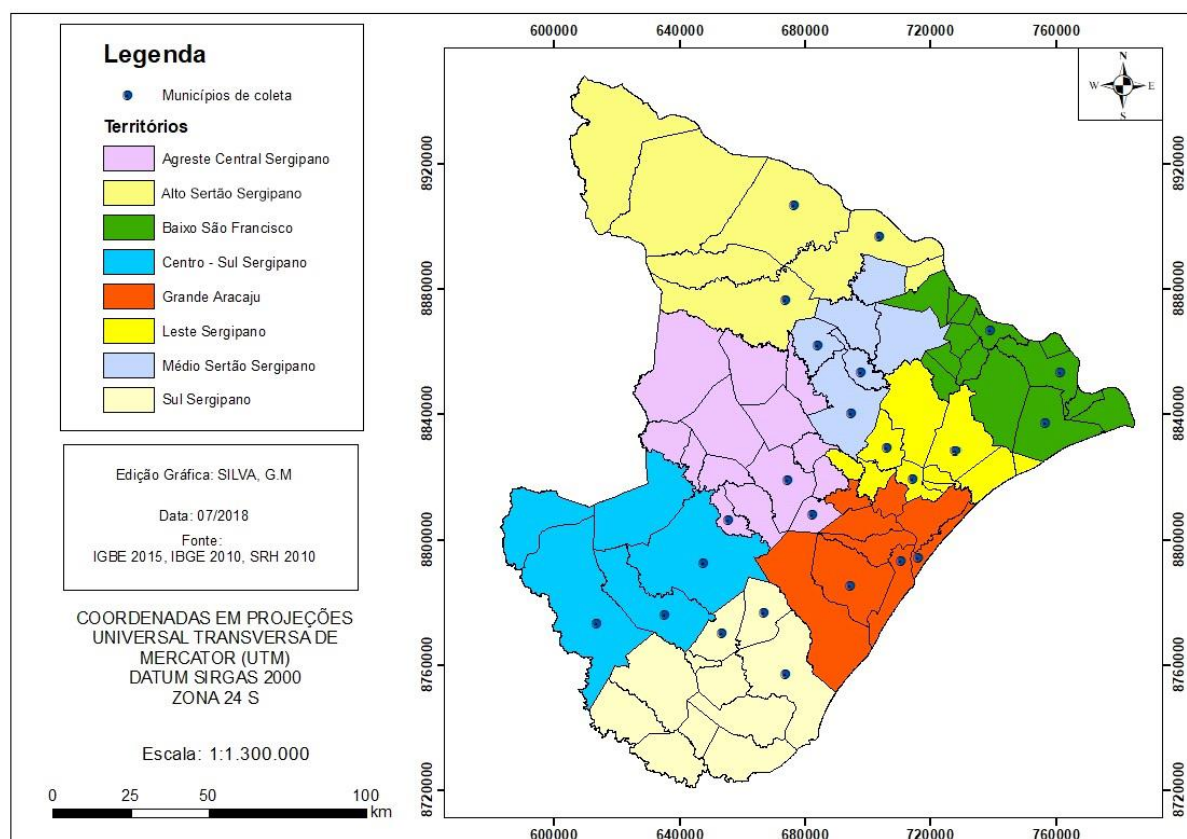


Figura 5. Distribuição dos oito territórios de Sergipe e localização dos Municípios que participaram da pesquisa de *Achatina fulica* no estado de Sergipe (identificados por um ponto).**Fonte:** (IBGE 201

Tabela 1. Características e localização dos municípios nos quais foram realizadas coletas de moluscos *Achatina fulica* (período) nos oito Territórios definidos para o estado de Sergipe.

Território	Municípios em Estudo	Área (km²)	Variação anual média (Temperatura máx-mín °C)	Estação coleta de dados INIMET	Georreferenciamento	
Grande Aracaju	Aracaju Barra dos Coqueiros São Cristóvão	2.187.354	26.3-27.3	Aracaju	10°54'05.0"S	37°03'04.1"W
					10°49'31.7"S	36°56'48.1"W
					11°00'55.0"S	37°12'24.8"W
Sul Sergipano	Estância Boquim Salgado	3.130.998	21-29	Itabaianinha	11°16'18.0"S	37°25'53.4"W
					11°08'39.6"S	37°37'53.2"W
					11°01'38.7"S	37°28'22.3"W
Centro Sul	Lagarto Riachão do Dantas Tobias Barreto	3.520.899	24,3 -25.6	Poço Verde	10°55'01.2"S	37°39'42.4"W
					11°04'10.7"S	37°43'31.3"W
					11°11'06.7"S	38°00'09.7"W
Agreste Central	Areia Branca Itabaiana São Domingos	3.123.211	26.5-27.8	Aracaju	10°45'30.2"S	37°18'57.0"W
					10°42'19.5"S	37°25'30.9"W
					10°47'24.4"S	37°34'05.0"W
Alto Sertão	Nossa Senhora da Glória Porto da Folha Gararu	4.900.686	24.4-25.6	Glória e Pão de Açúcar	10°12'45.6"S	37°25'11.0"W
					09°55'00.5"S	37°16'30.4"W
					09°58'08.6"S	37°04'53.5"W
Médio Sertão	Nossa Senhora das Dores Feira Nova Cumbe	1.582.446		Glória	10°29'50.4"S	37°11'55.7"W
					10°15'34.5"S	37°18'36.8"W
					10°21'55.2"S	37°11'08.9"W
Baixo São Francisco	Propriá Neópolis Pacatuba	1.946.090	22.3-31.4	Propriá e Brejo Grande	10°13'06.8"S	36°49'47.0"W
					10°19'19.8"S	36°34'33.2"W
					10°27'09.9"S	36°39'00.9"W
Leste Sergipano	Japaratuba Siriri Rosário do Catete	1.518.664	-	Aracaju	10°35'53.3"S	36°56'40.1"W
					10°36'17.8"S	37°06'44.5"W
					10°42'10.3"S	37°02'10.8"W

Fonte: Sergipe, 2010; De Oliveira Falcón; Sandes, 2018; INMET, 2020, Santos; Souza 2018. *Max-Máxima; Min-Mínima.

5.2 Determinação dos pontos de coletas (parcelas fixas)

A determinação dos pontos de coleta foi baseada nos registros prévios da presença de *A. fulica* realizados pelas prefeituras dos municípios de Sergipe, na reunião realizada em 2015 pela Comissão Estadual de Combate ao Caramujo Gigante Africano – IBAMA, SE, na qual foi relatada a ocorrência de 19 municípios com infestação de *A. fulica* na zona urbana: Aracaju, Areia Branca, Arauá, Boquim, Capela, Estância, Itabaiana, Itaporanga d' Ajuda, Lagarto, Maruim, Neópolis, Pacatuba, Propriá, Rosário do Catete, Santa Luzia do Itanhi, Siriri, Salgado, São Cristóvão e Umbaúba (IBAMA, 2021). Diante disso, foram selecionados 24 municípios para este estudo, sendo que 13 destes foram dos registros da Comissão do Combate ao caramujo Gigante Africano e mais cinco municípios vizinhos a estes foram incluídos, para padronizar a distribuição de três municípios para cada território.

Para avaliar a ocorrência e distribuição da *A. fulica* e outros moluscos terrestres foi utilizada a metodologia de parcela adaptada de Pereira *et al.* (2015). As parcelas são áreas fixas de coleta com tamanho de 20 m de comprimento por 10 m de largura. A alocação dessas unidades nesses municípios possibilitou uma representação adequada da diversidade local.

5.3 Georreferenciamento e confecção de mapas

O georreferenciamento das parcelas nos municípios em estudo foi realizado utilizando receptor GPS (eTrex Vista® HCx – personal navigator). Com isso foram estabelecidas informações geográficas pela obtenção de coordenadas dos pontos específicos (Tabela 2). A partir das coletas de moluscos no estado de Sergipe, foram mapeadas a localização de *A. fulica* e dos moluscos nativos, com o auxílio do software QGIS.

Na confecção dos mapas o programa QGIS foi utilizado na obtenção de dados reais para confecção da escala. Para a montagem e desenho das bases dos mapas foi utilizado o programa Adobe Illustrator (modelo C6s). Posteriormente, as ilustrações foram editadas com Adobe Photoshop, onde novas camadas artísticas são adicionadas como cores, padrões de textura e novas informações, até que esteja finalizado de acordo com o resultado desejado.

5.4 Coleta de moluscos

A coleta de *A. fulica* foi realizada em fevereiro (referente ao final do período seco) e em setembro (referente ao final do período chuvoso) dos anos de 2019 e 2020. Os caracóis foram coletados ao final de cada período, com o intuito de descrever e analisar as características da ocorrência dos gastrópodes nos locais de ocorrência no período vigente. Foram coletados apenas os moluscos que estiveram dentro do perímetro da parcela, seguindo o método de captura por unidade de esforço (CPUE/hora) (ALBUQUERQUE *et al.*, 2008), com

o tempo de esforço 10 minutos coletor. A busca dos moluscos priorizou locais que servem de abrigo, como debaixo de troncos caídos, entre a vegetação, enterrados no solo, lixo, entulhos e arbustos.

5.5 Registro das características das parcelas

Durante as coletas em 2019 e 2020 foi realizado o registro e fotodocumentação das características das parcelas onde os moluscos foram encontrados, com o auxílio da ficha de campo na qual foram registradas as seguintes informações: tempo (ensolarado, nublado, chuvoso), presença de lixo, entulhos, animais domésticos, esgotamento sanitário, tipo de vegetação, manutenção da área, características do solo (úmido, seco), comportamento de *A. fulica* (ativa, repouso, estivação) e presença de ovos (Apêndice A). Os dados presentes na ficha de campo foram registrados durante todas as coletas realizadas no período de estudo, sendo uma ficha para cada parcela.

As médias mensais dos dados climáticos (temperatura, umidade relativa e precipitação) foram obtidas no Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, pelas estações automáticas e convencionais distribuídas pelos Territórios de Sergipe (Tabela 1) (INMET 2021). Esses dados foram colhidos referente ao mês vigente de cada coleta (fevereiro e setembro), ao qual o molusco *A. fulica* esteve se desenvolvendo no seu habitat.

5.6 Coleta do solo e análise físico – química

Foram coletadas amostras de solo nas 24 parcelas, sendo realizadas paralelamente à coleta dos moluscos. Com auxílio de espátula de aço inoxidável foram coletadas amostras do solo com profundidade de até 5 cm em cinco pontos da parcela (quatro extremidades e um ponto variável da parcela), onde foram colhidos 500g de amostra. A escolha do ponto variável se deu nos locais onde foram observados exemplares de *A. fulica* enterrados ou em estágio gregário (FISCHER *et al.* 2012; ALMEIDA *et al.* 2016). A coleta de solo em parcelas em que não havia presença de *A. fulica*, foi realizada no centro da parcela (Figura 6).

Posteriormente à coleta de solo, as amostras foram homogeneizadas e guardadas em potes de 500 mL. As análises das amostras de solo foram realizadas seguindo as metodologias descritas por Camargo *et al.*, (2009) que consistiram na mensuração do pH em água, Cálcio (Ca) e matéria orgânica. As amostras foram secadas em estufa a 100°C por 24h, e finamente pulverizadas ($\approx$ 200 mesh) com um almofariz e pistilo de ágata. Foi separado 1,0 g ($\pm 0,0001$) da amostra para ensaio da perda ao fogo em mufla a 1000°C por 2h. As amostras foram analisadas qualitativamente de acordo as suas propriedades físicas (pH, cálcio) e biológicas (matéria orgânica), detectados na varredura qualitativa através da técnica de

fluorescência de raios X, utilizando-se um espectrofotômetro de fluorescência de raios X, equipado com tubo Rh (modelo S6 Jaguar).

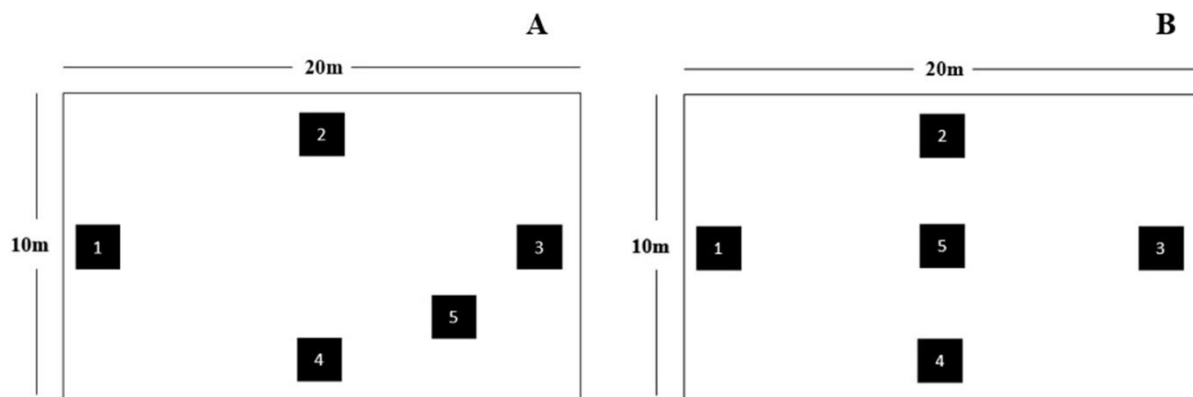


Figura 6. coleta de amostras de solo nas parcelas de 20 x 10 m. A) Pontos 1 e 3 localizados na lateral de 10 m; pontos 2 e 4 localizados no lado de 20 m; o ponto 5 corresponde ao ponto referente a coleta de *A. fulica* no estágio gregário, selecionado de acordo com a presença do caracol na parcela. B). Parcelas em que não foram encontrados espécimes de *A. fulica*, o ponto 5 foi posicionado no centro da parcela.

5.7 Dados Biométricos de *Achatina fulica*

Após a coleta os moluscos foram encaminhados para o Laboratório de Doenças Infecciosas e Parasitárias – LDIP no Instituto de Tecnologia e Pesquisa – ITP, Aracaju, SE. Imediatamente depois foram verificados os dados biométricos dos exemplares coletados, para que eles não sofressem alteração principalmente da massa total.

Os espécimes coletados foram submetidos à mensuração das conchas utilizando paquímetro de Vernier (modelo universal), sendo o maior comprimento total da concha considerado desde o ápice até a margem anterior e a largura o ponto médio da concha (OLIVEIRA *et al.*, 2013) (Figura 7). A determinação das classes de tamanho foi adaptada de Fischer; Colley (2005) e Almeida (2013): filhotes (até 1,0 cm), jovens (entre 1,01 cm e 4,0 cm), adultos jovens (entre 4,01 e 7,0 cm) e adultos (maior que 7,01 cm). Posteriormente verificou-se a massa total com balança digital, modelo SF-400 (precisão 0,0001 g).

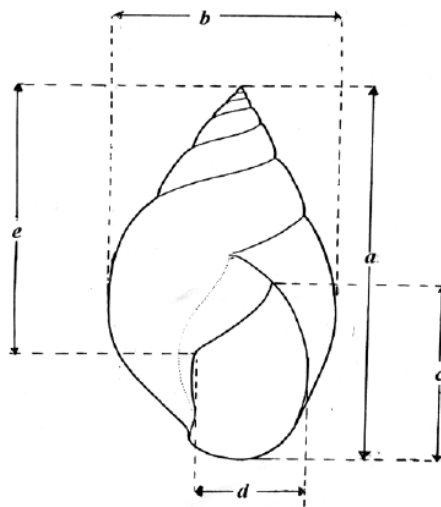


Figura 7. Biometria da concha de *A. fulica*, onde **a** é o comprimento, **b** é a largura, **c** é a altura da abertura, **d** é o diâmetro ou largura da abertura e **e** é a altura da columela. **Fonte:** Yokita (2010).

5.8 Crescimento alométrico e fator de condição relativo de *Achatina fulica*

Após a verificação da mensuração dos caracóis *A. fulica*, foram obtidos dados como o comprimento total (L_t) da concha (do ápice até a base da abertura) e a massa total (W_t). Com esses dados foi possível calcular as médias dessas variáveis morfométricas e verificar as relações entre massa-comprimento e fator de condição relativo, que foram determinadas usando as equações: $W_t = aL_t^b$, em que a e b são parâmetros de crescimento (LE CREN, 1951; BOLGER; CONNOLY, 1989). Dependendo do valor do coeficiente alométrico (b), o crescimento foi considerado isométrico ($b = 3$) ocorrendo de forma simétrica entre a massa e o comprimento; alométrico positivo ($b > 3$), o crescimento da massa é maior do que em comprimento e alométrico negativo ($b < 3$), o crescimento é maior em comprimento do que em massa (ARAUJO *et al.*, 2011). Em seguida, foi utilizado o fator de condição relativo ou de Le Cren, representado pela equação $KR = M_{obs}/M_{esp}$, sendo a massa observada (M_{obs}), a massa obtida da pesagem de cada indivíduo após a coleta de campo e a massa esperada (M_{esp}), a massa determinada pela curva da relação massa-comprimento. Considera-se que a relação entre a massa observada e a massa esperada deve ser o $KR = 1$ (massa ideal); quando o $KR > 1$ o indivíduo está acima da massa esperada e $KR < 1$ abaixo da massa esperada (LE CREN, 1951).

5.9 Identificação dos gastrópodes

Após a coleta e mensuração dos dados biométricos, os exemplares foram encaminhados ao Laboratório de Referência Nacional em Esquistossomose – Malacologia (LRNEM) da Fundação Oswaldo Cruz / Instituto Oswaldo Cruz (IOC/FIOCRUZ – Rio de

Janeiro). Os moluscos foram mantidos em terrários de vidros, redondos (30cm comprimento X 15 cm altura) e retangular (35 comprimento X 15 largura X 20 altura), e identificados de acordo com o município da parcela até o momento da digestão artificial (Figura 8).



Figura 8. Terrários de vidro para armazenamento dos moluscos no Laboratório de Referência Nacional em Esquistossomose – Malacologia (LRNEM-IOC/Fiocruz-RJ). **Fonte:** Acervo Pessoal.

Para a identificação da *A. fulica* foram observadas as características típicas da concha para proceder à identificação específica. Para isso foi utilizado a descrição realizada por Salgado (2010). Exemplares de *A. fulica* e outros caracóis foram identificados e depositados na Coleção de Moluscos do Instituto Oswaldo Cruz (CMIOC - 12835, 12089, 19090, 12824, 12825, 12842, 12829, 12820, 12821, 12840, 12819, 12826, 12832, 12830, 12831, 12838, 12839, 12836, 12827, 12837, 12834, 12833, 12822, 12088, 11871, 12841, 12823, 12086 (Apêndice B).

5.10 Pesquisa de nematódeos nos tecidos dos moluscos

Para a pesquisa de larvas nos tecidos dos caracóis coletados foi utilizado o método adaptado de Wallace e Rosen (1969a). Todos os exemplares vivos de moluscos foram examinados utilizando-se o método de digestão artificial em HCl a 0,7%, técnica que permite a recuperação das larvas vivas de nematódeos (GRAEFF-TEIXEIRA; MORERA, 1995). Os caracóis foram identificados e de forma individual as suas conchas foram quebradas e logo em seguida o cordão nervoso foi seccionado para reduzir a sensibilidade do caracol, logo após o tecido mole foi cortado em partes menores. No processo de digestão todo o tecido dos caracóis é submerso em HCl a 0,7% por seis horas em frascos de vidro com a identificação de cada animal. Em seguida, as amostras digeridas foram transferidas para o aparelho de Baermann-Moraes e deixadas em repouso “over night” de 17 horas (Figura 9). No dia seguinte 14 mL do material é recolhido em tubos de Falcon e centrifugado a 1500 rpm durante oito minutos. Logo após, o sobrenadante foi dispensado e é realizado a leitura do material em

microscópio estereoscópico modelo GmbH (Carl Zeiss, Jena, Alemanha) e logo em seguida microscópio óptico, modelo DMLS (Leica Microsystems Wetzlar GmbH, Wetzlar, Alemanha), nesse processo ocorre a triagem e separação das larvas de acordo com a sua morfologia. As larvas separadas foram aquecidas a 60°C em lâminas e analisadas quanto a morfologia: Rabditiforme, Metastrongyloidea ou outros tipos de larvas, com base na descrição de Oliveira *et al.* (2010). Algumas dessas larvas e outros nematódeos também foram separados para a extração de DNA e identificação molecular.

Após a triagem das amostras com a presença de nematódeos foram adicionados 14 mL de solução salina tamponada (PBS) que tem como finalidade neutralizar o ácido proveniente da digestão artificial para não interferir no processo de identificação molecular. Em seguida todo o processo se repete com a centrifugação de 1500rpm durante oito minutos até a separação das larvas com mais ou menos 0,5 µm de PBS, em microtubos de 1,5 ml e congeladas a – 20 ° C, para posterior análise molecular.



Figura 9. Aparelho de Baermann-Moraes com amostras de moluscos terrestres digeridos artificialmente pela técnica de Wallace & Rosen (1969a). **Fonte:** Acervo pessoal.

5.11 Identificação molecular dos nematódeos

No Laboratório de Malacologia – IOC/Fiocruz, RJ, foi realizada a identificação molecular na qual as larvas são distribuídas em três microtubos, com no máximo 10 larvas por tubo.

5.11.1 Identificação *Angiostrongylus cantonensis* e *Aelurostrongylus abstrusus*

A extração do DNA foi realizada a partir dos microtubos contendo 10 larvas obtidas de cada exemplar de *A. fulica*, em que foram adicionados a solução 1X do tampão utilizado na PCR (Buffer para PCR (Thermo Fisher Scientific®, Massachusetts, EUA) até completar o volume de 30µL. O material foi submetido a três ciclos de congelamento (em nitrogênio líquido) e descongelamento (95°C) em um Banho seco. Em seguida, os microtubos foram identificados com fita adesiva para criogenia (*Fisherbrand self sticking tape*) e armazenados a -20°C até o momento da Reação em Cadeia da Polimerase (PCR).

Para a Reação em Cadeia da Polimerase (PCR), preparou-se mixes contendo tampão 5X Green GoTaq Flexi Buffer (1X); desoxinucleotídeos trifosfato (dNTP's) (0,2 mM); MgCl₂ (2,5 mM); Iniciadores (0,1 µM) Nem F3 – 5' AAA GTT CTA ATC ATA AGG ATA T 3' e Nem R3 – 5' AAA CCT CTG GAT GAC CAA AAA ATC A 3' modificado de Prosser *et al.*, (2013) e a enzima GoTaq G2 Hot Start DNA (1,25 U/reacção). Após o processo de preparação dos mixes, foi adicionado 5 µL do DNA da amostra, obtendo-se um volume final de reacção de 25 µL para cada reacção. Em todas as reacções foram utilizados controle negativo (contendo água ultrapura como amostra) e controle positivo com DNA genômico de *Angiostrongylus cantonensis*, confirmado previamente pelo Sequenciamento de Sanger.

O gene mitocondrial Citocromo Oxidase subunidade I (COI) foi amplificado em termociclador modelo Veriti® Thermal Cycler nas condições de reacção: 94°C durante 5 min para a ativação da enzima GoTaq; 35 ciclos constituídos das seguintes etapas: desnaturaçao a 94°C por 40 seg, anelamento a 51°C por 40 seg e extensão a 72°C por 1 min; seguidos por mais um ciclo de extensão final a 72°C por 1 min e um ciclo de 17°C por 3 minutos.

No processo de identificação dos fragmentos de DNA amplificados foi utilizado o método de eletroforese em gel de agarose 1,5%. Todas as amostras foram coradas com brometo de etídio e visualizadas sob luz ultravioleta.

Os produtos de PCR foram purificados usando o Kit QIAquick® PCR & Gel Cleanup Kit, seguindo o protocolo do fabricante. Os produtos purificados foram sequenciados pelo Sequenciamento de Sanger. O sequenciamento foi realizado pela Plataforma de Sequenciamento de DNA do Instituto Oswaldo Cruz, PDTIS / FIOCRUZ. Após a obtenção das sequências, foram realizadas as suas edições por meio do software SeqMan, gerando um arquivo fasta. Após esse processo uma pesquisa de similaridade é realizada por meio do BLAST(https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi?PROGRAM=blastn&PAGE_TYPE=BlastSearch&LINK_LOC=blasthome) para identificar a correspondência mais próxima entre as sequências depositas no GenBank (Basic Local Alignment Search Tool).

5.11.2 Identificação de *Cruzia tentaculata*

A extração do DNA foi realizada a partir dos microtubos contendo uma larva obtida de *A. fulica*. Esse processo foi realizado utilizando o kit o Dneasy Blood & Tissue kit (Qiagen), seguindo o protocolo do fabricante, e o DNA obtido é utilizado para realização da Reação em Cadeia da Polimerase (PCR). Em seguida, os microtubos foram identificados com fita adesiva para criogenia (*Fisherbrand self sticking tape*) e armazenados a -20°C até o momento da Reação em Cadeia da Polimerase (PCR).

Para a Reação em Cadeia da Polimerase (PCR), preparou-se mixes contendo trealose (2%); tampão 5X Green GoTaq Flexi Buffer (1X); desoxinucleotídeos trifosfato (dNTP's)(0,2mM); MgCl₂ (2,5mM); Iniciadores (0,05 µM) Nem F1 -5' TGT AAA ACG ACG GCC AGT CRA CWG TWA ATC AYA ARA ATA TTG G 3' ; Nem F2 – TGT AAA ACG ACG GCC AGT ARA GAT CTA ATC ATA AAG ATA TYG G 3'; Nem F3 – 5' TGT AAA ACG ACG GCC AGT ARA GTT CTA ATC ATA ARG ATA TTG G 3'; Nem R1 5' CAG GAA ACA GCT ATG ACT AAA CTT CWG GRT GAC CAA AAA ATC A 3'; Nem R2 - CAG GAA ACA GCT ATG ACT AWA CYT CWG GRT GMC CAA AAA AYC A; Nem R3 – CAG GAA ACA GCT ATG ACT AAA CCT CWG GAT GAC CAA AAA ATC A (PROSSER *et al.*, 2013) e a enzima GoTaq G2 Hot Start DNA (1,25 U/reacção). Após o processo de preparação dos mix, foi adicionado 3 µL do DNA da amostra, obtendo-se um volume final de 25 µL para cada reacção. Em todas as reacções foram utilizados controle negativo (contendo água ultrapura como amostra) e controle positivo com DNA genômico de *Angiostrongylus cantonensis*, confirmado previamente pelo Sequenciamento de Sanger.

O gene amplificado é o gene mitocondrial Citocromo Oxidase subunidade I (COI), amplificado em termociclador modelo Veriti® Thermal Cycler nas condições de reacção: Para a ativação da enzima Taq a 95° C por 2 minuto, seguindo por 39 ciclos a 95 °C por 30 segundos, 54°C por 30 segundos e 72°C por 1 minuto e uma extensão final a 72°C por 7 minutos.

Todo o processo de identificação da amplificação das amostras, purificação, sequenciamento e similaridade no Blast foi realizado como descrito no tópico anterior (Identificação *Angiostrongylus cantonensis* e *Aelurostrongylus abstrusus*).

5.11.3 Identificação larvas rabaditiformes

A extração do DNA foi realizada a partir dos microtubos contendo 10 larvas de cada exemplar de *A. fulica*. Todo o processo de extração é semelhante ao tópico “Identificação *Angiostrongylus cantonensis* e *Aelurostrongylus abstrusus*”.

No processo de PCR, preparou-se mix contendo tampão 5X Green GoTaq Flexi Buffer (1X); desoxinucleotídeos trifosfato (dNTP's) (0,2mM); MgCl₂ (2,5mM); Indicadores (0,3µM):

NC1 F- 5'-ACG TCT GGT TCA GGG TTG TT 3' e NC2 5'-TTA GTT TCT TTT CCT CCG CT - 3' (ORICO *et al.*, 2019) e a enzima GoTaq G2 Hot Start DNA (1,25 U/reação). Após o processo de preparação dos mixes, foi adicionado 5 µL do DNA da amostra, obtendo-se um volume final de reação de 25 µL para cada reação. Em todas as reações foram utilizados controle negativo (água ultrapura) e controle positivo com DNA genômico de *A. cantonensis* confirmado previamente por Sequenciamento de Sanger.

O gene ITS-2 foi amplificado em termociclador modelo Veriti® Thermal Cycler nas condições de reação: um ciclo de 94°C durante 5 min para a ativação da enzima GoTaq; 30 ciclos constituídos das seguintes etapas: desnaturação a 94°C por 30 seg, anelamento a 57°C por 40 seg e extensão a 72°C por 1 min, seguido por mais um ciclo de extensão final a 72°C por cinco min e um ciclo de 4°C durante quatro min.

Todo o processo de identificação da amplificação das amostras, purificação, sequenciamento e similaridade no Blast foi realizado como descrito no tópico Identificação Metastrongyloidea.

5.12 Abundância dos gastrópodes

A abundância foi calculada considerando a densidade relativa dos moluscos como sendo o número total de indivíduos de uma espécie, expressado como uma proporção ou percentual do número total de moluscos coletados durante o período de coleta (GIL; THOMÉ, 2001).

5.13 Análise estatística

A análise estatística dos dados foi realizado pelo software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) 22.0. O intervalo de confiança utilizado é padronizado em 95% para apresentar significância estatística ($p < 0,05$).

Após a categorização da relação massa-comprimento dos caracóis *A. fulica*, foi utilizado o teste Qui-quadrado de Pearson com o intuito de avaliar a diferença das distribuições entre a classificação do valor do fator de condição (KR) (variável contínua) em relação aos oito Territórios do estado de Sergipe.

Para análise das variáveis numéricas foram determinadas a normalidade das variáveis nas seguintes condições, utilizando o teste de Kolmogorov-Smirnov com Lilliefors no intuito de classificar a distribuição de cada variável em distribuição homogênea e heterogênea: 1) Todas as variáveis numéricas sem agrupamento com alguma variável dependente o fator de condição KR, variação do fator de condição, o crescimento alométrico de *A. fulica*, a umidade, variação da umidade, a temperatura, variação da temperatura, a pluviosidade, variação da

pluviosidade, o pH do solo, cálcio e matéria orgânica; para as condições (2,3,4) as variáveis numéricas foram tratadas como dependentes e as variáveis categóricas como independentes; 2) Pluviosidade de acordo com a presença da *A. fulica*; 3) pH do solo de acordo com a presença de *A. fulica* e 4) O fator de condição relativo foi analisado por territórios. Na condição 1 todas as variáveis foram classificadas como paramétricas, utilizando assim a correlação de Pearson. Para as demais condições (2 e 3), as variáveis foram classificadas como não paramétricas, utilizado o teste de U Mann-Whitney.

Ademais, quando observada relação significativa na correlação (condição 1), utilizou-se a variável do pH do solo para descrever a equação linear, através da regressão linear simples, avaliando a força de influência e o coeficiente linear entre o pH do solo e o crescimento alométrico de *A. fulica*. Em seguida, foi realizada a regressão logística binária (MENDES; VEJA 2011) para obter um modelo preditivo de *A. fulica* com fatores ambientais (temperatura, umidade, pluviosidade e pH do solo). Essas variáveis foram escolhidas pois apresentaram um valor de influência ou correlação com a variável categórica (presença de *A. fulica*), através da análise de componentes principais (PCA). Por meio do PCA, foi possível visualizar a reorganização das variáveis em *Cluster*, permitindo assim visualizar quais variáveis estavam mais relacionadas ao grupo ausência da *A. fulica* como as variáveis que também poderiam influenciar no grupo presença de *A. fulica*, através da sua força de associação com a *Cluster* definida pela sua localização na matriz. A partir daí foi incluído no modelo descarte de resíduos bem como os valores *outliers* evitando assim o comprometimento do poder explicativo do modelo. O resultado da equação dará a partir da substituição das letras pelos seus respectivos valores, sendo o resultado da equação de 0 e próximo de 0 correspondentes a ausência da *A. fulica*, enquanto valores próximos a 01 ou 01, referem-se a presença desse caracol (sendo considerado sempre o módulo do resultado). Referente a variável categórica (período) considera o valor de 01 para seco e 02 para chuvoso. Após obtenção dos resultados descritos com base na equação fornecida pela regressão logística binária, utilizou-se a Concordância de Kappa com o intuito de avaliar os resultados do modelo preditivo formado pela regressão logística binária e comparar com os resultados obtidos na coleta de *A. fulica* (Apêndice C) (Tabela 2).

Tabela 2. Grau de concordância entre as variáveis avaliadas, de acordo com Kappa.

Valores	Concordância
< 0.00	Não há concordância
0.00 - 0.20	Insignificante
0.21 - 0.40	Discreto
0.41 - 0.60	Moderado
0.61 - 0.80	Forte
0.81 - 1.00	Quase perfeita

Fonte: (TORRES CÁRDENAS *et al.*, 2020).

REFERÊNCIAS

- ABDALLA, M. S.; PEIXOTO, T. C.; ALVES, P. A. M.; FRANÇA, T. N.; BRITO, M. F. Aspectos anatomo-patológicos da otite causada por *Rhabditis* sp. em bovinos no estado do Rio de Janeiro, Brasil. In: Periódicos Eletrônicos - Congresso Brasileiro de Veterinária, 2008, Gramado- RS **Anais...** Gramado-RS: COMBRAVET, 2008, p.35.
- ALBUQUERQUE, F.S.; PESO-AGUIAR; M.C.; ASSUNÇÃO-ALBUQUERQUE, M.J.T.; GÁLVEZ, L. Distribution, feeding behavior and control strategies of the exotic land snail *Achatina fulica* (Gastropoda: Pulmonata) in the northeast of Brazil. *Braz J Biol* 2008; 68(4): 837-842.
- ALBUQUERQUE, F.S.; PESO-AGUIAR; M.C.; ASSUNÇÃO-ALBUQUERQUE, M.J.T.; GÁLVEZ, L. Do climate variables and human density affect *Achatina fulica* (Bowditch) (Gastropoda: Pulmonata) shell length, total weight and condition factor? *Braz J Biol* 2009; 69(3): 879-885.
- ALICATA, J.E. The discovery of *Angiostrongylus cantonensis* as a cause of human eosinophilic meningitis. *Parasitology Today*, 1991; 7(6): 151-153.
- ALMEIDA, M.N. Abundância, sazonalidade, reprodução e crescimento da concha de uma população de *Achatina fulica* (Bowdich, 1822) (Mollusca, Achatinidae) em ambiente urbano. *Arq Ciênc Vet Zoo UNIPAR* 2013; 16 (1):51-60.
- ALMEIDA, P.H.A. Avaliação da presença de *Achatina fulica* Bowdich, 1822 (Gastropoda Pulmonata) em Feira de Santana, Bahia e estudos de parasitos associados. [dissertação]. Feira de Santana: Universidade Estadual de Feira de Santana, Programada de Pós-Graduação em Zoologia, 2014.
- ALVES, M.A.S; RODRIGUES, N.S.; FREITAG, R.; BOFINGER, J. Ocorrência do Caramujo Africano *Achatina Fulica* (Bowdich, 1822) em Várzea Grande-MT: Estudo de Caso na Sede do Ministério da Agricultura. *Uniciências* 2017; 21(2): 93-98.
- ANDRADE-PORTO, S.M.D.; SOUZA, K.C.P.D.; CÁRDENAS, M. Q.; ROQUE, R.A.; PIMPÃO, D.M.; ARAÚJO, C.S.; MALTA, J.C.D.O. Occurrence of *Aelurostrongylus abstrusus* (Railliet, 1898) larvae (Nematoda: Metastrongylidae) infecting *Achatina (Lissachatina) fulica* Bowdich, 1822 (Mollusca: Gastropoda) in the Amazon region. *Acta Amazonica* 2012; 42, 245-250.

ARAÚJO, C.C.; FLYNN, M.N.; PEREIRA, W.R.L. Fator de condição e relação peso-comprimento de *Mugil curema valenciennes*, 1936 (pisces, mugilidae) como indicadores de estresse ambiental. *Rev Inter* 2011; 4(3):51-64.

ARCHER, C.E.; APPLETON, C.C.; MUKARATIRWA, S.; HOPE, K.J. The rat lung-worm *Angiostrongylus cantonensis*: A first report in South Africa. *Scientific Letters* 2011;101(3):173-175.

BARBOSA, T.A.; THIENGO, S.C.; FERNANDEZ, M.A.; GRAEFF-TEIXEIRA, C.; MORASSUTTI, A.L.; MOURÃO, F.R.P.; GOMES, S.R. Infection by *Angiostrongylus cantonensis* in both humans and the snail *Achatina (Lissachatina) fulica* in the city of Macapá, in the Amazon Region of Brazil. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 2020; 115: e200115.

BOAVENTURA, M.F.F.; THIENGO, S.C.; MONTEIRO, S. Infecções por caramujo africano (*Achatina fulica*): análise de conteúdo das matérias jornalísticas e de materiais educativos sobre o tema no Rio de Janeiro, Brasil. *Rev Bras Educ Ciênc* 2011; 11(2): 9-24.

BLAXTER, M.L.; DE-LEY P.; GAREY, J.R.; LIU, L.X.; SCHELDAMAN, P.; VIERSTRAETE, A.; VANFLETEREN, J.R.; MACKEY, L.Y.; DORRYS, M.; FRISE, L.M; VIDA, J.T.; THOMAS, W.K. A molecular evolutionary framework for the phylum Nematoda. *Nature* 1998; 392(5):71-5.

BOLGER, T; CONNOLLY, L. The selection of suitable indices for the measurement and analysis of fish condition. *J Fish Biol* 1989; 34:171-182.

BEAVER, P.C.; ROSEN, L. Memorandum on the first report o *Angiostrongylus* in Man, by Nomura and Lin, 1945. *Am J Trop Med Hyg* 1964; 13: 589-90.

BECHARA, A.H.; SIMÕES, R.O.; FARO, M.J.; GARCIA, J.S. *Achatina fulica* infected by *Angiostrongylus cantonensis* on beaches, in the west zone of Rio de Janeiro, Brazil. *Rev Inst Med trop S Paulo* 2018; 60: e4.

CALDEIRA, R.L.; MENDONÇA, C.L.G.F.; GOVEIA, C.O.; LENZI, H.L.; GRAEFF-TEIXEIRA, C; LIMA, W.S.; MOTA; E.M.; PECORA, I.L.; MEDEIROS, A.M.Z.; CARVALHO, O.S. First Record of molluscs naturally infected with *Angiostrongylus cantonensis* (Chen,1935) (Nematoda: Metastrongylidae) in Brazil. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 2007; 102(7): 887-889.

CALDEIRA, R.L.; CARVALHO, O.S.; MENDONÇA, C.L.F.G.; GRAEFF-TEIXEIRA, C.; SILVA, M.C.F.; BEM, R.; MAURER, R.; LENZI, H.L. Molecular Differentiation of *Angiostrongylus costaricensis*, *A. cantonensis*, and *A. vasorum* by Polymerase Chain ReactionRestrictionFragment Length Polymorphism. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 2003; 98(8): 1039-1043.

CAMARGO O.A.; MONIZ A.C.; JORGE J.A.; VALADARES J.M.A.S. Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos do Instituto Agronômico de Campinas. Boletim Técnico, 106, Instituto Agronômico, Campinas, 2009, pp. 1-77.

CARVALHO O.S.; TELES H.M.S.; MOTA E.M.; MENDONÇA C.L.G.F.; LENZI H.L. Potentiality of *Achatina fulica* Bowdich, 1822 (Mollusca: Gastropoda) as intermediate host of the *Angiostrongylus costaricensis* Morera & Céspedes 1971. *Rev Soc Bras Med Trop.* 2003; 36: 743-5.

CARVALHO, O.S.; SCHOLTE, R.G.; MENDONÇA, C.L.; PASSOS, L.K.; CALDEIRA, R.L. *Angiostrongylus cantonensis* (Nematode: Metastrongyloidea) in molluscs from harbour areas in Brazil. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 2012; 107(6):740-6.

CHASE, R.; TOLLOCZOKO, B. Secretory glands of the snail tentacle and their relation to the olfactory organ (Mollusca: Gastropoda). *Zoomorphology* 1985;105 (1):60-67.

COLLEY, E. Medidas de controle de *Achatina fulica*. In: FISCHER, M.L; COSTA, L.C.M. O caramujo gigante africano: *Achatina fulica* no Brasil. Champagnat. Curitiba 2010. p. 203-228.

COLLEY, E.; FISCHER, M.L. Avaliação dos problemas enfrentados no manejo do caramujo gigante africano *Achatina fulica* (Gastropoda: pulmonata) no Brasil. *Zoologia*, 2009, 26(4): 674-683.

CONSTANTINO-SANTOS, D.M.A.; SANTOS B.S.; SORIANO, J.M.E.; DY, J.S.H.; FONTANILLA, I.K.C. Philippine Survey of Nematode Parasite Infection and Load in the Giant African Snail *Achatina fulica* indicate *Angiostrongylus cantonensis* infection in Mindanao. *Science Diliman* 2014; 26(2).

COSTA, L.C.M. Ecologia de *Achatina fulica*. In: FISCHER, M.L; COSTA, L.C.M. O caramujo gigante africano: *Achatina fulica* no Brasil. Champagnat. Curitiba 2010. p. 141-174.

COWIE R.H. Biology, systematics, life cycle, and distribution o *Angiostrongylus cantonensis*, the cause of rat lungworm disease. *Hawai'i Journal of Medicine & Public Health* 2013; 72(6) (suppl. 2).

CUNHA, M.C.R. Meningite eosinofílica: relato de caso. *Rev Bras Anal Clin* 2017; 49(2): 213-15.

D'ÁVILA, S.; DIAS, R.J.P.; BESSA, E.C.A.; DAEMON, E. Resistência à dessecação em três espécies de moluscos terrestres: aspectos adaptativos e significado para o controle de helmintos. *Rev Bras Zool* 2004; 6(1): 115-127.

DARD, C.; PILOQUET, J.E.; QVARNSTROM, Y.; FOX LM.; M'KADA H.; HEBERT, J.C.; HARROIS, D. First evidence of angiostrongyliasis caused by *Angiostrongylus cantonensis* in Guadeloupe, Lesser Antilles. *Am J Trop Med Hyg* 2017; 96(3), 692.

DA SILVA, E.C.; ALELUIA, F.T.F. Ocorrência de *Achatina fulica* Bowdich, 1822 (Mollusca, Gastropoda) em Salvador, Bahia, Brasil. *Rev Bras Zool* 2010, 12(2).

DE OLIVEIRA FALCÓN, M. L.; SANDES, M. D. A. S. Development, Territoriality and Culture: the experience of Sergipe in regional planning in the years 2007-2013. *Expediente*, 45.

DOURÇO, E.; BESSA, E.A.; SILVA, L. Etograma básico, horário de atividade e aspectos comportamentais comparados e influência de fatores abióticos em jovens e adultos de *Achatina fulica* Bowdich, 1822 (Gastropoda: Achatinidae). *Rev Bras Zool* 2013; 15 (1, 2, 3): 267-280.

DEKLE, G.W.; FASULO, T.R. Brown garden snail, *Cornu aspersum* (Müller, 1774) (Gastropoda: Helicidae). *Institute of Food and Agricultural Sciences Extension, University of Florida, Gainesville, Florida, USA*, 2001.

DUMIDAE, A.; JANTHU, P.; SUBKRASAE, C.; DEKUMYOY, P.; THANWISAI, A.; VITTA, A. Genetic characterization of *Angiostrongylus* larvae and their intermediate host, *Achatina fulica*, in Thailand. *PloS one* 2019; 14(9): e0223257.

ESPÍRITO-SANTO, M.C.; PINTO, P.L.; MOTA, D.J.; GRYSCHKE, R.C. The first case of *Angiostrongylus cantonensis* eosinophilic meningitis diagnosed in the city of São Paulo, Brazil. *Rev Inst Med Trop Sao Paulo* 2013; 55(2):129–32.

ESTON M.R.; MENEZES G.V.; ANTUNES A.Z.; SANTOS A.S.R.; SANTOS A.M.R. Espécie invasora em unidade de conservação: *Achatina fulica* (Bowdich, 1822) no Parque Estadual Carlos Botelho, Sete Barras, SP. Brasil (Nota Científica). *Rev Inst Flor* 2006; 18: 173-9.

FÁLCON, M.L.O.; SANDES, M.A.S. Desenvolvimento, Territorialidade e Cultura: a experiência de Sergipe em planejamento regional nos anos 2007-2013. *RBPO, Brasília*, 2018; 8(1):45-56, 2018.

FISCHER, M.L.; E. COLLEY. Diagnóstico da ocorrência do caramujo gigante africano *Achatina fulica* Bowdich, 1822 na APA de Guaraqueçaba. *Estudos de Biologia* 2004; 26(54): 43- 50.

FISCHER, M.L.; SIMIÃO, M.S.; COLLEY, E.; COSTA, L.C.M.; RUBIO, G. Panorama do caramujo gigante africano *Achatina fulica* Bowdich, 1822 no Estado do Paraná: o provável ponto de entrada da espécie invasora no Brasil. 1º Simpósio Brasileiro sobre Espécies Exóticas Invasoras, v. 1, Parlamundi, Brasília (DF). Out. 2005.

FISCHER, M.L.; SIMIÃO, M.; COLLEY, E.; ZENNI, R.D.; SILVA, D. A.T.; LATOSKI, N. O caramujo exótico invasor na vegetação nativa em Morretes, PR: diagnóstico da população de *Achatina fulica* Bowdich, 1822 em um fragmento de Floresta Ombrófila Densa aluvial. *Biota Neotropica* 2006; 6(2):1-5.

FISCHER, M.L.; AMADIGI, I.S.N. Medidas de controle de *Achatina fulica*. In: FISCHER, M.L.; COSTA, L.C.M. *O caramujo gigante africano: Achatina fulica no Brasil*. Champagnat. Curitiba, 2010, pp. 48-99.

FISCHER, M.L. Reações da espécie invasora *Achatina fulica* (Mollusca: Achatinidae) à fatores abióticos: perspectivas para o manejo. *Zoologia* 2009; 26(3): 379-385.

FISCHER, M.L.; COLLEY, E. Espécie Invasora em Reservas Naturais: Caracterização da População de *Achatina fulica* Bowdich, 1822 (Mollusca-Achatinidae) na Ilha Rasa, Guaraqueçaba, Paraná, Brasil. *Neotrop* 2005; 5(1): 2-18.

FISCHER, M.L.; COSTA, L.C.M. O caramujo gigante africano *Achatina fulica* no Brasil. Curitiba: Champagnat, 2010.

FISCHER, M.L.; COLLEY, E.; AMADIGI, I.S.N.; SIMIÃO, M.S. Ecologia de *Achatina fulica*. In: FISCHER, M.L.; COSTA, L.C.M. *O caramujo gigante africano: Achatina fulica no Brasil*. Champagnat. Curitiba 2010. p. 101-140.

FISCHER, M.L.; DE GANG, J. A problemática do Caramujo Gigante Africano Invasor inserida nos debates entre Saúde Pública, Malacologia e Bioética Ambiental. *Rev Iberoamericana de Bioética* 2020; (13): 1-17.

GIL, G.M.; THOMÉ, J.W. Abundância, frequência e densidade relativa da malacofauna da praia de Arroio Teixeira, Rio Grande do Sul. *Biotemas* 2001; 14(1): 127-136

GIRALDO, A.; GARZÓN, C.; CASTILLO, A.; CÓRDOBA-ROJAS DF. Confirmation of the presence of *Angiostrongylus cantonensis* in lung tissue of the African giant snail (*Lissachatina fulica*) in Colombia. *Infectio* 2019; 23(2): 129-132.

GOMES, A.P.N.; OLIFIERS, N.; SANTOS, M.M.D.; SIMÕES, R.D.O.; MALDONADO JÚNIOR, A. New records of three species of nematodes in *Cerdocyon thous* from the Brazilian Pantanal wetlands. *R bras Parasitol Vet* 2015; 24(3): 324-330.

GRAEFF-TEIXEIRA, C.; HAMILTON, A.J.; BRUM, C.; LAITANO, A.C.; SIEVERS-TOSTES, C.; ZANINI, G.M.; AGOSTINI, A.A. Longitudinal clinical and serological survey of abdominal angiostrongyliasis in Guaporé, southern Brazil, from 1995 to 1999. *Rev Soc Bras Med Trop*. 2005; 38:310–5.

GRAEFF-TEIXEIRA, C.; SILVA, A.C.A.; YOSHIMURA, K. Update on eosinophilic meningoencephalitis and its clinical relevance. *Clin Microb Rev* 2009; 22(2): 322-348.

GRAEFF-TEIXEIRA C.; MORERA P. Métodos de digestão em ácido clorídrico para isolamento e larvas de Metastrongilídeos. *Biociências* 1995; 3(1):85-89.

GRAEFF-TEIXEIRA, C.; AGOSTINI, A.A.; CAMILLO-COURA, L.; FERREIRA-DA-CRUZ, M.F. Seroepidemiology of abdominal angiostrongyliasis: the standardization of an immunoenzymatic assay and prevalence of antibodies in two localities in southern Brazil. *Trop Med Int Health* 1997; 2:254–60.

GUERINO, L.P. *Ocorrência de angiostrongylus cantonensis (nematoda, angiostrongylidae) em Achatina fulica (mollusca, gastropoda) na baixada santista*. [Dissertação]. São Paulo: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – Câmpus de Botucatu, 2014.

GUERINO, L.R.; PECORA, I.R.; MIRANDA, M.S.; AGUIAR-SILVA, C.; CARVALHO, O.S.; CALDEIRA, R.L.; SILVA, R.J. Prevalence and distribution of *Angiostrongylus cantonensis* (Nematoda, Angiostrongylidae) in *Achatina fulica* (Mollusca, Gastropoda) in Baixada Santista, São Paulo, Brazil. *Rev Soc Bras Med Trop* 2017; 50(1):92-98.

HAMILTON J.M.; MCCAWE A.W. The output of first stage larvae by cats infested with *Aelurostrongylus abstrusus*. *Journal of Helminthology* 1968; 43(3/4): 295-298.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, *Epi info* [online]. 2017, [acesso 02 de fevereiro de 2017]. Disponível em: <http://ibge.gov.br>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Projeto e levantamento e classificação de terra no estado de Sergipe. Relatório técnico, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Rio de Janeiro, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. *Epi info* [online]. 2021, [acesso 05 de maio de 2021]. Disponível em: URL: <http://www.ibama.gov.br/sei#consultaprocessos>

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. *Epi info* [online]. 2005, [acesso 12 de setembro 2021]. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/licenciamento/documentos/2005_Instr_Norm_IBAMA_73.pdf.

JULIO, D.S.; MACHADO, G.E.M. *Achatina fulica* (Bowdich, 1882) (gastropodastylommatophora-achatinidae) –medidas adotadas no controle da espécie em países da América do Sul. *Rev Semioses* 2017; 11(2): 1.

KINZIE III, R.A. Predation by the introduced carnivorous snail *Euglandina rosea* (Ferussac) on endemic aquatic lymnaeid snails in Hawaii. *Biological Conservation* 1992, 60(3): 149-155.

KIM, J. R.; KENNETH, K. A.; YEUNG, N. W.; ROBERT, R. H. Definitive, Intermediate, Paratenic, and Accidental Hosts of *Angiostrongylus cantonensis* and its Molluscan Intermediate Hosts in Hawai'i. *Hawaii J Med Public Health* 2013; 72(6):10 (Suppl 2).

KOHN, A.; PINTO, M.; FERNANDES, B.M.M. Contribuição ao conhecimento de *Strongyluris Oscari* travassos, 1923 (Nematoda, subulroidea). *Mem Inst Oswaldo Cruz* 1973; 71(3): 219-225.

LANGE, M.K.; PENAGOS-TABARES, F.; VÉLEZ, J.; GUTIÉRREZ, J.; HIRZMANN, J.; CHAPARRO-GUTIÉRREZ, J.J.; et al. Regional report on *Angiostrongylus vasorum* in Colombia: Genetic similarity to European lineage. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports* 2018; 13: 21-23.

LERNER, H.; BERG, C. The concept of health in one health and some practical implications for research and education: What is one health? *Infect Ecol Epidemiol* 2015; 5: 1-7.

LE CREN, E.D. The length – weight relation and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch, *Perca fluviatilis* *J Anim Ecol* 1951; 20: 201-219.

LIM, BL.; HEYNEMAN D. Host-parasite studies of *Angiostrongylus cantonensis* (Nematoda, Metastrongylidae) in Malaysian rodents: natural infection of rodents and molluscs in urban and rural areas of central Malaya. *Annals of Tropical Medicine & Parasitology* 1965; 59(4), 425-433.

LIMA, A.R.M.C.; MESQUITA, S.D.; SANTOS, S.S.; AQUINO, E.R.P.D.; ROSA, L.R.S.; DUARTE, F.S.; TEIXEIRA, A.O.; COSTA, Z.R.S.; FERREIRA, M.L.B. Alicate disease: neuroinfestation by *Angiostrongylus cantonensis* in Recife, Pernambuco, Brazil. *Arq Neuropsiquiatr* 2009; 67(4): 1093-6.

MALDONADO-JÚNIOR, A.; SIMÕES R.O.; OLIVEIRA, A.P.M.; MOTA, E.M.; FERNANDEZ, M.A.; PEREIRA, Z.M.; MONTEIRO, S.S.; TORRES, E.J.L.; THIENGO, S.C. First report of *Angiostrongylus cantonensis* (Nematoda: Metastrongylidae) in *Achatina fulica* (Mollusca: Gastropoda) from southeast and south Brazil. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 2010; 105(7): 938-941.

MARTINS-JR, W. *Rhabditis (Rhabditis) freitasi* sp. n. e *Rhabditis (Rhabditis) costai* sp. n. (Nematoda-Rhabditidae) isolados de otite bovina. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 1985; 80(1):11-16, 1985.

MORASSUTTI, A.L.; THIENGO, S.C.; FERNANDEZ, M.; SAWANYAWISUTH, K.; GRAEFF-TEIXEIRA, C. Eosinophilic meningitis caused by *Angiostrongylus cantonensis*: an emergent disease in Brazil. *Mem Inst Oswaldo Cruz*. 2014; 109(4):399-407.

MOREIRA, V.L.; GIESE, E.G.; MELO, F.T.; SIMÕES, R.O.; THIENGO, S.C.; MALDONADO JÚNIOR, A.; SANTOS, J.N. Endemic angiostrongyliasis in the Brazilian Amazon: natural parasitism of *Angiostrongylus cantonensis* in *Rattus rattus* and *R. norvegicus*, and sympatric giant African land snails, *Achatina fulica*. *Acta Trop*. 2013; 125(1):90-7.

MOROCOIMA, A.; RODRÍGUEZ, V.; RIVAS, R.; CORIANO, H.; RIVERO, S.; ERRANTE, R.; MITCHELL, M.; HERRERA, L.; URDANETA-MORALES, S. *Achatina fulica* Bowdich, 1822 (Mollusca, Gastropoda, Achatinidae) hospedador de helmintos, protozoários y bacterias en el noreste de Venezuela. *Boletín Malariología y Salud Ambiental* 2014; 54(2):174-185.

MOTA, E.M.; LENZI, H.L. *Angiostrongylus costaricensis*: complete redescription of the migratory pathways based on experimental *Sigmodon hispidus* infection. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 2005; 100:407–20.

MENDES, C.A.B.; VEGAS, F.A.C. Técnicas de regressão logística aplicada à análise ambiental. *Rev Geografia* 2011; 20: 5-30.

NEUHAUSS, E.; FITARELLI, M.; ROMANZINI, J.; GRAEFF-TEIXEIRA C. Low susceptibility of *Achatina fulica* from Brazil to infection with *Angiostrongylus costaricensis* and *A. cantonensis*. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 2007; 102(1): 49-52.

OHLWEILER, F.P.; GUIMARÃES, M.C.A.; TAKAHASHI, F.Y.; EDUARDO, J.M. Current distribution of *Achatina fulica*, in the state of São Paulo including records of *Aelurostrongylus abstrusus* (nematoda) larvae infestation. *Rev Inst Med Trop* 2010; 52(4): 211-4.

OLIVEIRA, A.P.M.; TORRES, E.J.L.; MALDONADO-JUNIOR, A.; ARAUJO, J.L.B.; FERNANDEZ, M.A.; THIENGO, S.C. *Achatina fulica* como hospedeiro intermediário de nematódeos de interesse médico-veterinário em Goiás, Brasil. *Patol Trop* 2010; 39(3): 199-210.

OLIVEIRA, J.C.S.; GONÇALVES, T.S.; MONTEIRO, P.R.; SARAIVA, I.O.; VASCONCELOS, H.C.G. OCORRÊNCIA DE *Achatina fulica* (MOLLUSCA: PULMONATA: ACHATINIDAE) EM TRÊS BAIRROS DA CIDADE DE MACAPÁ-AMAPÁ. *Biota Amazônia* 2012.; 2(2): 78-81.

OLIVEIRA, J.C.S.; CORRÊA, K.J.G.; VASCONCELOS, H.C.G. Ocorrência de *Achatina fulica* (Molusca: Pulmonata: Achatinidae) em três Bairros da Cidade de Santana, Amapá. *Biota Amazonia* 2013; 3(1): 9-12.

OLIVEIRA, A.P.M.; GENTILE, R.; MALDONADO-JÚNIOR, A.; TORRES, E.J.L.; THIENG, S.C. *Angiostrongylus cantonensis* infection in molluscs in the municipality of São Gonçalo, a metropolitan area of Rio de Janeiro, Brazil: role of the invasive species *Achatina fulica* in parasite transmission dynamics. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 2015;110(6): 739-744.

OLIVEIRA, J.L.; SANTOS, S.B. Distribution of cysts of *Strongylus* sp. (Nematoda) in the palial system of *Achatina fulica* Bowdich, 1822 from Vila Dois Rios and Vila do Abraão, Ilha Grande, Angra dos Reis, Rio de Janeiro. *Braz J Biol* 2019; 79(1):38-44.

ONYISHI, G. C., AGUZIE, I. O., OKORO, J. O., NWANI, C. D., EZENWAJI, N., OLUAH, N. S., & OKAFOR, F. C. Terrestrial snail fauna and associated helminth parasites in a tropical semi-urban zone, Enugu state, Nigeria. *Pakistan J Zool* 2018; 50(3): 1079-1085.

ORICO, L.D.; BARBOSA, C.M.; LUCA, L.R.; SOARES, R.M.; GREGORI, F. *Angiostrongylus cantonensis* and *Ancylostoma caninum* detection in snails of São Paulo city (2016-2017) Brazil. *Ars Veterinaria* 2019; 35(3): 115-121.

PEREIRA, F.C.; LENZA, E.; MARACAHIPES-SANTOS, L.; MEWS, H.A.; GOMES, L.; LIMA, S.L.; SANTOS, K.S.M. Comparação dos métodos de parcelas e pontos-quadrantes para descrever uma comunidade lenhosa de Cerrado Típico. *Biotemas* 2015; 28(2): 61-72.

- PEREIRA, P.R.; ARGENTA, F.F.; ROLIM, V.M.; DE OLIVEIRA, E.C.; SONNE, L.; PAVARINI, S.P.; DRIEMEIER, D. Estudo retrospectivo de pneumonia por *Aelurostrongylus abstrusus* em gatos. *Acta Scientiae Veterinariae* 2017; 45, 1-8.
- PEREIRA, C.A.D.J.; COAGLIO, A.L.; CAPETTINI, L.S.; BECATTINI, R.; FERREIRA, A.P. P.N.; COSTA, A.; LIMA, W.D.S. New approaches to studying morphological details of intramolluscan stages of *Angiostrongylus vasorum*. *Rev Bras Parasitol Vet* 2020; 29(2).
- PENAGOS-TABARES, F.; LANGE, M.K; VÉLEZ, J.; HIRZMANN, J.; GUTIÉRREZ-ARBOLEDA J.; TAUBERT, A.; HERMOSSILA, C.; JENNY, J.; GUTIÉRREZ, C. The invasive giant African snail *Lissachatina fulica* as natural intermediate host of *Aelurostrongylus abstrusus*, *Angiostrongylus vasorum*, *Troglostrongylus brevior*, and *Crenosoma vulpis* in Colombia. *PloS Neglected Tropical Diseases* 2019; 13(4): e0007277.
- PILATE, V.J.; CHICARINHO, E.D.; SILVA, L.C.; SANTOS, T.V.; SOUZA, B.A.; BESSA, E.C.A. Biologia comportamental comparada entre moluscos terrestres nativos e exóticos. *Rev Biol Neotrop* 2017; 14(1):73-81.
- PROSSER, S.W.; VELARDE-AGUILAR, M.G.; LEÓN-RÉGAGNON, V.; HEBERT, P.D.N. Advancing nematode barcoding: a primer cocktail for the cytochrome c oxidase subunit I gene from vertebrate parasitic nematodes. *Mol Ecol Resour* 2013; 13:1108-15.
- RAMBO P.R.; AGOSTINI A.A.; GRAEFF-TEIXEIRA C. Abdominal angiostrongylosis in southern Brazil—prevalence and parasitic burden in mollusc intermediate hosts from eighteen endemic foci. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 1997; 92:9–14
- RAMOS-DE-SOUZA, J.; THIENGO, S.C.; GOMES, S.R.; FERNANDEZ, M. A.; CLÍMACO, M.C.; CORRÊA-ANTÔNIO, J.; CLÍMACO, M.C.; JAIN, S.; BARBOSA, L.; DOLABELLA, S.S. Native and alien terrestrial snails in urban areas of sergipe, northeast Brasil. *Tentacle* 2017; 25: 9-11.
- RAMOS-DE-SOUZA, J.; THIENGO, S.C.; FERNANDEZ, M. A.; GOMES, S.R.; CORRÊA-ANTÔNIO, J.; CLÍMACO, M.C.; GARCIA, J.L.; MALDONADO-JUNIOR, A.; BARBOSA, L.; DOLABELLA, S.S. First records of molluscs naturally infected with *Angiostrongylus cantonensis* (Nematoda: Metastrongyloidea) in Sergipe State, Northeastern Brazil, including new global records of natural intermediate hosts. *Rev Inst Med Trop São Paulo*. 2018; 60: e51, p.1-7.
- RAMOS-DE-SOUZA, J.; MALDONADO-JR, A.; VILELA, R. V.; ANDRADE-SILVA, B. E.; BARBOSA, H. S.; GOMES, S. R.; THIENGO, S. C. First report of the nematode *Cruzia tentaculata* using molluscs as natural intermediate hosts, based on morphology and genetic markers. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife* 2021; 15, 105-111.
- RAUT, S. K.; BARKER, G. M. *Achatina fulica* Bowdich and others Achatinidae pest in tropical ;agriculture. In: BARKER, G.M. *Molluscs as Crop Pests*.In. New Zealand: CAB Publishing; 2002. p. 55-114.
- RIBEIRO, V.M.; LIMA, W.S. Larval production of cats infected and re-infected with *Aelurostrongylus abstrusus* (Nematoda: Protostrongylidae). *Revue de Médecine Vétérinaire* 2001. 152(11): 815-820.

RODA, A.; CONG, M.Y.; DONNER, B.; DICKENS, K.; HOWE, A.; SHARMA, S.; SMITH, T. Designing a trapping strategy to aid Giant African Snail (*Lissachatina fulica*) eradication programs. *PLoS One* 2018; 13(9): e0203572.

ROLLINS, R.L.; COWIE, R.H.; ECHALUSE, M.V.; MEDEIROS, M.C. Host snail species exhibit differential *Angiostrongylus cantonensis* prevalence and infection intensity across an environmental gradient. *Acta Tropica* 2021; 216: 105824.

ROJAS, A.; MALDONADO-JUNIOR, A.; MORA, J.; MORASSUTTI, A.; RODRIGUEZ, R.; SOLANO-BARQUERO, A.; GRAEFF-TEIXEIRA, C. Abdominal angiostrongyliasis in the Americas: fifty years since the discovery of a new metastrongylid species, *Angiostrongylus costaricensis*. *Parasites & Vectors* 2021;14(1): 1-19.

SALGADO, N.C. Morfologia e taxonomia: recaracterização de *Achatina* (*Lissachatina*) *fulica* (Mollusca, Gastropoda, Stylommatophora, Achatinidae. In: In: FISCHER, M.L.; COSTA, L.C.M. *O caramujo girangante africano: Achatina fulica no Brasil*. Champagnat. Curitiba 2010. p. 12-41.

SANTOS, J.R.M; DELABIE, J.H.C. Controle natural de *Achatina fulica* (Mollusca, Gastropoda) por *Ocypode quadrata* (Crustacea, Decapoda) em restinga antropizada de Ilhéus, Bahia, Brasil. *ARQ* 2011; 11(1): 94–98.

SANTOS E. F. N & SOUSA I. F. Análise estatística multivariada da precipitação do estado de Sergipe através dos fatores e agrupamentos. *Revista Brasileira de Climatologia* 2018; 23:205-202.

SARMA, R.R.; MUNSI, M.; ANANTHRAM, N.A. Effect of Climate Change on Invasion Risk of Giant African Snail (*Achatina fulica* Férussac, 1821: Achatinidae) in India. *PLoS One* 2015; 10:1-16.

SCRIMGEOUR E.M.; WELCH JS. *Angiostrongylus cantonensis* in East New Britain, Papua New Guinea. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* 1984; 78(6), 774-775.

SERGIPE, Secretaria de Estado do Planejamento. **Plano de Desenvolvimento Territorial Participativo de Sergipe (PDTP)**. Aracaju, 2007.

SERGIPE. Governo Do Estado De Sergipe. **Estudo, Análise e Proposta da Divisão Hidrográfica de Sergipe em Unidades de Planejamento e Bacias Hidrográficas (RE-2)**. Aracaju, 2010.

SILVA, E.C.; ALELUIA, F.T.F. Ocorrência de *Achatina fulica* Bowdich, 1822 (Mollusca, Gastropoda) em Salvador, Bahia, Brasil. *Rev Bras Zool* 2010; 12(2): 199-204.

SILVA, E.C.D.; OMENA, E. P. Dinâmica populacional e biologia reprodutiva de *Achatina fulica* Bowdich, 1822 (Mollusca, Gastropoda) na cidade de Salvador-Bahia. *Biota Neotropica* 2014; 14(3): e20140004.

SILVA, G.M.; SANTOS, M.B.; MELO, C.M.; JERALDO, V.L.S. *Achatina fulica* (Gastropoda: Pulmonata): Occurrence, environmental aspects and presence of nematodes in Sergipe, Brazil. *Braz. J. Biol* 2020; 80(2): 245-254.

SPRATT, D. M. Species of *Angiostrongylus* (Nematoda: Metastrongyloidea) in wildlife: A review. *Int J Parasitol Parasites Wildl* 2015; 4(2): 178-189.

STERGIOU, K.I. Abundance-depth relationship, condition factor and adaptive value of zooplanktophagy for red bandfish, *Cepola macrophthalmia*. *Rev J of Fish Biol* 1993; 42(5): 645-660.

STOREY, K.B. Life in the slow lane: molecular mechanisms of estivation. *Comp Biochem Phys Part. A*. 2002; 133(3): 733-754.

RAMOS-DE-SOUZA, J.; THIENGO, S.C.; FERNANDEZ, M.A.; GOMES, S.R.; ANTÔNIO, J.G.; CLÍMACO, M.C.; GARCIA, J.S.; MALDONADO-JUNIOR, A.; BARBOSA, L.; DOLABELLA, S.A. First records of molluscs naturally infected with *Angiostrongylus cantonensis* (Nematoda: Metastrongyloidea) in Sergipe State, Northeastern Brazil, including new global records of natural intermediate hosts. *Rev Inst Med Trop* 2018; 60 e 51: 1-7.

TAFOUGHALT, S.B.; BENDIFALLAH, L. Study of genitalia morphometric variability of the two Species *Helix aperta* and *Helix aspersa* (gasteropoda, pulmonata). *Journal of Fundamental and Applied Sciences*. 2017; 9 (1): 36-50.

TELES, H.M.S.; FONTES, L.R. Implicações da introdução e dispersão de *Achatina fulica* Bowdich, 1882 no Brasil. *Boletim do Instituto Adolfo Lutz* 2002; 12: 3 – 5.

TELES, H.M.S.; VAZ, J.F.; FONTES, L.R.; DOMINGOS, M.D. Registro de *Achatina fulica* Bowdich, 1822 (Mollusca, Gastropoda) no Brasil: Caramujo hospedeiro intermediário da angiostrongilíase. *Rev Saúde Pública* 1997; 31: 310-312

THIENGO, S.C. Presence of *Strongyluris*-like larvae (Nematoda) in some Terrestrial Mollusc in Brazil. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 1995; 90 (5): 619-620.

THIENGO, S.C.; FARRACO, F.A.; SALGADO, N.C.; COWIE, R.H.; FERNANDEZ, M.A. Rapid Speed of an Invasive snail in South America: The giant African Snail, *Achatina fulica*, In Brasil. *Rev Biol Invasions* 2007; 9(1):693-702.

THIENGO, S.C.; FERNANDEZ, M.A.; TORRES, E.J.L.; COELHO, P.M.; LANFREDI, R.M. First Record of a nematode Metrastrongyloidea (*Aelurostrongylus abstrusus* larvae) in *Achatina* (*Lissachatina*) *fulica* (Molusca, Achatinadae) in Brasil. *J of Inverteb Pathol* 2008; 98(1):34-39.

THIENGO, S. C.; FERNANDEZ, M. A. *Achatina fulica*: um problema de saúde pública? In: FISCHER, M. L.; COSTA, L. C. M. (eds). O caramujo gigante africano *Achatina fulica* no Brasil. Curitiba: Champagnat Editora – PUCPR. 2010. p. 189-202.

THIENGO, S.C.; MALDONADO, A.; MOTA, E.M.; TORRES, E.J.L.; CALDEIRA, R.; CARVALHO, O. S.; OLIVEIRA, A.P.M.; SIMÕES, R.O.; FERNANDEZ, M.A.; LANFREDI R.M. The giant African snail *Achatina fulica* as natural intermediate host of *Angiostrongylus cantonensis* in Pernambuco, Northeast Brazil. *Acta tropica* 2010; 115(3): 194-199.

THIENGO, S.C.; SIMÕES, R.O.; FERNANDEZ, M.A.; JÚNIOR, A.M. *Angiostrongylus cantonensis* and Rat Lungworm Disease in Brazil. *Hawai'i J Med Public Heal* 2013; 72(6):18-22.

THIENGO, S.C.; FERNANDEZ, M.A. Gastrópodes neotropicais continentais de importância médica. In: Coura JR, editor. *Dinâmica das doenças infecciosas e parasitárias*. 2a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2018. p.131-53.

TOMIYAMA K. Growth and maturation patterns of Giant African Snail, *Achatina fulica* (Férrusac) (Stylommatophora: Achatinidae) in Ogasawara Islands. *Venus* 1993, 52, 87-100.

CÁRDENAS, R.T.; FRÓMETA, M.M.; LÓPEZ, W.S.; MILIÁN, J.M.P.; TOLEDO, D.T.; CABAÑÍN, O.R. Concordancia entre el índice de salud cardiovascular ideal y el índice Fuster-BEWAT. *CorSalud* 2020; 12(3): 312-317.

VASCONCELLOS, M.C.; PILE, E. Ocorrência de *Achatina fulica* no Vale do Paraíba, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Revista de Saúde Pública* 2001; 35 (6): 582-584.

VALENTE, R.; ROBLES, M.D.R.; DIAZ, J.I. Gastropods as intermediate hosts of *Angiostrongylus* spp. in the Americas: bioecological characteristics and geographical distribution. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 2020; 115: e200236.

WALLACE, G.D.; ROSEN, L. Techniques for recovering and identifying larvae of *Angiostrongylus cantonensis* from molluscs. *Malacologia*. 1969a; 7:427-38.

WALLACE, G.D.; ROSEN, L. Studies on eosinophilic meningitis. V. Molluscan hosts of *Angiostrongylus cantonensis* on the Pacific Islands. *Am J Trop Med Hyg* 1969b; 18: 206-216.

WANG, Q.P.; LAI, D.H.; ZHU, XQ.; CHEN, X.G.; LUN, Z.R. Human angiostrongyliasis. *Lancet Infect Dis* 2008; 8(1): 621-630.

WILLIAMS, A.J.; RAE, R. Susceptibility of the Giant African snail (*Achatina fulica*) exposed to the gastropod parasitic nematode *Phasmarhabditis hermaphrodita*. *Rev Jour of Inverte Pathol* 2015; 127(1): 122–126.

YOKITA, E. Controle de Infecções Intramamárias no gado leiteiro usando as propriedades antibacterianas e cicatrizantes do muco de escargots *Achatina* sp no pré e pós dipping [Dissertação]. São Paulo: Universidade de São Paulo - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia; 2010.

ZANOL, J.; FERNANDEZ, M.A.; OLIVEIRA, A.P.M.; RUSSO, C.A.M.; THIENGO, S.C. O Caramujo Exótico Invasor *Achatina fulica*(Stylommtophora, Mollusca) no Estado do Rio de Janeiro(Brasil): Situação atual. *Biota Neotropica* 2010; 10(3):448-451.

ZENNI, R.D.; ZILLER, S.R. Ecologia de *Achatina fulica*. In: FISCHER, M.L; COSTA, L.C.M. *O caramujo gigante africano: Achatina fulica no Brasil*. Champagnat. Curitiba 2010. p. 175-188.

6 CAPÍTULO I – ARTIGO 1 –
MODELO PREDITIVO PARA PRESENÇA DO CARACOL INVASOR *Achatina*
***(Lissachatina) fulica* EM SERGIPE, NORDESTE BRASILEIRO, COM BASE EM**
CARACTERÍSTICAS DO SOLO E CLIMA

**MODELO PREDITIVO PARA PRESENÇA DO CARACOL INVASOR *Achatina*
(*Lissachatina*) *fulica* EM SERGIPE, NORDESTE BRASILEIRO, COM BASE EM
CARACTERÍSTICAS DO SOLO E CLIMA**

Resumo

Achatina fulica, está entre as 100 espécies invasoras mais importantes do mundo, e hoje é encontrada em quase todos os estados brasileiros, incluindo Sergipe. Este caracol exótico é conhecido por ter impactos negativos, não só no ambiente, devido principalmente ao rápido crescimento das suas populações, mas também na saúde pública, uma vez que é um hospedeiro intermediário de nematódeos causadores de doenças zoonóticas. No entanto, relativamente pouco se sabe sobre o desenvolvimento deste caracol, incluindo seu fator de condição relativo, que reflete seu potencial de desenvolvimento da concha e massa total. Investigamos a ocorrência de *A. fulica* em 24 municípios distribuídos nas oito sub-regiões do estado de Sergipe no período seco e chuvoso. Além disso, apresentamos aqui um modelo preditivo baseado na variação do clima e na química do solo, que foi consistente com a análise da ocorrência de *A. fulica*. Este caracol foi mais frequente em solos com pH de 6,5-7,5. Foi encontrada correlação negativa entre o crescimento de *A. fulica* e o pH do solo, então, quanto mais ácido o solo, mais alométrico é o crescimento de *A. fulica*. O fator de condição relativo indicou diferenças no padrão de desenvolvimento de *A. fulica* entre as oito sub-regiões. A influência da chuva no aumento da frequência de *A. fulica* apresentou correlação significativa. Além disso, temperaturas mais elevadas influenciaram o comportamento de repouso de *A. fulica*. O modelo matemático utilizado para identificar a presença potencial de *A. fulica* apresentou alto grau de concordância. Este é o primeiro estudo ecológico de *A. fulica* a verificar a associação entre a relação massa corporal-comprimento e o fator de condição relativo, e os resultados indicam que o desenvolvimento desse caramujo terrestre exótico em Sergipe é influenciado por fatores climáticos e, principalmente, pela pH do solo. O modelo matemático preditivo fornece informações valiosas sobre os fatores bióticos e abióticos associados à presença de *A. fulica* e a influência de variáveis climáticas e dos parâmetros químicos do solo na ocorrência de *A. fulica*. Esses achados fornecem diretrizes importantes para o desenvolvimento de medidas de controle de populações de *A. fulica*, que contribuirão para a saúde pública e ambiental.

Palavras-chave: *Achatina fulica*. Caracol exótico invasor. Fator de Condição Relativo. Fatores ambientais.

INTRODUÇÃO

Achatina (Lissachatina) fulica Bowdich, 1822, é um molusco nativo da África Oriental, porém, devido a ação antrópica e a capacidade de rápida dispersão, sua distribuição atual abrange quase todos os continentes: África, Américas, Leste e Sul da Ásia e Oceania (Thiengo *et al.* 2007). O caracol gigante africano, como é conhecido, é considerado uma espécie invasora, que geralmente ocorre em densas populações, competindo por espaço e alimento com espécies nativas (Raut & Barker 2002). Além disso, têm também importância sob o ponto de vista de saúde pública, pois podem atuar como hospedeiro intermediário de nematódeos como *Angiostrongylus cantonensis* (Chen 1935), agente etiológico da meningite eosinofílica (ME) em seres humanos (Zanol *et al.* 2010) e *Aelurostrongylus abstrusus* (Railliet 1898), que pode causar pneumonia em felinos domésticos e silvestres (Thiengo *et al.* 2008).

Ao longo dos anos diversos estudos foram realizados para investigar a dispersão, invasão, distribuição e abundância de *A. fulica* em vários países, dentre eles Tomiyama (1992); (1993); (1994); Cowie (1998); Zanol *et al.* (2010); Fontanilla *et al.* (2014); Sarman *et al.* (2015); Gbadeyan *et al.* (2020); Silva *et al.* (2020). Além destes estudos, programas de erradicação em larga escala vêm sendo realizados, incluindo coleta manual de moluscos e ovos, seguida de destruição desses exemplares (Smith *et al.* 2013) e a utilização de armadilhas para captura de *A. fulica* (Roda *et al.* 2018). No entanto, a influência de variáveis climáticas e químicas do solo, no desenvolvimento e comportamento de *A. fulica* ainda são escassos, isso inclui a utilização do fator de condição relativo (KR) (Bolger 1989) que expressa a relação entre massa-comprimento de uma espécie. De acordo com Albuquerque *et al.* (2009), entender os fatores que influenciam o comprimento e a massa, como por exemplo o fator de condição, pode ser uma ferramenta útil para o manejo de *A. fulica*. O fator de condição expressa a relação entre a massa e comprimento, sendo possível estimar através desse índice os aspectos comportamentais das espécies e verificar a influência de fatores bióticos e abióticos (Le Cren 1951). A relação de dados de massa-comprimento individualmente de uma espécie fornece indicações das condições do organismo em relação ao ambiente e estágios de desenvolvimento (Ghisi *et al.* 2012). Ademais, o parâmetro de KR indica o grau de bem-estar do indivíduo em seu ambiente, possibilitando a comparação entre duas ou mais populações vivendo em condições diferentes (Araujo *et al.* 2011).

Por outro lado, os fatores abióticos como a composição química do solo, podem influenciar no desenvolvimento de *A. fulica* e no estabelecimento da população (Fischer & Colley 2005). Segundo Raut & Barker (2002), *A. fulica* pode usar diferentes tipos de solos como refúgio e para retirada de nutrientes, podendo refletir quantitativamente e qualitativamente na taxa de crescimento, tamanho, massa e coloração. Além disso, o caracol gigante africano utiliza o solo como estratégias de defesa, com comportamentos de repouso, de enterramento e estivação (Fischer 2009) que devem ser considerados nas ações de controle e erradicação dessa espécie (Roda *et al.* 2018). As variáveis climáticas também devem ser levadas em consideração, pois a frequência e estratégias de defesa de *A. fulica* se relacionam diretamente com a umidade relativa do ar e pluviosidade (Pilate *et al.* 2017; Silva *et al.* 2020).

De acordo com a Comissão de Combate ao Caramujo Africano – IBAMA Sergipe, 19 municípios em Sergipe relataram emergência devido à presença de *A. fulica* na última reunião em 2015 (Ibama 2021). Ao mesmo tempo, poucos são os estudos que avaliam o desenvolvimento e comportamento de *A. fulica*, levando em consideração que a região Nordeste do Brasil apresenta períodos mais longos de estiagem com temperaturas elevadas. Diante disso, entender os fatores bióticos e abióticos sobre *A. fulica*, bem como abordagens estatísticas com criação de modelos preditivos podem auxiliar na previsão e estimativas de invasão de uma espécie (Johnson & Omland 2004). De acordo com Fischer *et al.* (2010) o estabelecimento de populações de *A. fulica* em diversos tipos de habitat é preocupante e se faz necessário o entendimento de aspectos ecológicos, que proporcione melhores ações de manejo da espécie invasora. Além disso, as pesquisas sobre biologia comportamental de *A. fulica* podem contribuir para elaboração de medidas de controle mais efetivas, bem como identificar o risco que essa espécie invasora pode trazer aos moluscos nativos (Pilate *et al.* 2017).

Neste trabalho são apresentados os resultados da investigação sobre a ocorrência de *A. fulica* nos oito Territórios do estado de Sergipe, visando responder: (i) *A. fulica* ocorre nos oito territórios de Sergipe? (ii) A relação massa-comprimento de *A. fulica*, incluindo o fator de condição relativo se correlacionam com variáveis climáticas e químicas do solo? (iii) Há diferença no desenvolvimento de *A. fulica* no período chuvoso e seco? (iiii) As variáveis climáticas e químicas do solo de Sergipe podem servir de modelo preditivo para a presença de *A. fulica*?

METODOLOGIA

Área de Estudo

A área de estudo compreendeu vinte e quatro municípios, distribuídos nos oito Territórios do estado de Sergipe (Grande Aracaju, Leste Sergipano, Baixo São Francisco, Sul Sergipano, Médio Sertão Sergipano, Alto Sertão Sergipano, Agreste Central Sergipano e Centro Sul Sergipano) (IBGE 2011; Figura 1, Apêndice S1). Sergipe está localizado na região Nordeste do Brasil, tem uma unidade territorial de 21.925,424 km², e uma população estimada em 2019 de 2.298.696 habitantes (94,36 hab/km²) (IBGE 2020). A determinação dos pontos de coleta (parcelas) foi baseada nos registros prévios da presença de *A. fulica* realizados pelas prefeituras dos Territórios de Sergipe, na reunião realizada em 2015 pela Comissão Estadual de Combate ao Caramujo Gigante Africano – IBAMA, SE, na qual foi relatada a ocorrência de 19 municípios com infestação de *A. fulica* na zona urbana (IBAMA, 2021).

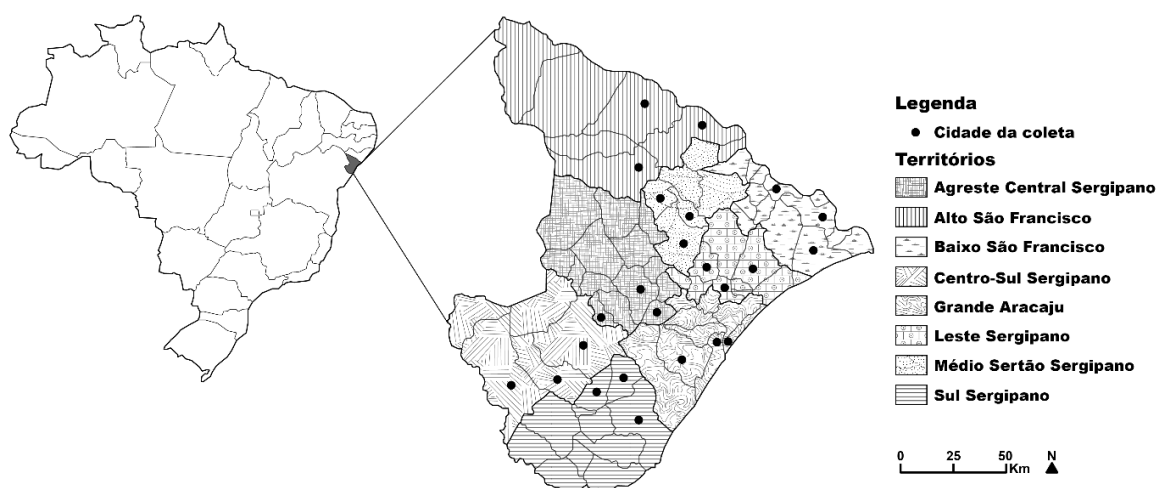


Figura1. Divisão territorial do estado de Sergipe, incluindo os municípios nos quais foram realizadas coletas de *A. fulica* no período de 2019 e 2020. Os pontos pretos representam os municípios das coletas.

Coleta de *A. fulica* e Características das Parcelas

A coleta de *A. fulica* foi realizada em fevereiro (referente ao final do período seco) e em setembro (referente ao final do período chuvoso) dos anos de 2019 e 2020. De acordo com Santos & Souza (2018) em Sergipe os meses de abril a agosto representam os de maior intensidade de precipitação, em que os meses de março e setembro também pertencem a esse período, mas não apresentam alta média de precipitação. Mas são pouco maiores comparando com os meses de outubro, novembro, dezembro, janeiro e fevereiro referentes ao período seco. Nos últimos 12 anos o mês de fevereiro apresentou média de precipitação de 59 ± 41 e em setembro 63 ± 29 (INIMET 2021). Nas coletas foi utilizado a metodologia de parcela adaptada de Pereira *et al.* (2015). Foi distribuída uma parcela de 20 x 10 m nos vinte e quatro municípios selecionadas. As parcelas foram marcadas com bastões de madeira nos cantos e foram coletados *A. fulica* que estivessem dentro do perímetro estabelecido, com o tempo de 10 min/1coletor. Durante a coleta foi preenchida a ficha de campo com dados das características do ambiente: Tempo (ensolarado, nublado, chuvoso), presença de lixo, entulhos, animais domésticos, esgotamento sanitário, tipo de vegetação, manutenção da área, características do solo (úmido, seco), comportamento de *A. fulica* (ativa, repouso) e presença de ovos (Apêndice S2). Os dados meteorológicos, médias mensais de temperatura, umidade e precipitação foram obtidas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), pelas estações automáticas e convencionais distribuídas pelos Territórios de Sergipe (INIMET 2021). Os dados meteorológicos foram colhidos referente ao mês vigente de cada coleta (fevereiro e setembro), ao qual o molusco *A. fulica* esteve se desenvolvendo no seu habitat.

Coleta de solo nas parcelas

Foram coletadas amostras de solo nas 24 parcelas, sendo realizadas paralelamente à coleta dos moluscos. Com auxílio de espátula de aço inoxidável foram coletadas amostras do solo com profundidade de até 5 cm em cinco pontos da parcela (quatro extremidades e um ponto variável da parcela), onde foram colhidos 500g de amostra. A escolha do ponto variável se deu nos locais onde foram observados exemplares de *A. fulica* enterrados ou em estágio gregário (Fischer *et al.* 2012; Almeida *et al.* 2016). A coleta de solo em parcelas em que não havia presença de *A. fulica*, foi realizada no centro da parcela (Apêndice S3). Posteriormente à coleta de solo, as amostras foram misturadas, homogeneizadas e guardadas em potes de 500 ml. As análises das amostras de solo foram realizadas seguindo as metodologias descritas por Camargo *et al.* (2009) que consistiram na mensuração do pH em água, Ca e matéria orgânica.

Biometria, crescimento alométrico (*b*) e fator de condição de *Achatina fulica*

Os moluscos foram transportados para o laboratório e onde foi verificado individualmente o comprimento total (Lt) da concha (do ápice até a base da abertura) e a massa total (Wt), utilizando paquímetro digital Vernier (precisão de 0.01mm) e balança digital (precisão 0,0001 g), respectivamente. Com esses dados, foi possível calcular as médias dessas variáveis morfométricas e verificar as relações entre massa-comprimento e fator de condição relativo, que foram determinadas usando as equações: $Wt = a.Lt^b$ (Wt = massa total, Lt = comprimento total, *a* e *b* são parâmetros de crescimento (Le Cren 1951; Bolger & Connolly 1989), dependendo do valor do coeficiente alométrico (*b*), o crescimento foi considerado isométrico (*b* = 3) ocorrendo de forma simétrica entre a massa e o comprimento; alométrico positivo (*b* > 3), o crescimento da massa é maior do que em comprimento e alométrico negativo (*b* < 3), o crescimento é maior em comprimento do que em massa (Araujo *et al.* 2011). Em seguida, foi utilizado o fator de condição relativo ou de Le Cren, representado pela equação $KR = M_{obs}/M_{esp}$, sendo a massa observada (M.obs), a massa obtida da pesagem de cada indivíduo após a coleta de campo e a massa esperada (M.esp), a massa determinada pela curva da relação massa-comprimento. Considera-se que a relação entre a massa observada e a massa esperada deve ser o $KR = 1$ (massa ideal); quando o $KR > 1$ o indivíduo está acima da massa esperada e $KR < 1$ abaixo da massa (Le Cren 1951).

A determinação das classes de tamanho de *A. fulica* foi adaptada de Fischer; Colley (2005) e Almeida (2013): filhotes (até 1,00 cm), jovens (entre 1,01 cm e 4,00 cm), adultos jovens (entre 4,01 e 7,00 cm) e adultos (maior que 7,01 cm).

Análise de dados

Após a categorização da relação massa-comprimento dos moluscos, foi utilizado o teste Qui-quadrado de Pearson com o intuito de avaliar a diferença das distribuições entre a classificação do valor do fator de condição (KR) (variável contínua) em relação aos oito Territórios do estado de Sergipe.

Para análise das variáveis numéricas foram determinadas a normalidade das variáveis nas seguintes condições, utilizando o teste de Kolmogorov-Smirnov com Lilliefors no intuito de classificar a distribuição homogênea ou heterógena: 1) Todas as variáveis numéricas sem agrupamento com alguma variável dependente (o fator de condição [KR], variação do fator de condição, o crescimento alométrico de *A. fulica*, a umidade, variação da umidade, a temperatura, variação da temperatura, a pluviosidade, variação da pluviosidade, o pH do solo, cálcio e matéria orgânica); para as condições (2,3,4) as variáveis numéricas foram tratadas como dependentes e as variáveis categóricas como independentes; 2) Pluviosidade de acordo com a presença da *A. fulica*; 3) pH do solo de acordo com a presença de *A. fulica* e 4) O fator de condição relativo, que foi analisado por territórios. Na condição 1 supracitada, percebeu-se que todas as variáveis foram classificadas como paramétricas, utilizando assim a correlação de Pearson. Para as demais condições (2 e 3), as variáveis foram classificadas como não paramétricas, utilizando o teste de U Mann-Whitney.

Ademais, quando observada relação significativa na correlação (condição 1), utilizou-se a variável do pH do solo para descrever a equação linear, através da regressão linear simples, avaliando a força de influência e o coeficiente linear entre o pH do solo e o crescimento alométrico de *A. fulica*. Em seguida, foi realizada a regressão logística binária (Mendes & Veja 2011) para obter um modelo preditivo de *A. fulica* com fatores ambientais (temperatura, umidade, pluviosidade e pH do solo). Essas variáveis foram escolhidas pois apresentaram um valor de influência ou correlação com a variável categórica presença de *A. fulica*, através da análise de componentes principais (PCA). A partir daí foi incluso no modelo descarte de resíduos bem como os valores *outliers* evitando assim o comprometimento do poder explicativo do modelo. O resultado da equação dará a partir da substituição das letras pelos seus respectivos valores, sendo o resultado da equação de 0 e próximo de 0 correspondentes a ausência da *A. fulica*, enquanto valores próximos a 01 ou 01, referem-se a presença desse caracol (sendo considerado sempre o modulo do resultado). Referente a variável categórica (período) considera o valor de 01 para seco e 02 para chuvoso. Após obtenção dos resultados descritos com base na equação fornecida pela regressão logística binária, utilizou-se o índice de Kappa com o intuito de avaliar os resultados do modelo preditivo formado pela regressão logística binária e comparar com os resultados obtidos na coleta de *A. fulica*.

RESULTADOS

Distribuição e características de *Achatina fulica*

Em 2019 e 2020 foram analisadas 24 parcelas distribuídas nos oito Territórios de Sergipe, sendo confirmada a ocorrência de *A. fulica* em 18 parcelas destes territórios, sendo coletados um total de 735 espécimes do molusco. A população de *A. fulica* em todos os períodos estacionais se caracterizou por um maior número de moluscos jovens 423 (57,5%) e adultos jovens 282 (38,3%) (Figura 2). Foram observados 649 (88,2%) moluscos em estado de “repouso”, 67 (9,3%) em “estivação” e 19 (2,5%) “ativos”.

No período seco de 2019 foram coletados um total de 124 exemplares de *A. fulica*, distribuídos em 09 parcelas (Tabela 1). Os moluscos coletados apresentaram comprimento variando entre 2,8 e 9,0 cm, média de 5,36 ($\pm 1,11$). Já no período chuvoso de 2019, foram coletados 258 exemplares desse molusco em 18 parcelas. Nesse período *A. fulica* apresentou comprimento de 1,5 a 7,7 cm, média de 3,44 ($\pm 1,41$). Na coleta realizada no período seco de 2020, foram coletados 90 espécimes de *A. fulica* distribuídos em 12 parcelas. O comprimento dos moluscos coletados nesse período variou de 0,9 a 6,7 cm, média 4,02 ($\pm 1,17$). Ao verificar a coleta do período chuvoso de 2020, foram coletados 263 *A. fulica* distribuídos em 17 parcelas. Os moluscos coletados nesse período tinham comprimento de 0,6 a 8,4 cm, média de 3,07 ($\pm 1,46$).

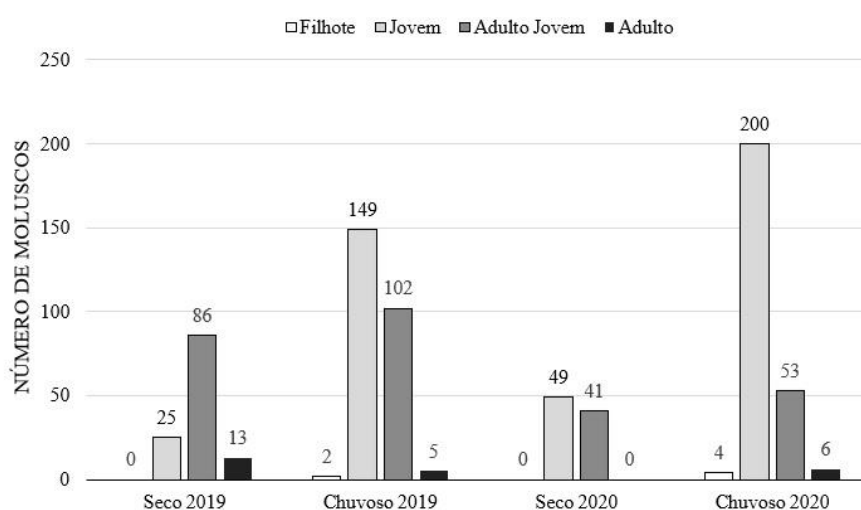


Figura 2. Distribuição por classes de tamanho de exemplares de *Achatina fulica* coletados no período seco e chuvoso em municípios de Sergipe, 2019 e 2020.

Tabela 1. Amplitude na variação no peso (g) e comprimento total (cm) de exemplares de *Achatina fulica* coletados no período seco (fevereiro) e chuvoso (setembro) de 2019 e 2020, nos oito Territórios do estado de Sergipe.

Período	n° de espécimes de <i>A. fulica</i>	Comprimento (cm)				Massa (mg)			
		Mín.	Máx.	Média	Dp	Mín.	Máx.	Média	Dp
Seco 2019	124	2,8	9,0	5,36	$\pm 1,11$	2,5	68,3	15,87	$\pm 9,85$
Chuvoso 2019	258	1,5	7,7	3,44	$\pm 1,41$	0,5	54,4	6,86	$\pm 8,97$
Seco 2020	90	0,9	6,7	4,02	$\pm 1,17$	0,01	39,5	12,52	$\pm 9,11$
Chuvoso 2020	263	0,6	8,4	3,07	$\pm 1,46$	0,3	86,1	9,47	$\pm 13,33$

Mín – Mínima, Máx – Máxima; Dp - Desvio padrão.

Frequência de *Achatina fulica* e características climáticas do estado de Sergipe

Em 2019 durante o período seco nos Territórios Leste e Grande Aracaju foram coletados o maior número de exemplares de *A. fulica*, 48 (38,7%) e 37 (29,8%), respectivamente. No período chuvoso do mesmo ano a coleta de moluscos foi maior no Centro Sul 73 (28,2%), Leste 58 (22,4%) e Sul 45 (17,4%) (Fig. 3, 4). Verificou-se que em ambos os períodos de coleta a influência da chuva na frequência de *A. fulica* apresentou correlação significativa ($p = 0,01$), e desta forma quanto maior a pluviosidade, maior será o aumento do número de exemplares de *A. fulica*. Verificou-se que em 2020 no período seco houve maior frequência de *A. fulica* no Território da Grande Aracaju 28 (31,1%), Centro sul 21(23,3%) e Sul 20 (22,2%). Ao verificar o período chuvoso do mesmo ano, a maior frequência de *A. fulica* ocorreu no Centro Sul 72 (27,3%) e Sul 70 (26,6%) (Fig. 3, 4).

Quanto à umidade relativa do ar em 2019 no período seco, foram observados padrões mais elevados no Território Baixo São Francisco (81,6%), e menor umidade no Alto Sertão, (64,0%). No período chuvoso do mesmo ano, o Agreste Central apresentou maior umidade (82,7%) e menor umidade ocorreu também no Alto Sertão (50,0%). Já em 2020 no período seco, ocorreu maior umidade no Baixo São Francisco (78,8%) e menor umidade na Grande Aracaju (59,2%). No mesmo ano, no período chuvoso ocorreu maior umidade no Centro Sul (81,2%) e Agreste Central (80,3%) e menor umidade no Território da Grande Aracaju (58,7%) (Fig. 3).

Em relação a pluviosidade em Sergipe na coleta realizada em fevereiro, período seco de 2019 apresentou média $34,8 \pm 2$ e a coleta em setembro referente ao período chuvoso, apresentou média $55,5 \pm 29$. Já no período seco de 2020, ocorreu o maior índice pluviométrico com média $58,6 \pm 31$ e o período chuvoso, média $43,3 \pm 15$. No entanto, observou-se que as chuvas do período seco em Sergipe ocorrem em dias mais isolados com altas precipitações e uma má distribuição durante o mês de fevereiro de 2019 e principalmente 2020. Em relação a precipitação distribuídas pelos territórios de Sergipe, em 2019 no período seco, houve maior índice pluviométrico no Território do Alto Sertão, 83,2 mm. No período chuvoso do mesmo ano ocorreu maior precipitação no Território da Grande Aracaju com 95,6 mm. Já no período seco de 2020, ocorreu maior precipitação no território da Grande Aracaju e Leste Sergipano, com valores que chegaram a 98,8 mm. Já no período chuvoso de 2020, a maior precipitação foi no Sul com 59,4 mm, dados semelhantes ao Centro Sul (Fig. 4).

Observou-se que durante a coleta de *A. fulica* no período seco das 2019 às 24 parcelas distribuídas nos oito territórios de Sergipe foram em dias ensolarados e com solo seco. No período chuvoso de 2019, 18 parcelas apresentaram-se com o tempo nublado e 13 destas, com o solo úmido, situadas nos Territórios de Grande Aracaju, Sul, Centro Sul, Leste e Baixo São Francisco pertencentes a zona litoral úmida. Em 2020 ocorreu no período seco o solo úmido em parcelas situadas nos mesmos Territórios. No entanto, nesse mesmo período 15 parcelas foram observadas com o tempo nublado, e em sua maioria, nove estavam com o solo seco. Já no período chuvoso de 2020 todas as parcelas estavam em dia ensolarado e 21 dessas com o solo seco.

As médias de temperatura no estado de Sergipe em 2019 no período seco chegaram a 28,2 °C ($\pm 0,7$) semelhante à média do período chuvoso (setembro) do mesmo ano 26,0°C ($\pm 1,3$). Em 2020 o período seco apresentou média de 27,9°C ($\pm 0,7$) e no período chuvoso 24,4°C ($\pm 2,7$). Em 2020 houve relação significativa com a temperatura e o comportamento de repouso de *A. fulica* ($p = 0,03$), o que demonstra que com temperaturas mais elevadas, *A. fulica* está mais propensa a ficar em repouso.

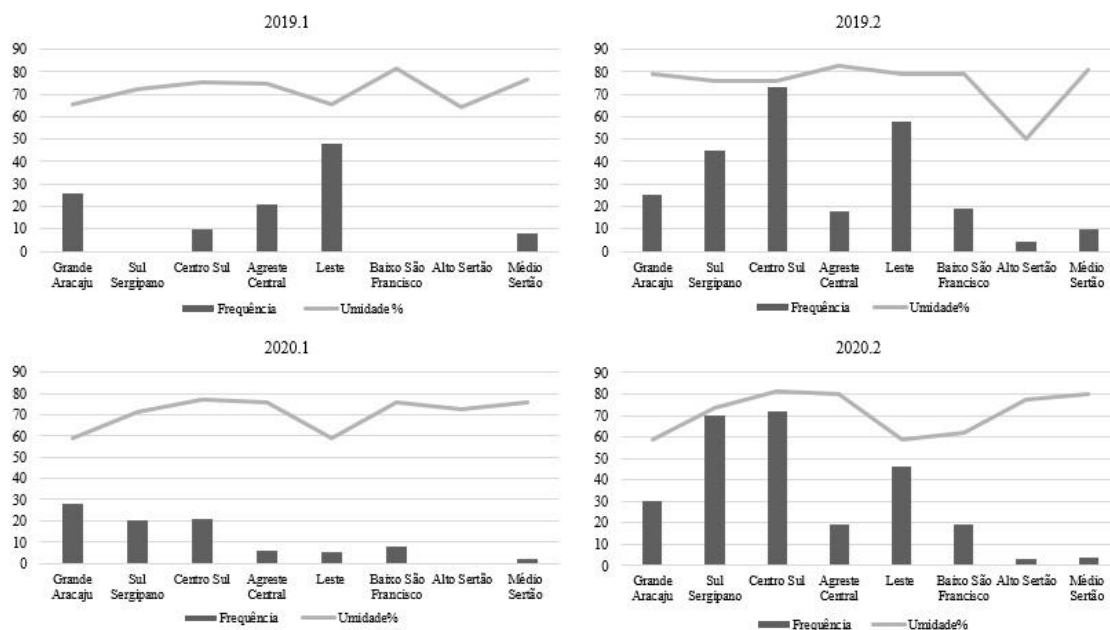


Figura 3. Número de exemplares de *Achatina fulica* e umidade relativa do ar (%) nos Territórios de Sergipe no período seco e chuvoso de 2019 e 2020.

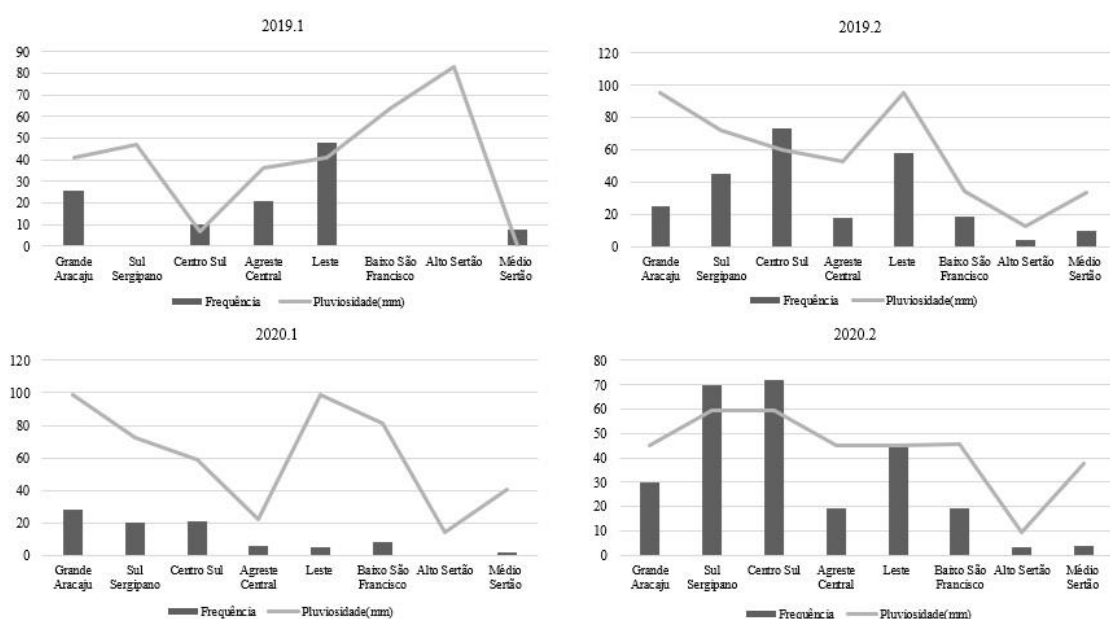


Figura 4. Número de exemplares de *Achatina fulica* e pluviosidade (mm) nos Territórios de Sergipe no período seco e chuvoso de 2019 e 2020.

Características do solo nos Territórios de Sergipe

No período seco de 2019 foi observado que o pH mais ácido ocorreu na parcela do município de Japaratuba (pH 5,73), situada no Território Leste. Parâmetros mais alcalinos foram encontrados em Nossa Senhora da Glória (Alto Sertão) (pH 8,93). Quanto ao período chuvoso do mesmo ano, a parcela de Itabaiana no Agreste Central apresentou maior acidez do solo, com pH de 4,6. Os padrões de pH do solo coletados no período seco de 2020 foram mais neutros nas 24 parcelas, com mínima de 6,1 e máxima de 7,8, média de 7,0 ($\pm 0,4$). No período chuvoso do mesmo ano foi observado que na parcela de Nossa Senhora das Dores (Médio Sertão) ocorreu o pH mais ácido (4,95), enquanto o mais alcalino ocorreu nas parcelas de Propriá (Baixo São Francisco) (pH 8,14) (Tabela 2).

Considerando os padrões de cálcio (Ca) no período seco de 2019, foram encontrados valores baixos no Território do Médio Sertão em Cumbe, 0,92 cmol_c/dm³. Já padrões altos de cálcio foram observados em Porta da Folha (Alto Sertão) (12,3 cmol_c/dm³), e em Barra dos Coqueiros, situada no Território Grande Aracaju (11,4 cmol_c/dm³). No período chuvoso do mesmo ano também foram encontrados padrões mais elevados de Ca na parcela de Porto da Folha (11,3 cmol_c/dm³). Em 2020 os padrões de cálcio relativamente altos foram obtidos em Barra dos Coqueiros (17,1 cmol_c/dm³) e em relação ao solo coletado no período chuvoso do mesmo ano, também foram observados padrões de Ca relativamente altos em Barra dos Coqueiros (21,2 cmol_c/dm³) (Tabela 2).

Considerando os valores de matéria orgânica Mo (g/dm³) das parcelas no período seco de 2019, em Nossa Senhora das Dores (Médio Sertão), ocorreu menor valor (Mo 4,8 g/dm³), enquanto o maior ocorreu em Riachão dos Dantas (Centro Sul) (54,7 g/dm³). No período chuvoso do mesmo ano os padrões mais altos foram identificados em Estância (Sul) e Lagarto (Centro Sul), com valores iguais a 34,1 g/dm³. Já quanto aos valores de Mo no período seco de 2020, foi observado que os padrões estavam relativamente altos na parcela de Siriri, Leste (28,8 g/dm³). No período chuvoso do mesmo ano foram identificados valores relativamente mais altos 25,4 g/dm³ em Barra dos Coqueiros (Grande Aracaju) (Tabela 2).

Tabela 2. Características do solo (pH-H₂O, Cálcio (cmol_c/dm³) e Matéria Orgânica (g/dm³) nos períodos de coleta de *Achatina fulica* nos oito Territórios de Sergipe, 2019 e 2020.

Territórios / Cidades	pH	Cálcio	Matéria Orgânica	pH	Cálcio	Matéria Orgânica	pH	Cálcio	Matéria Orgânica	pH	Cálcio	Matéria Orgânica
	Período											
	Seco 2019			Chuvoso 2019			Seco 2020			Chuvoso 2020		
Grande Aracaju												
Aracaju	7,98	4,69	17,1	7,59	6,26	18,8	7,3	7,62	25,5	7,79	4,86	9,52
Barra dos Coqueiros	5,59	3,13	17,5	7,71	5,72	28,7	6,17	17,1	7,88	6,3	21,2	11,9
São Cristóvão	6,93	11,4	29,4	7,62	6,26	16,8	7,6	5,22	15,2	7,1	6,82	25,4
Sul Sergipano												
Estância	7,89	3,72	11	6,7	7,19	34,1	6,7	4,23	12,7	7,37	6,87	17,6
Boquim	7,69	6,07	22,2	7,38	5,06	19,1	7,16	7,02	26,5	7,81	6,87	17,6
Salgado	7,22	6,69	26,8	7,88	4,5	12,9	6,76	2,42	11	6,46	3,11	13,3
Centro Sul												
Lagarto	6,83	3,86	16,3	6,7	7,19	34,1	6,12	2	5,26	7,58	7,05	14,9
Tobias Barreto	8,11	10,1	31,8	7,88	4,5	12,9	7,48	6,95	7,23	7,22	6,29	11,2
Riachão dos Dantas	7,93	9,85	54,7	7,38	5,06	19,1	7,39	10,2	22,1	7,93	6,31	11,17
Agreste Central												
Itabaiana	8,17	7,32	12,9	4,65	1,34	9,21	6,76	1,53	10,5	7,75	7,06	16,3
Areia Branca	7,7	7,31	20,1	7,31	5,2	15,3	7,22	7,79	21,1	7,59	9,4	19,6
São Domingos	8,89	3,56	5,79	7,78	4,37	14,5	6,83	5,11	13,9	7,54	5,71	14,6
Leste												
Rosário do Catete	8,71	2,45	5,49	6,86	7,58	26,1	7,25	5,02	16,2	6,59	3,64	15,8
Siriri	7,69	8,39	28,5	7,07	6,1	21,1	6,96	6,7	28,8	7,91	5,73	9,1

Territórios / Cidades	pH	Cálcio	Matéria Orgânica	pH	Cálcio	Matéria Orgânica	pH	Cálcio	Matéria Orgânica	pH	Cálcio	Matéria Orgânica
	Período											
	Seco 2019			Chuvoso 2019			Seco 2020			Chuvoso 2020		
Japaratuba	5,73	3,54	12,6	6,63	4,82	24,4	7,17	5,1	15,4	7,73	5,57	15,4
Médio Sertão												
N. S. das Dores	6,54	2,23	4,85	8,09	4,47	8,09	7,44	3,20	7,44	4,95	1,37	5,89
Cumbe	8,88	0,92	5,57	7,71	5,72	11,2	-	-	-	6,55	2,17	7,86
Feira Nova	7,38	6,92	7,77	7,71	5,72	11,2	6,16	5,00	17,6	7,56	8,23	18,8
Alto Sertão												
N.S. da Glória	8,93	3,8	7,89	8,05	5,49	13,4	7,63	11,8	17,8	8,08	8,28	12,6
Porto da Folha	6,8	12,3	9,71	7,79	11,3	16,1	7,07	10,0	8,96	8,11	8,18	6,65
Gararu	7,88	9,87	30,7	7,75	6,89	30,1	7,82	7,05	11,6	7,83	6,24	20,8
Baixo São Francisco												
Neópolis	7,88	8,84	23,2	7,83	6,43	28,1	7,29	5,20	13,7	7,61	7,72	13,7
Propriá	8,16	8,58	21,7	8,19	5,08	15,5	7,81	12,2	11,1	8,14	4,66	8,36
Pacatuba	7,74	3,06	6,88	6,78	4,83	17,4	6,24	4,32	10,7	7,33	2,96	6,79

- Local da Parcela†† com indisponibilidade de coleta no período.

Crescimento alométrico (*b*) de *Achatina fulica* e períodos estacionais

A relação entre o crescimento total da concha e a massa de *A. fulica* revelou que não houve diferenças significativas ($p > 0,05$), quando comparados os períodos estacionais de 2019 e 2020 (Apêndice S3). No entanto, verificou-se que os maiores valores de “*b*” ocorreram no período seco. Em 2019 no período seco *A. fulica* apresentou crescimento alométrico negativo $b = 2,78$ e em 2020, ocorreu valor isométrico $b = 3,04$, com a equação $Wt = 0,1463 Lt^{3,04}$, representando teoricamente o crescimento adequado, onde o crescimento total da concha é proporcional a massa, na população do período estudado (Figuras 5, 6; Apêndice S4).

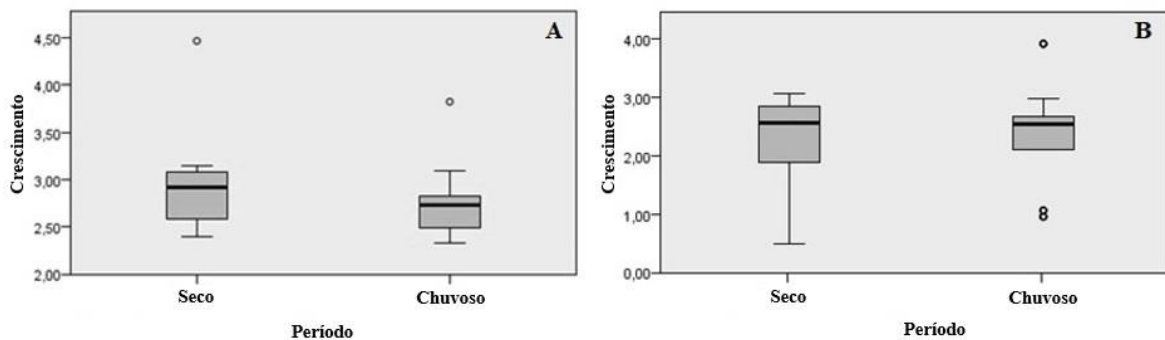


Figura 5. Crescimento alométrico de *Achatina fulica* nas estações seca e chuvosa de 2019(A) e 2020(B) nos oito Territórios de Sergipe. * Kruskall-Wallis.

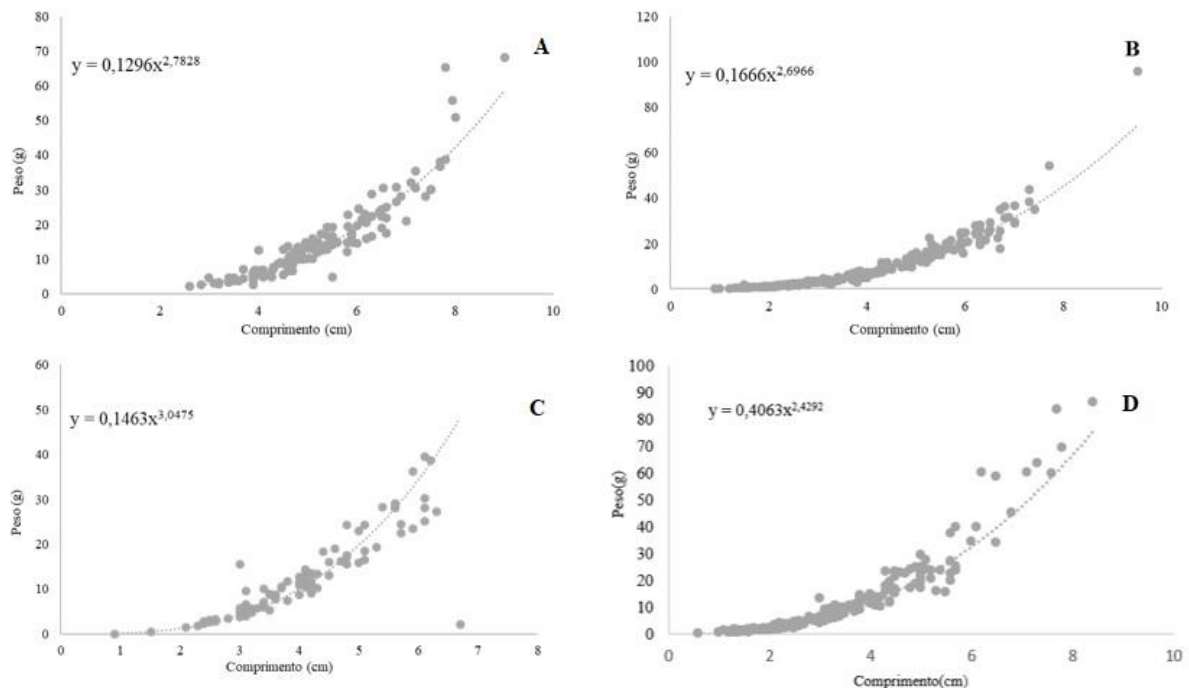


Figura 6. Variação sazonal do crescimento alométrico de *Achatina fulica* nos oito Territórios do estado de Sergipe, em 2019 e 2020. (A) Período seco de 2019 com crescimento alométrico negativo de $b = 2,78$. (B) estação chuvosa de 2019 com crescimento alométrico negativo de $b = 2,69$. (C) período seco

de 2020 com crescimento alométrico isométrico de $b = 3,04$. (D) Estação chuvosa 2020 com crescimento alométrico negativo $b = 2,42$.

Crescimento alométrico de *Achatina fulica* e condições químicas do solo

Nos períodos estacionais de 2019 quando relacionados os fatores que influenciam no crescimento de *A. fulica*, foi observada correlação negativa com o pH do solo ($p < 0,05$, $r = -0,4388$), em que quanto maior for o crescimento alométrico, menor será o valor do pH, sendo então considerado viável o uso do pH do solo para construção de um modelo preditivo linear na identificação do crescimento alométrico de *A. fulica* ($p < 0,05$, $R^2 = 0,156$). Dessa forma, quanto mais ácido for o solo, maior será o crescimento alométrico de *A. fulica* em Sergipe ($b > 3$). Porém, podemos identificar que *A. fulica* é mais frequente no solo com pH na faixa de 6,5 - 7,5, sendo ideal para o crescimento isométrico ($b = 3$). Além disso, conforme o pH se torna mais alcalino o valor de b reduz ($b < 3$) e o processo inverso ocorre quando o pH aumenta para os parâmetros ácidos ($pH < 7$) (Apêndice S5). Ao avaliar a relação da presença de *A. fulica* com o pH do solo, é possível visualizar que quanto mais alcalino o pH, menos frequente será a ocorrência de *A. fulica* ($p < 0,05$) (Figura 7). Ao verificar os períodos estacionais de 2020, quando relacionados o crescimento alométrico com o pH do solo, não houve relação significativa ($p > 0,05$).

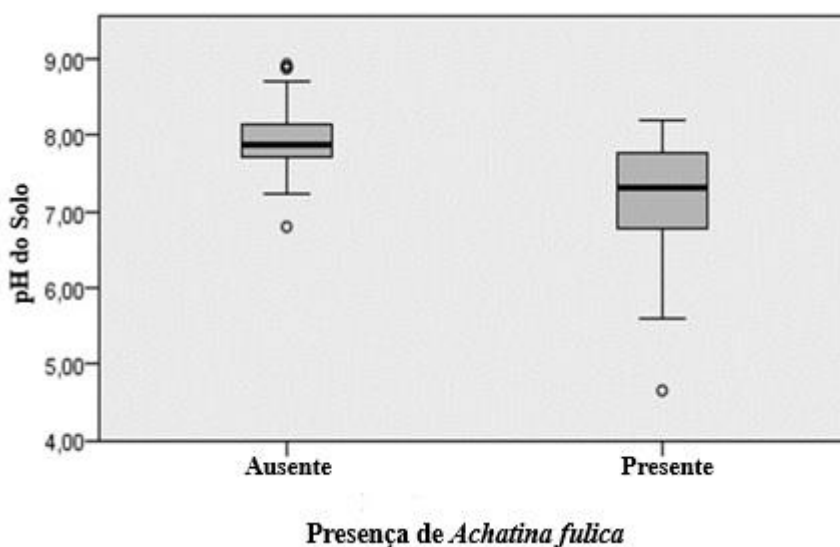


Figura 7. Presença de *Achatina fulica* relacionada ao pH do solo nos oito Territórios de Sergipe, 2019.

Fator de condição relativo de *Achatina fulica* nos Territórios de Sergipe

Ao avaliar o fator de condição relativo no período seco e chuvoso de 2019, foi observada relação significativa ($p = 0,02$), quando comparados ao desenvolvimento de *A. fulica* nos oito Territórios de Sergipe. Teoricamente o fator de condição relativo representa o bem-estar representado pela massa de um indivíduo e o seu valor ideal é igual a “1”. Em 2019 os exemplares de *A. fulica* apresentaram menor

massa ($KR < 1$) no Território da Grande Aracaju (41,4%; 29 moluscos), sendo que a massa ideal ($KR = 1$) foi encontrada em maior percentual nos exemplares no Alto Sertão (75%, 3) e acima da massa ($KR > 1$) no Sul (48,7%, 19) (Apêndice S6).

Ao verificar o fator de condição no ano de 2020 também houve uma relação significativa quando comparado o KR de *A. fulica* nos oito Territórios de Sergipe ($p = 0,01$). Dentre os Territórios, pôde-se observar que os moluscos abaixo da massa esperada ($KR < 1$) estavam em maior porcentagem no Território Leste com 41(80%) e o Alto Sertão com 4 (57,1%). Os moluscos com a massa ideal ($KR = 1$) foram coletados no Baixo São Francisco, um total de 7 (25,9%), seguido do Centro Sul com 24 (25,8%). Em relação aos moluscos acima da massa esperada ($KR > 1$), no Sul Sergipano foi encontrado maior número 39 (43,3%), e em seguida no Centro Sul com 30 (32,3%) (Figura 8).

Quando verificados individualmente os municípios com suas respectivas parcelas em que foram coletados *A. fulica*, foi possível observar que no período seco de 2019, o Território Leste foi identificado com o valor mínimo e máximo de KR , em que foram coletados *A. fulica* no município de Japaratuba, com o valor com a massa abaixo do esperado ($KR = 0,34$) e com o valor máximo ($KR = 1,99$), representando praticamente duas vezes a massa esperada. No período chuvoso do mesmo ano no Território do Centro Sul Sergipano, na parcela de Estância observou-se exemplares de *A. fulica* com o menor valor esperado ($KR = 0,49$). Teoricamente o molusco nesse padrão pesa 47% da sua massa esperada. Já o KR mais elevado nesse mesmo período ocorreu na parcela de Lagarto com $KR = 3,16$ (Tabela 3).

Quando verificado o período seco de 2020, foi identificado no Território da Grande Aracaju o menor valor de KR na parcela de São Cristóvão ($KR = 0,17$) e na mesma parcela ocorreu um molusco com o valor mais alto ($KR = 2,36$). Quando verificado o período chuvoso do mesmo ano, o menor valor de KR ocorreu na parcela de Boquim ($KR = 0,50$) no Sul e o maior valor ocorreu na parcela de Riachão dos Dantas ($KR = 1,94$), Centro Sul (Tabela 3).

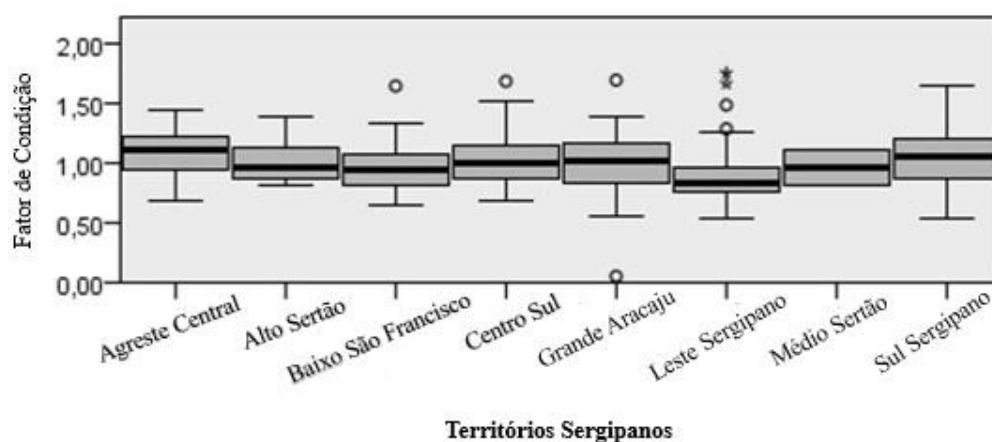


Figura 8. Fator de condição de exemplares de *Achatina fulica* coletadas nos oito Territórios de Sergipe em 2020. * Kruskal-Wallis ($p = 0,001$).

Tabela 3. Distribuição dos valores do fator de condição relativo (KR) de exemplares de *Achatina fulica* por Território e municípios de coleta no estado de Sergipe, nos anos de 2019 e 2020.

Territórios / Cidades	Min	Máx	Média ± Dp	Mín	Máx	Média ± Dp	Mín	Máx	Média ± Dp	Mín	Máx	Média ± Dp

Territórios / Cidades	Min	Máx	Média ± Dp	Mín	Máx	Média ± Dp	Mín	Máx	Média ± Dp	Mín	Máx	Média ± Dp
	2019.1			2019.2			2020.1			2020.2		
Médio Sertão												
N. S. das Dores	0,80	1,38	1,01±0,19	0,89	1,17	1,00±0,80	0,82	1,17	1,40±0,11	0,90	1,16	1,00±0,11
Cumbe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Feira Nova	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alto Sertão												
N.S. da Glória	-	-	-	0,95	1,05	1,00±0,04	-	-	-	1,00	1,00	1,00±0,00
Porto da Folha	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gararu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Baixo São Francisco												
Neópolis	-	-	-	0,84	1,12	1,00±0,10	-	-	-	0,81	1,65	1,02±0,23
Propriá	-	-	-	0,83	1,12	1,00±0,13	0,81	1,27	1,00±0,11	0,85	1,14	1,01±0,13
Pacatuba	-	-	-	0,90	1,10	1,00±0,08	-	-	-	-	-	-

† Locais onde foram encontrados apenas um exemplar de *A. fulica*. – Não foram encontrados moluscos no período de coleta. Mínima (mín), máxima (máx), desvio-padrão (Dp).

Fator de condição e períodos estacionais

Em 2019 a relação do fator de condição no período seco e chuvoso, não apresentou relação significativa ($p > 0,05$). Já em 2020 foi observada relação significativa ($p = 0,02$), ocorrendo um aumento do fator de condição dos moluscos no período seco. No período chuvoso de 2020 foram coletados 223 moluscos, destes 139 (52,9%) foram coletados abaixo da massa esperada ($KR < 1$). Ao verificar o período seco do mesmo ano, foram coletados 90 espécimes de *A. fulica*, destes 20 (22,2%) estavam com a massa ideal esperada ($KR = 1$) e 37 (41,1%) acima da massa esperada ($KR > 1$). Também foi observado que quanto maior a frequência de *A. fulica* em ambos os períodos estacionais, maior é o KR ($p = 0,01$). Por fim, quanto maior o fator de condição relativo, maior será o comportamento de repouso desses moluscos ($p = 0,001$).

Fator de condição relativo de *Achatina fulica* e variáveis climáticas e do solo

As correlações em 2019 entre o crescimento alométrico, fator de condição relativo e variação de KR , com as variáveis (umidade, temperatura, pluviosidade, pH, cálcio e matéria orgânica), demonstraram que apenas o pH do solo influenciou no crescimento alométrico da concha de *A. fulica* ($p < 0,05$); enquanto as demais variáveis não tiveram relação nem com o crescimento alométrico, nem com o fator de condição e sua variação, incluindo os dados de 2020 ($p > 0,05$) (Tabela 4)

Tabela 4. Resultados da correlação do Crescimento, Fator de condição (K) e Variação de K de *Achatina fulica* com as variáveis climáticas e do solo, estado de Sergipe, 2019 e 2020.

CORRELAÇÃO		Variáveis								
		pH	Cálcio	Matéria Orgânica	Umidade (%)	Umidade (variação)	Temperatura °C	Temperatura (variação)	Pluviosidade (mm)	Pluviosidade (variação)
Crescimento (b)	r	-0,438	-0,252	-0,186	0,065	-0,203	0,207	0,222	-0,272	-0,280
2019	p	*0,029	0,224	0,348	0,759	0,330	0,320	0,287	0,188	0,174
Fator de	r	0,072	0,209	0,224	-0,082	0,164	0,237	0,210	-0,109	-0,146
condição (KR)	p	0,733	0,316	0,283	0,695	0,433	0,197	0,314	0,603	0,486
2019										
Variação de KR	r	-0,322	0,104	0,265	0,077	1,105	0,230	0,104	-0,049	-0,053
2019	p	0,117	0,622	0,201	0,716	0,618	0,270	0,622	0,817	0,802
Crescimento (b)	r	-0,040	0,104	0,072	-0,040	-0,043	0,055	-0,192	0,132	0,209
2020	p	0,764	0,430	0,586	0,775	0,759	0,690	0,391	0,350	0,134
Fator de	r	-0,017	0,061	0,158	-0,186	-0,193	-0,064	-0,167	0,086	0,003
condição (KR)	p	0,906	0,666	0,263	0,210	0,194	0,662	0,257	0,570	0,984
2020										
Variação de KR	r	0,105	0,020	0,013	0,037	0,062	-0,121	-0,119	0,006	-0,121
2020	p	0,429	0,080	0,925	0,789	0,659	0,381	0,391	0,969	0,387

r = Correlação de Pearson. *correlação significativa ($p < 0,05$).

Regressão logística binária relacionada a variáveis climáticas e químicas do solo

O modelo matemático criado por meio da adição de variáveis como “período (seco ou chuvoso), umidade, pluviosidade e pH do solo” apresentaram relação significativa ($p < 0,001$; $R^2 = 0,858$), visto que, os municípios que apresentaram tais fatores em associação, apresentaram mais chances de ter a presença de *A. fulica*. As variáveis previsoras ou preditoras em detrimento à pesquisa de *A. fulica*, segue conforme a equação (Figura 9). Em relação a comparação entre os resultados do modelo matemático e os resultados da presença de *Achatina fulica* nos municípios de Sergipe, houve uma concordância forte entre os resultados ($k = 0,849$; $p < 0,001$), sendo que o modelo apresentou taxa de acerto de 94,1% da amostra testada (Apêndice S7).

$$Presença\ de\ Achatina\ fulica = \frac{e^{(-117,502 + [30,548] * a + [0,300] * b + [67,965] * c + [8,307] * d)}}{1 + e^{(-117,502 + [30,548] * a + [0,300] * b + [67,965] * c + [8,307] * d)}}$$

Figura 9. Equação representando o modelo matemático construído a partir de variáveis climáticas e pH do solo, Territórios de Sergipe, 2019 e 2020. Na qual, “a” é o período; “b” é o valor da umidade; “c” é o valor da pluviosidade; “d” é o valor do pH do solo; “e” exponencial referente ao número de Euler.

DISCUSSÃO

De acordo com os dados da Comissão de Combate ao Caramujo Africano, em 2015 foram notificadas infestação de *A. fulica* em 19 municípios de Sergipe (IBAMA 2021). Destes, sete locais não fazem parte da amostra da nossa pesquisa: Arauá, Capela, Maruim, Santa Luzia do Itanhi, Umbaúba, Muribeca e Itaporanga d’ Ajuda. Com isso, observa-se, que *A. fulica* ocorre em 25 municípios do estado de Sergipe, quando verificados os registros Comissão de Combate ao Caramujo Africano (IBAMA, 2021), Carvalho *et al.* (2012) Ramos-de-Souza *et al.* (2018), Silva *et al.* (2020).

No período seco a presença de *A. fulica* foi registrada em 09 parcelas em 2019 e em 12 parcelas em 2020. Portanto, observou-se que no período seco, exemplares de *A. fulica* se mantiveram presentes em parcelas, principalmente localizadas nas zonas climáticas “agreste” e “litoral úmida” (Aragão *et al.* 2013). Esse é provavelmente o motivo pelo qual, mesmo em períodos de estiagem, os moluscos estiveram presentes em zonas climáticas com maior umidade.

Considerando os estágios de desenvolvimento dos exemplares de *A. fulica* coletados na área em estudo, foi observado maior número de indivíduos jovens 423 (57,5%) e adultos jovens 282 (38,3%). Quanto ao comportamento, o “gregário” foi mais observado, enquanto o de “repouso” foi 649 (88,2%), sendo este provavelmente uma estratégia de defesa contra as condições climáticas registradas no período seco. Fischer *et al.* (2012) realizaram um estudo acerca do comportamento gregário de *A. fulica* em campo e laboratório e identificaram que o comportamento gregário é mais frequente em áreas urbanas,

e que na estação seca houve maior frequência desse comportamento entre os indivíduos filhotes e jovens. Segundo Cook (2001) uma das principais vantagens da agregação entre os moluscos terrestres é criar um microclima úmido dentro do grupo, além de evitar a dessecação por restringir a área corporal exposta à evaporação. O estudo de O'Loughlin & Green (2017) na Ilha Chiristimas, nordeste da Índia, observou que 96,9% dos exemplares de *A. fulica* no decorrer do dia estão em repouso e a noite 51,6%, estavam ativos e no solo. Como o presente estudo foi realizado no período matutino, é provável que também seja esse o possível motivo pelo qual foram encontrados o maior número de *A. fulica* em repouso.

Durante o período em estudo, foi possível observar que a pluviosidade associada a frequência de *A. fulica* apresentou relação significativa ($p < 0,05$), sendo evidente o maior número de moluscos nos períodos chuvosos. Silva *et al.* (2020), identificaram na região metropolitana de Aracaju, Sergipe, que a pluviosidade influencia positivamente no aumento da frequência de *A. fulica*, como foi também relatado por Onyshi *et al.* (2018), que observaram que as condições climáticas incluindo a umidade elevada e a pluviosidade na Nigéria são variáveis que proporcionam o aumento da população de *A. fulica*. No entanto, no presente estudo foram observados maiores médias de comprimento e de massa de *A. fulica* no período seco, chegando a uma média de comprimento de 5,36 ($\pm 1,11$) e a massa de 15,87 ($\pm 9,85$). Isso pode ser explicado pelo fato de que, mesmo em temperaturas elevadas e de baixa pluviosidade, o caracol gigante africano, principalmente os de maior porte, utilizam estratégias de defesa para o seu desenvolvimento e manutenção, que se correlaciona positivamente com a umidade relativa do ar (Pilate *et al.* 2017).

Achatina fulica pode utilizar outras estratégias para se manter e proliferar no meio ambiente. No presente estudo foi observado que as parcelas estudadas apresentavam características semelhantes: terrenos baldios com presença de lixo e entulho. Os moluscos coletados foram encontrados debaixo de tufo maciços de vegetação rasteira, folhas mortas, em lixo e perto de muros. Silva *et al.* (2020), identificaram que a presença de lixo nas parcelas influencia diretamente a presença de *A. fulica* e que existe cinco vezes mais chances de encontrar o caracol gigante africano em locais com lixo, quando comparado a locais limpos. Ressaltamos no presente estudo, que três parcelas (Aracaju, Barra dos Coqueiros e Nossa Senhora das Dores) não apresentaram lixo durante todo o período estudado, mas os moluscos foram encontrados em locais mais úmidos da parcela, dentre eles: tufo maciços de vegetação rasteira, plantas ornamentais, troncos, locais sombreados próximos a muros e entre tijolos. Como é de conhecimento geral, os moluscos terrestres e *A. fulica* não é exceção, têm preferência por ambientes úmidos e procuram ativamente por estes locais.

Em relação à classificação de tamanho de *A. fulica*, obtida no presente estudo, de acordo com Civeyrel & Simberloff (1996), o estabelecimento de *A. fulica* em novas áreas passa por três fases: a primeira fase exponencial, caracterizada por apresentar uma população de indivíduos grandes e vigorosos, a segunda fase trata-se do estabelecimento da população com duração variável, com aumento populacional e a terceira fase é de declínio, onde há uma prevalência de indivíduos pequenos com

conchas fracas. Observamos que a população de *A. fulica* em Sergipe está atualmente na segunda fase, formada por indivíduos jovens e adultos jovens.

Considerando o crescimento alométrico, foi observado que em Sergipe a população de *A. fulica* apresenta melhores condições no período seco, em 2019 ($b = 2,78$) e em 2020 ($b = 3,04$), em que o crescimento isométrico representa que a massa de *A. fulica* aumenta proporcionalmente com o comprimento. Esse fato pode ser explicado pelos altos teores de cálcio e matéria orgânica encontrados nos períodos secos de 2019 e 2020 em Sergipe. Além disso, observa-se que o pH do período chuvoso de 2019 e 2020 ocorre em padrões mais ácidos, em que a população de *A. fulica* apresentou crescimento alométrico negativo. As variações negativas em torno desse parâmetro de crescimento podem estar relacionadas à falta de alimento, efeito da predação ou até mesmo infecções parasitárias que atingem *A. fulica* (Almeida 2014). De acordo com Da Silva *et al.* (2005), o pH fornece indícios das condições químicas gerais do solo, em que baixos valores de pH podem apresentar pobreza em bases, incluindo o cálcio. As propriedades físicas e biológicas citadas anteriormente podem afetar diretamente no tamanho, massa, forma e cor das conchas de *A. fulica* (Fischer *et al.* 2010).

De acordo com Fisher & Colley (2005) *A. fulica* é resistente a fatores abióticos vivendo em uma ampla variedade de habitats naturais ou ambientes alterados pelo homem. Quando relacionado os fatores que influenciam no crescimento alométrico de *A. fulica*, foi observada uma correlação negativa com o pH do solo ($p < 0,05$; $r = -0,4388$), sendo, portanto, sugerido o uso do pH do solo para construção de um modelo preditivo linear na identificação do crescimento alométrico de *A. fulica*. Quanto mais ácido for o solo maior será o crescimento alométrico de *A. fulica* em Sergipe ($b > 3$). *A. fulica* é mais frequente no solo com pH em torno de 6,5 - 7,5, onde essa variação de pH é o ponto ideal para o crescimento ser isométrico ($b = 3$). Adicionalmente, ocorre a diminuição da quantidade de moluscos na presença de pH do solo mais alcalino ($p < 0,05$).

Segundo Raut & Barker (2002), os exemplares muito jovens e jovens estão sujeitos a sofrerem mais interações com o solo. No presente estudo, sugerimos que *A. fulica* muito jovens e jovens podem ter sofrido maior influência negativa do pH do solo em momentos de maior acidez e alcalinidade, uma vez que esses moluscos foram coletados semienterrados. Durço *et al.* (2013) em Valença, Rio de Janeiro, observaram correlação significativa no comportamento de *A. fulica* em “enterrar-se”, em que os exemplares muito jovens e jovens passam mais tempo enterrados do que os adultos. O mesmo padrão foi observado por Costa (2010), onde a maioria dos moluscos jovens foram encontrados enterrados e os adultos jovens foram observados em repouso, sobre o solo e arbustos. Estes dados corroboram os de Almeida *et al.* (2016) que observaram apenas filhotes e jovens completamente enterrados no solo. Fisher (2009), verificou a mesma situação em condições experimentais em laboratório.

Em Sergipe, identificamos a maior frequência 282 (38,3%) de moluscos adultos jovens (4,01 a 7,0 cm) dentro de maior variação do pH do solo (4,5 - 8,2). Provavelmente, esse é o motivo pelo qual foi identificado maior crescimento alométrico em níveis de pH que tendem a ser mais ácidos, uma vez

que os moluscos adultos jovens e adultos ($> 7,0$ cm) podem utilizar outras superfícies como sítio de repouso. Esta pode ser, portanto, uma estratégia de defesa para burlar possíveis efeitos adversos presentes no solo, fazendo com que esses moluscos se tornem mais frequentes no ambiente e mantenham sua proliferação e desenvolvimento satisfatório. Fischer & Colley (2005) identificaram no estado do Paraná que o local de ocorrência de *A. fulica* em relação a sítio de repouso diferiu conforme o tamanho do comprimento da concha, sendo moluscos grandes e médios mais presentes nas bases das plantas e os pequenos nas superfícies orgânicas. De acordo com Pilate *et al.* (2017) *A. fulica* utiliza estratégias comportamentais para a sua sobrevivência no ambiente, como a retração da massa cefalopediosa e fuga de locais que podem afetar o seu desenvolvimento.

Ademais, *A. fulica* pode utilizar o comportamento de exploração para perceber o ambiente e buscar recursos, já que têm quimiorrecepção bem desenvolvida com células neurosensoriais na superfície corporal relacionadas à percepção ambiental, à alimentação, à comunicação reprodutiva e à agregação (Chase & Tolloczko 1985). No Japão, Tomyama (1992) pesquisou o comportamento *homing* de *A. fulica*, conseguindo identificar que os moluscos adultos jovens se dispersam por distâncias maiores e realizam essa prática constantemente. Já os moluscos adultos raramente mudam de locais de repouso. Segundo Tomiyama & Nakane (1993), os adultos jovens produzem apenas esperma, e por outro lado, os adultos são capazes de produzir espermatozoides e óvulos. Com isso é possível que os adultos jovens se desloquem em uma área ampla para procurar outros espécimes para reproduzir e aumentar a população, enquanto os adultos não precisam migrar para cópula, mantendo-se em repouso por períodos maiores.

Em relação ao fator de condição relativo de *A. fulica*, houve relação significativa com o comportamento de repouso ($p < 0,05$). Diante disso, quanto maior o fator de condição relativo, maior será o repouso desses moluscos. Ao avaliar o fator de condição de *A. fulica* nos oito Territórios de Sergipe, foi observado que houve diferença no desenvolvimento nas populações de moluscos coletados ($p < 0,05$). De acordo com Araújo *et al.* (2011), os dados obtidos da relação massa-comprimento individualmente de uma espécie fornecem indicações das condições do organismo em relação ao ambiente e estágios de desenvolvimento, através da estimativa do fator de condição relativo.

Teoricamente, o fator de condição relativo representa o desenvolvimento ideal ou não de um indivíduo, em que o seu valor esperado é igual a 1 (Albuquerque *et al.* 2009). Em 2019 os exemplares de *A. fulica* apresentaram menor massa ($kr < 1$) no Território da Grande Aracaju, e acima da massa ($KR > 1$) no Território Sul. O fato de os moluscos coletados na grande Aracaju apresentarem o menor KR em 2019 pode ser explicado pelo fato de terem sido coletados 21 moluscos em estágio de “estivação”, o que pode estar relacionado a ausência de alimentos no local, com períodos de estiagem prolongados e com temperaturas elevadas. A estivação é considerada a fase mais crítica de desenvolvimento de *A. fulica* (Raut & Barker, 2002). O caracol gigante africano estiva em épocas mais secas, podendo produzir o epifragma, uma estrutura calcificada secretada pelos moluscos, a qual fecha a abertura da concha e

previne a desidratação (Almeida *et al.* 2016). Desta forma, em épocas de seca há uma redução no número de moluscos ativos em determinadas áreas, voltando a ficar ativos em períodos mais úmidos (Fischer 2009; Dourço *et al.* 2013). No Sul sergipano, os moluscos apresentaram o fator de condição maior do que os valores esperados ($KR > 1$). Este fato pode ser explicado principalmente na parcela do município de Estância e Boquim, por estarem com uma grande quantidade de lixo e matéria orgânica em decomposição. As condições do solo desse Território, demonstram que os valores de matéria orgânica foram o segundo maior no ano de 2019, em Estância com 34,1g/dm³, pH 7,9, cálcio 7,9 cmol_c/dm³, podendo serem esses os fatores que influenciaram no bem-estar e desenvolvimento de *A. fulica* nesse período.

Quanto ao fator de condição no ano de 2020, foi observado que os moluscos com a massa ideal ($KR = 1$), foram coletados em parcelas do Território Baixo São Francisco. Em relação aos moluscos acima da massa ideal ($KR > 1$), o Sul Sergipano e Centro Sul se destacaram por apresentarem o maior número de espécimes de *A. fulica* com esse padrão acima da massa esperada. Esses dados podem ser explicados devido ao fato de que a região do baixo São Francisco apresentou média mensal de temperatura, umidade e pluviosidade relativamente elevadas no período de coleta de *A. fulica*. Da mesma forma, os Territórios do Centro Sul e Sul Sergipano apresentam temperaturas acima de 28°C a 30°C e umidade variando de 77% a 81 %, além de padrões mais elevados de precipitação chuvosa. De acordo com Sarma *et al.* (2015), os resultados da modelagem de nicho de *A. fulica* na Índia demonstraram que a maior parte do risco de invasão e presença de *A. fulica* está em regiões com alta pluviosidade e clima quente. Além disso, o molusco perde água pelo tegumento, mas também se reidrata pelo contato do tegumento com o ambiente no qual *A. fulica* está inserida (Cook 2001). A realização de estudos com relação ao desenvolvimento de *A. fulica* e variáveis climáticas e ambientais podem melhor evidenciar quais fatores têm efeito no desenvolvimento e bem-estar de *A. fulica* (Ghisi *et al.* 2012).

Modelos preditivos ambientais podem ser usados para avaliar onde as espécies se moverão no espaço e no tempo (Albuquerque *et al.* 2009). O presente estudo propôs elaborar um modelo preditivo para a ocorrência de *A. fulica*. A utilização de modelos preditivos ambientais retrata processos biológicos de maneiras simplificadas e gerais que fornecem uma visão sobre fatores que são responsáveis pelos padrões observados (Johnson & Omland 2004). Quando realizada a regressão logística binária foi observado que houve correlação significativa ($p < 0,01$) ($R^2 = 0,858$), representando 85% da nossa amostra no estado de Sergipe. Os procedimentos de regressão logística binária são compostos de uma análise de elaboração de cenários futuros e hipotéticos para a ocorrência de *A. fulica* relacionada com variáveis climáticas e pH do solo. Além disso, modelos preditivos como esse podem ser realizados em outras áreas, sendo viável, principalmente porque que *A. fulica* apresenta uma grande dispersão pelo Brasil e por vários outros países. A taxa de acerto do modelo preditivo foi de 94% da amostra estudada nos oito Territórios de Sergipe, com uma concordância forte “índice de Kappa = 0,849.

CONCLUSÕES

Esse é o primeiro estudo de ecologia de *A. fulica* em que são relacionados a massa-comprimento incluindo o fator de condição relativo com variáveis climáticas e químicas do solo, sendo possível evidenciar o bem-estar e grau de desenvolvimento dessa espécie no estado de Sergipe. Adicionalmente foi identificado um modelo matemático que pode servir de base para expressar a presença ou ausência de *A. fulica* em outras localidades.

A população de *A. fulica* ocorre em 18 dos 24 municípios pesquisados nos oito Territórios de Sergipe foi caracterizada por indivíduos jovens e adultos jovens. Diferenças na relação massa-comprimento e fator de condição relativo das populações estudadas de *A. fulica*, apontaram o desenvolvimento positivo no período seco. Os dados também apontam que exemplares filhotes e jovens de *A. fulica* podem ter sofrido maior influência negativa do pH do solo uma vez que foram coletados encobertos pelo solo. Devido a estratégias de defesa os moluscos adultos jovens e adultos podem ter sofrido menos interações com o solo, uma vez que seu sítio de repouso mostrou serem outras superfícies, além do solo.

Ressaltamos o encontro do índice de Kappa com concordância forte entre as variáveis testadas do modelo preditivo ($k = 0,849$), com uma taxa de acerto de 94,1%. Ademais, o presente estudo buscou evidenciar um modelo matemático preditivo que possa servir de base em outros cenários ambientais, que possam associar o entendimento de fatores bióticos e abióticos do caracol gigante africano, bem como as variáveis climáticas e físico-química do solo. Os dados apresentados também podem subsidiar e otimizar ações de controle de *A. fulica*, e dessa forma contribuir para a promoção da saúde humana e ambiental.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a toda equipe de pesquisa do Laboratório de Doenças Infeciosas e Parasitárias e Laboratório de Referência Nacional para Esquistossomose - Malacologia; o auxílio em campo e manutenção dos exemplares de *A. fulica* pelo graduando Raphael Davisson L. Santos e da Doutoranda Herifrânia T. Aragão e Eduardo Cinilha pela assistência na edição das imagens. Também somos gratos pela infraestrutura, apoio logístico e concessão das bolsas de auxílio à realização desse trabalho, às seguintes instituições: Universidade Tiradentes - PPG em Saúde e Ambiente, Instituto Tecnológico de Pesquisa - ITP, LRNEM (Instituto Oswaldo Cruz- Fiocruz - RJ) e à CAPES.

REFERÊNCIAS

Albuquerque F. S., Peso-Aguiar M. C., Assunção-Albuquerque M. J. T., Galvez L. (2009) Do climate variables and human density affect *Achatina fulica* (Bowdich) (Gastropoda: Pulmonata) shell length, total weight and condition factor? *Braz. J. Biol.* **69**, 879-885.

- Araújo C. C., Flynn M. N., Pereira W. R. L. (2011) Fator de condição e relação peso-comprimento de *Mugil curema valenciennes*, 1936 (pisces, mugilidae) como indicadores de estresse ambiental. *Rev. inter.* **4**, 51-64.
- Aragão R., Santana G. R., Costa C. E. F. F., Cruz M. A. S., Figueiredo E. E., Sirinivasan V. S. (2013) Chuvas intensas para o estado de Sergipe com base em dados desagregados de chuva diária. *Rev. Bras. Eng. Agr. Amb.* **17**, 243-252.
- Alicata J. E. (1991) The discovery of *Angiostrongylus cantonensis* as a cause of human Eosinophilic meningitis. *Parasitol. Today*. **7**, 151-3.
- Almeida M. N., Pereira T. M., Lima, L. H. C (2016) Comportamento de *Achatina fulica* (Bowdich, 1822) (Mollusca, Achatinidae) em ambiente urbano. *Revista Biociências, Taubaté.* **22**, 1-17.
- Barbosa T. A., Thiengo S. C., Fernandez M. A., Graeff-Teixeira C., Morassutti A.L. *et al.* (2020) Infection by *Angiostrongylus cantonensis* in both humans and the snail *Achatina (Lissachatina) fulica* in the city of Macapá, in the Amazon Region of Brazil. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* **115**, 1-4.
- Bolger T. & Connolly L. (1989) The selection of suitable indices for the measurement and analysis of fish condition. *J. Fish. Biol.* **34**, 171-182.
- Caldeira R. L., Mendonça C. L. G. F., Gouveia C. O, Lenzi H. L., Graeff-Teixeira C., Lima W. S., Mota E. M., Pecora I. L., Medeiros A. M. Z., Carvalho O. S. (2007) First record of molluscs naturally infected with *Angiostrongylus cantonensis* (Chen, 1935) (Nematoda: Metastrongylidae) in Brazil. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, **102**, 887-9.
- Camargo O. A., Moniz A. C., Jorge J. A., Valadares J. M. A. S (2009) Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos do Instituto Agronômico de Campinas. *Boletim Técnico*, **106**, Instituto Agronômico, Campinas, pp. 1-77.
- Carvalho O. S., Scholte R. G. C., De-Mendonça C. L. F., Passos L. K. J., Caldeira R.L. (2012) *Angiostrongylus cantonensis* (Nematode: Metastrongyloidea) in molluscs from harbour areas in Brazil. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* **107**, 740-6.
- Civeyrel L. & Simberloff D. (1996) A tale of two snails: is the cure worse than the disease?. *Biodiversity and Conservation.* **5**, 1231-1252.
- Costa, L. C. M. (2010) Comportamento de *Achatina fulica*. In: Fischer M. L., Costa, L. C. M. *O caramujo gigante africano: Achatina fulica no Brasil*. Curitiba: Champagnat, pp. 141-174.
- Cowie R. H. (1998) Patterns of introduction of non-indigenous non-marine snail and slugs in Hawaiian Islands. *Biodiversity and Conservation.* **7**, 349-368.
- Cowie R. H. (2013) Biology, systematics, life cycle, and distribution of *Angiostrongylus cantonensis*, the cause of rat lungworm disease. *Hawaii. J. Med. Public. Health.* **72**, 6-9.
- Da Silva G. C., Castro A. C. L. E., Gubiani, É. A. (2005) Estrutura populacional e indicadores reprodutivos de *Scomberomorus brasiliensis* Collette, Russo e Zavala-Camin, 1978 (Perciformes: Scombridae) no litoral ocidental maranhense. *Acta Scientiarum. Biological Science.* **27**, 383-389.
- Dourço E., Bessa E. A., Silva L. (2013) Etograma básico, horário de atividade e aspectos comportamentais comparados e influência de fatores abióticos em jovens e adultos de *Achatina fulica* Bowdich, 1822 (Gastropoda: Achatinidae). *Revista Brasileira de Zoociências.* **15**, 267-280.

- Espírito-Santo M. C. C., Pinto P. L. S., Mota D. J. G. D. (2013) The first case of *Angiostrongylus cantonensis* eosinophilic meningitis diagnosed in the city of São Paulo, Brazil. *Rev Inst Med Trop.* **55**, 129-32.
- Fischer M. L. & Colley E. (2005) Espécie Invasora em Reservas Naturais: Caracterização da População de *Achatina fulica* Bowdich, 1822 (Molusca-Achatinidade) na Ilha Rasa, Guaraqueçaba, Paraná, Brasil. *Neotrop.* **5**, 2-18.
- Fischer M. L. (2009) Reações da espécie invasora *Achatina fulica* (Mollusca: Achatinidae) à fatores abióticos: perspectivas para o manejo. *Zoologia.* **26**, 379-385.
- Fischer M. L., Colley E., Amadgi I. S. N., Simião M. S. (2010) Ecologia de *Achatina fulica*. In: Fischer M. L., Costa L. C. M. *O caramujo gigante africano: Achatina fulica no Brasil*. Champagnat. Curitiba. pp 101-140.
- Fischer M. L., Colley E., Caneparo M. F., Aguiar A. C., Marques F. A. (2012). Ecological mediators for the gregarious behaviour of *Achatina fulica* (Mollusca; Achatinidae). *J. Conchol.* **41**, 377-388.
- Fontanilla I. K. C., Sta-Maria I. M. P., Garcia J. R. M., Ghate H., Naggs F., Wade C. M (2014) Restricted Genetic Variation in Populations of *Achatina (Lissachatina) fulica* outside of East Africa and the Indian Ocean Islands Points to the Indian Ocean Islands as the Earliest Known Common Source. *PLoS One.* **9**, e105151.
- Ghisi N. C., Ito K. M., Prioli A. J., Oliveira E. C (2012) Relação peso-comprimento e fator de condição de *Astyanax* aff. *paranae* (pisces) em corpos hídricos com diferentes níveis de interferência antrópica, no centro-oeste do Paraná. *Publ. UEPG Ci. Biol. Saúde.* **18**, 53-60.
- Graeff-Teixeira C. (2007) Expansion of *Achatina fulica* in Brazil and potential increased risk for angiostrongyliasis. *Trans. Roy. Soc. Trop. Med. Hyg.* **101**, 743-744.
- Gbadeyan O. J., Bright G., Sithole B., Adali S. (2020) Physical and Morphological Properties of Snail (*Achatina Fulica*) Shells for Beneficiation into Biocomposite Materials. *Journal of Bio-and Tribo-Corrosion.* **6**, 1-5.
- INIMET (2021) Instituto Nacional de Meteorologia - *Mapa das estações climáticas*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. [Citado 05 de Janeiro de 2021.] Disponível em URL: <https://mapas.inmet.gov.br/>.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2011) *Projeto e levantamento e classificação de terra no estado de Sergipe*. Relatório técnico, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Rio de Janeiro. [Citado Maio de 2020] Disponível em URL: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=295889>.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2020) *Censo população estado de Sergipe*. [online]. [Citado Março de 2020] Disponível em URL: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/se/panorama>.
- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA (2021), Documentos e processos eletrônicos – Sistema Eletrônico de Informações [Citado em Maio de 2021]. Disponível em URL: <http://www.ibama.gov.br/sei#consultaprocessos>.
- Johnson J. B. & Omland K. S. (2004) Model selection in ecology and evolution. *Trends. Ecol. Evol.* **19**, 101-108.

- Kim J. R., Hayes K. A., Yeung N. W., Cowie R. H. (2014) Diverse gastropod hosts of *Angiostrongylus cantonensis*, the Rat Lungworm, globally and with a focus on the Hawaiian Islands. *PLoS One*. **9**, e94969.
- Le Cren E. D. (1951) The length – weight relation and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch, *Perca fluviatilis*. *J. Anim. Ecol.* **20**, 201-219.
- Lima A. R. M. C., Mesquita S.D., Santos S. S., Aquino E. R. P. D., Rosa L. R. S., Duarte F. S. *et al.* (2009) Alicata disease: neuroinfestation by *Angiostrongylus cantonensis* in Recife, Pernambuco, Brazil. *Arq. Neuropsiquiatr.* **67**, 1093-6.
- Mendes, C. A. B. & Vegas, F. A. C. (2011) Técnicas de regressão logística aplicada à análise ambiental. *Revista Geografia*. **20**, 5-30.
- Moreira V. L. C., Giese E. G., Melo, F. T. V., Simões R. O., Thiengo S. C., Maldonado J. R. A., Santos J.N. (2013) Endemic angiostrongyliasis in the Brazilian Amazon: natural parasitism of *Angiostrongylus cantonensis* in *Rattus rattus* and *R. norvegicus* and sympatric giant African land snails *Achatina fulica*. *Acta. Trop.* **125**, 90-7.
- Pacheco P., Martins M. F., Luchesi M., Ribeiro S. A., Spers A., Rodrigues P. H. M. (1998) Estudo do desempenho do escargot *Achatina fulica* em diferentes tipos de solo. *Arq. Inst. Biol.* **65**, 9 – 14.
- Pilate V. J., Chicarinho E. D., Silva L.C., Santos T.V., Souza B. A., Bessa E. C. A (2017) Biologia comportamental comparada entre moluscos terrestres nativos e exóticos. *Rev. Biol. Neotrop.* **14**, 73-81.
- Pereira F. C., Lenza E., Maracahipes-Santos L., Mews H. Á., Gomes L., Lima S. L., Santos K. S. M. (2015) Comparação dos métodos de parcelas e pontos-quadrantes para descrever uma comunidade lenhosa de Cerrado Típico. *Biotemas*. **28**, 61-72.
- Ramos-de-Souza J., Thiengo S. C., Fernandez M. A., Gomes S. R., Antônio J. G. *et al.* (2018) First record of molluscs naturally infected with *Angiostrongylus cantonensis* (Nematoda: Metastrongyloidea) in Sergipe State, Northeastern Brazil, including new global records of natural intermediate hosts. *Rev Inst Med Trop.* **60**, 1-7.
- Roda A., Cong Y. M., Donner B., Dickens K., Howe A., Sharma S., Smith T. (2018) Designing a trapping strategy to aid Giant African Snail (*Lissachatina fulica*) eradication programs. *PLoS One*. **13**, e0203572.
- Santos E. F. N & Sousa I. F. (2018). Análise estatística multivariada da precipitação do estado de Sergipe através dos fatores e agrupamentos. *Revista Brasileira de Climatologia*, **23**, 205-202.
- Sarma R. R., Munsli M., Ananthram N. A. (2015). Effect of Climate Change on Invasion Risk of Giant African Snail (*Achatina fulica* Férussac, 1821: Achatinidae) in India. *PLoS One*. **10**, 1-16.
- Silva G. M., Santos, M. B., Melo C. M., Jeraldo V. L. S. (2020) *Achatina fulica* (Gastropoda: Pulmonata): Occurrence, environmental aspects and presence of nematodes in Sergipe, Brazil. *Braz. J. Biol.* **80**, 245-254.
- Smith T. R., White-McLean J., Dickens K., Howe A.C., Fox A. (2013) Efficacy of Four Molluscicides against the giant African snail, *Lissachatina fulica* (Gastropoda: Pulmonata: Achatinidae). *Fla Entomol.* **96**, 396-402.

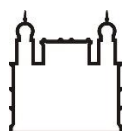
- Onyshi G. C., Aguzie I. O., Okoro J. O., Nwani C. D., Ezenwaji N., Oluah N. S., Okafor F. C. (2018) Terrestrial snail fauna and associated helminth parasites in a tropical semi-urban zone, Enugu state, Nigeria. *Pak. J. Zool.* **50**, 1079-1085.
- O' Loughlin L. S. & Green P. T. (2017) The secondary invasion of giant African land snail has little impact on litter or seedling dynamics in rainforest. *Aust. J. Ecol.* **42**, 819-830.
- Thiengo S. C., Faraco, F. A., Salgado, N. C., Cowie, R. H., & Fernandez, M. A. (2007). Rapid spread of an invasive snail in South America: the giant African snail, *Achatina fulica*, in Brasil. *Biological Invasions*, **9**, 693-702.
- Thiengo S. C., Fernandez M. A., Torres E. J. L., Coelho P. M., Lanfredi R. M. (2008) First record of a nematode Metrastrongyloidea (*Aelurostrongylus abstrusus* larvae) in *Achatina* (*Lissachatina*) *fulica* (Mollusca, Achatinadae) in Brasil. *J. Inverteb. Pathol.* **98**, 34-39.
- Thiengo S. C., Simões R. O., Fernandez M. A., Maldonado J. R. A. (2013) *Angiostrongylus cantonensis* and Rat lungworm disease in Brazil. *Hawaii. J. Med. Public. Health.* **72**, 18-22.
- Thiengo S. C., Maldonado A., Mota E. M., Torres E. J., Caldeira R., Carvalho O. S., Oliveira A. P. M., Simões R. O., Fernandez M. A., Lanfredi R. M (2010) The giant African snail *Achatina fulica* as natural intermediate host of *Angiostrongylus cantonensis* in Pernambuco northeast Brazil. *Acta. Trop.* **115**, 194-9.
- Tomiyama K. (1992) Homing Behaviour of the Giant African snail, *Achatina fulica* Férrusac (Gastropoda: Pulmonata). *J. Ethol.* **10**, 139-147.
- Tomiyama K (1993) Growth and maturation patterns of Giant African Snail, *Achatina fulica* (Férrusac) (Stylommatophora: Achatinidae) in Ogasawara Islands. *Venus.* **52**, 87-100.
- Tomiyama K. & Nakane M. (1993) Dispersal patterns of the Giant African snail, *Achatina fulica* (ferussac) (stylommatophora: achatinidae), equipped with a radiotransmitter. *J. Moll. Stud.* **59**, 315-322.
- Tomiyama K. (1994) Courtship behaviour of the Giant African snail, *Achatina fulica* Férrusac (Stylommatophora: Achatinidae) in the field. *J. Mollus. Stud.* **60**, 47-54.
- Zanol J., Fernandez M. A., Oliveira A. P. M., Russo C. A. M., Thiengo S. C. (2010) O Caramujo Exotico Invasor *Achatina fulica* (Stylommtophora, Mollusca) no Estado do Rio de Janeiro (Brasil): Situação atual. *Biota. Neotrop.* **10**, 448-451.

INFORMAÇÕES DE APOIO

Apêndice S1 Localização das 24 parcelas fixas estabelecidas para a coleta de espécimes de *A. fulica* nos oito Territórios de Sergipe, Brasil, 2019 e 2020.

Território	Municípios	Coordenadas Parcelas
Grande Aracaju	Aracaju	10°54'05.0" S, 37°03'04.1" W
	São Cristóvão	11°00'55.0" S, 37°12'24.8" W
	Barra dos Coqueiros	10°49'31.7" S, 36°56'48.1" W
Sul Sergipano	Estância	11°16'18.0" S, 37°25'53.4" W
	Boquim	11°08'39.6" S, 37°37'53.2" W
	Salgado	11°01'38.7" S, 37°28'22.3" W
Centro Sul Sergipano	Lagarto	10°55'01.2" S, 37°39'42.4" W
	Tobias Barreto	11°11'06.7" S, 38°00'09.7" W
	Riachão dos Dantas	11°04'10.7" S, 37°43'31.3" W
Agreste Central	Itabaiana	10°42'19.5" S, 37°25'30.9" W
	Areia Branca	10°45'30.2" S, 37°18'57.0" W
	São Domingos	10°47'24.4" S, 37°34'05.0" W
Leste	Rosário do Catete	10°42'10.3" S, 37°02'10.8" W
	Siriri	10°36'17.8" S, 37°06'44.5" W
	Japaratuba	10°35'53.3" S, 36°56'40.1" W
Médio Sertão	Nossa Senhora das Dores	10°29'50.4" S, 37°11'55.7" W
	Cumbe	10°21'55.2" S, 37°11'08.9" W
	Feira Nova	10°15'34.5" S, 37°18'36.8" W
Alto Sertão	Nossa Senhora da Glória	10°12'45.6" S, 37°25'11.0" W
	Porto da Folha	09°55'00.5" S, 37°16'30.4" W
	Gararu	09°58'08.6" S, 37°04'53.5" W
Baixo São Francisco	Neópolis	10°19'19.8" S, 36°34'33.2" W
	Propriá	10°13'06.8" S, 36°49'47.0" W
	Pacatuba	10°27'09.9" S, 36°39'00.9" W

Apêndice S2. Ficha de campo com as características das parcelas estudadas em Sergipe em 2019 e 2020.



FIOCRUZ
Fundação Oswaldo Cruz

APÊNDICE S2 – FICHA DE CAMPO

MUNICÍPIO: _____ BAIRRO: _____ Nº COLETA : _____
 GEORREFERENCIAMENTO: _____ (° ‘ “) DATA DA COLETA: ____/____/____ Nº PARCELA _____
 TERRITÓRIO DE SERGIPE: _____

Dados- Análise Ambiental Parcela

Temperatura: _____ Humidade _____ Tempo: ☐ Nublado ☐ Parcialmente Nublado
 Precipitação _____ (mm) ☐ Ensolarado ☐ Chuvoso

☐ Vegetação Rasteira ☐ Manutenção da Área ☐ Rios ☐ Córregos
☐ Construção Inacabada ☐ Terreno Baldio ☐ Casas Próximas
 Esgotamento Sanitário: ☐ Ausente ☐ Presente

☐ Presença de lixo doméstico
☐ Presença de Ratos
☐ Presença de Animal Doméstico
☐ Presença de Hortas (Vegetais)
☐ Características do Solo
☐ Solo Húmido ☐ Solo Seco

Nº *A. fulica* Estivação:

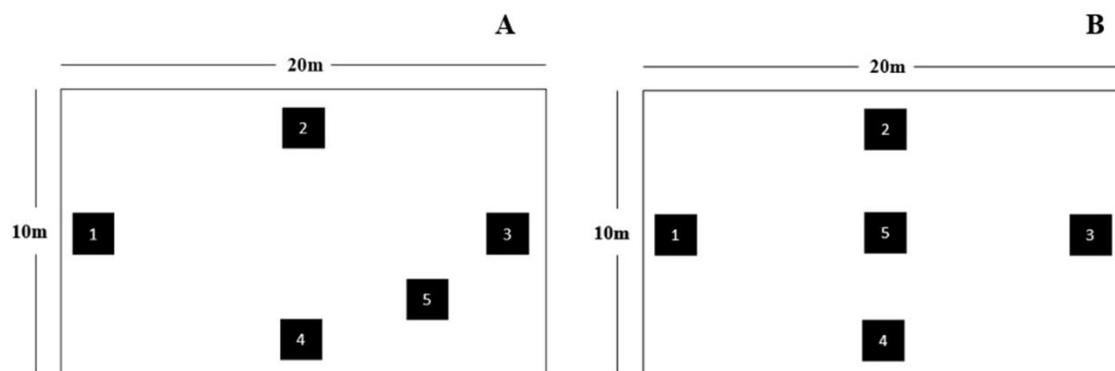
Nº *A. fulica* Ativas:

Nº *A. fulica* em Repouso

Presença de ovos de *A. fulica* _____

Observações Parcelas:

Apêndice S3. Pontos para coleta de amostras de solo nas parcelas de 20 x 10 m levantadas para presença de populações de *A. fulica* em Sergipe.

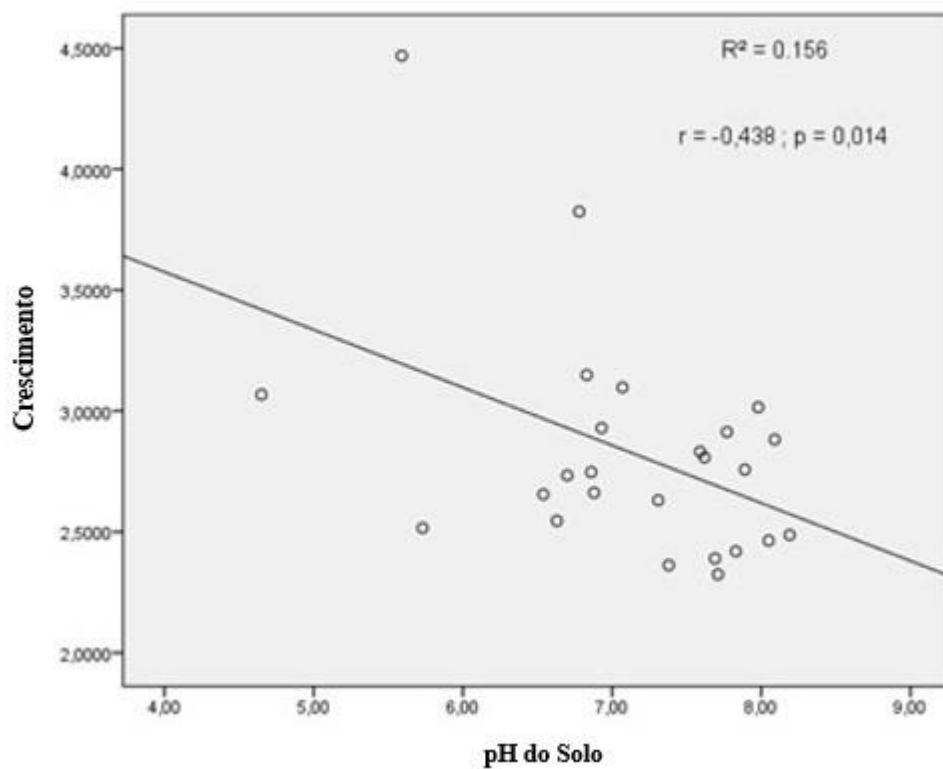


A) Pontos de coleta de solo nas parcelas: pontos 1 e 3 localizados na lateral de 10 m; pontos 2 e 4 localizados no lado de 20 m; o ponto 5 corresponde ao ponto variável sendo selecionado de acordo com a presença de *A. fulica* na parcela. B). Parcelas onde não foram encontrados exemplares de *A. fulica* o ponto 5 no centro da parcela. Sergipe, 2019 e 202

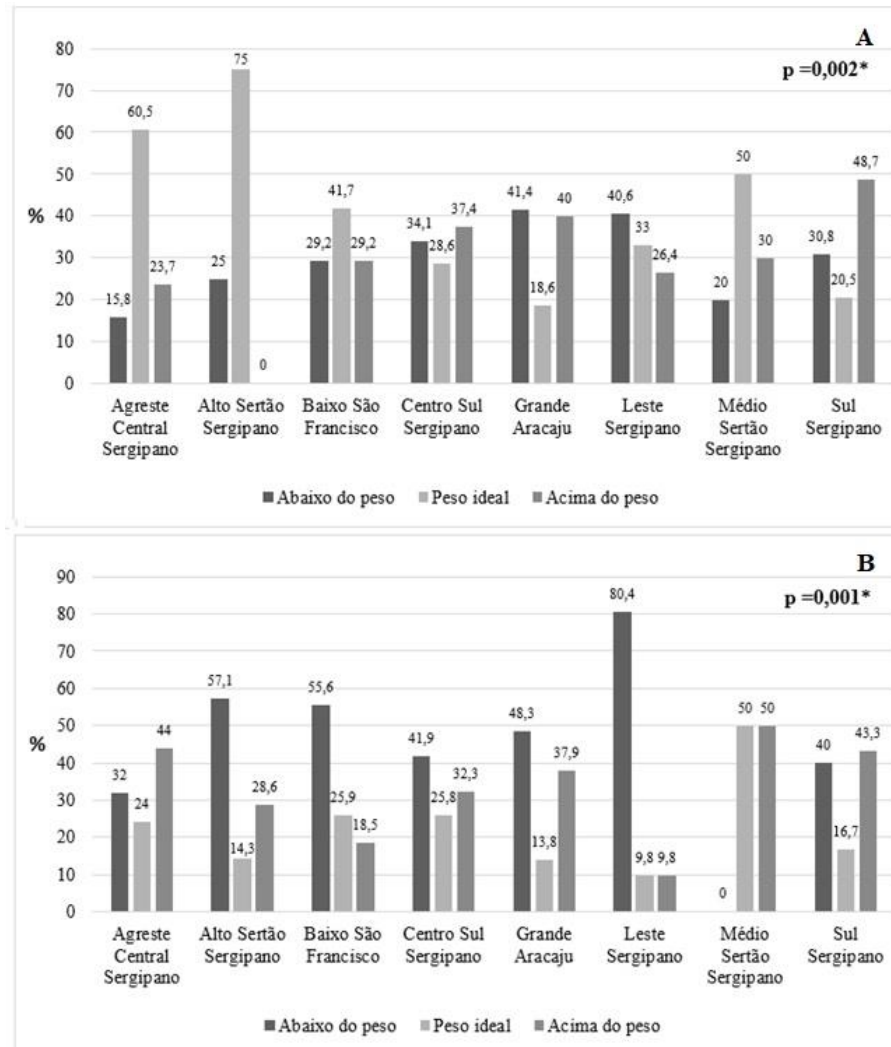
Apêndice S4. Equações e os parâmetros *a* e *b* das relações massa-comprimento de *A. fulica* coletados nas estações seca e chuvosa nos oito Territórios de Sergipe, Brasil.

Estação	Equação	<i>a</i>	<i>b</i>
Seco 2019	$W_t = 0.1296 L_t^{2.78}$	0.1296	2.78
Chuvoso 2019	$W_t = 0.1666 L_t^{2.69}$	0.1666	2.69
Seco 2020	$W_t = 0.1463 L_t^{3.04}$	0.1463	3.04
Chuvoso 2020	$W_t = 0.4063 L_t^{2.42}$	0.4063	2.42

Apêndice S5. Crescimento alométrico de *Achatina fulica* relacionado ao pH solo, nos Territórios de Sergipe, 2019.



Apêndice S6. Fator de condição de exemplares de *A. fulica* coletados nos oito Territórios de Sergipe em 2019 e 2020.



Apêndice S6. Fator de condição relativo dos espécimes de *Achatina fulica* coletados nos oito Territórios de Sergipe em 2019 e 2020. A) Fator de condição de 382 espécimes de *Achatina fulica* coletados nos oito territórios de Sergipe em 2019. B) Fator de condição de 353 exemplares de *A. fulica* coletados nos oito territórios de Sergipe, 2020. *Qui-quadrado de Pearson – A percentagem é baseada no número de moluscos em cada Território.

Apêndice S7. Avaliação da concordância entre os resultados do modelo matemático e dos resultados reais em relação a presença de *Achatina fulica* em Sergipe.

Modelo Matemático	Presença de <i>Achatina fulica</i>		Total	k ¹	p
	Presente	Ausente			
Presente	24	1	25	0,849	<0,001
Ausente	1	8	9		
Total	25	9	34		

1- Valor de Kappa

7 CAPÍTULO II – ARTIGO 2
HELMINTOFAUNA COM IMPORTÂNCIA PARA A SAÚDE HUMANA E VETERINÁRIA
ASSOCIADA AO CARACOL GIGANTE AFRICANO *Achatina fulica* EM SERGIPE,
NORDESTE DO BRASIL

HELMINTOFAUNA COM IMPORTÂNCIA PARA A SAÚDE HUMANA E VETERINÁRIA ASSOCIADA AO CARACOL GIGANTE AFRICANO *Achatina fulica* EM SERGIPE, NORDESTE DO BRASIL

RESUMO

Achatina fulica foi introduzida no Brasil no final da década de 1980 para fins comerciais e, atualmente, está presente em pelo menos 25 dos 26 estados, sendo reconhecido pela sua participação como hospedeiro intermediário de nematódeos de interesse para medicina humana e veterinária. O presente estudo tem por objetivo investigar a presença de nematódeos em *A. fulica* e outros moluscos terrestres nos oito territórios de Sergipe, distribuídos em 24 municípios no final do período seco (fevereiro) e final do período chuvoso (setembro) de 2019 e 2020. Para a identificação específica de nematódeos infectando *A. fulica*, foi amplificado o gene mitocondrial Citocromo Oxidase subunidade I (COI) e gene ITS-2. Dos 24 municípios estudados, os marcadores genéticos permitiram identificar as larvas de *Cruzia tentaculata* em moluscos coletados em sete municípios, *Aelurostrongylus abstrusus* em seis, *A. cantonensis* em quatro e *Caenorhabditis briggsae* em um município. O presente estudo evidencia em oito territórios de Sergipe a presença de larvas utilizando o caracol africano como hospedeiro de nematódeos de importância médica veterinária: *A. abstrusus*, *C. briggsae* e sendo este também o primeiro registro em Sergipe para o *C. tentaculata*. Nematódeos de importância para a saúde humana, com o *A. cantonensis* também foram identificados, em municípios do Território da Grande Aracaju e Centro Sul Sergipano. Ademais, *A. fulica* apresenta potencial susceptibilidade a interação com nematódeos de áreas que são invadidas recentemente. A propagação do caracol africano pelo estado de Sergipe, bem como pela região Nordeste e Brasil é preocupante, uma vez que esse molusco pode desempenhar um papel importante na disseminação de parasitas.

Palavras-chaves: Caracol gigante africano. Nematódeos. COI. ITS-2.

INTRODUÇÃO

Os ciclos de vida de muitos nematódeos parasitas incluem gastrópodes terrestres como hospedeiros intermediários (Valente *et al.*, 2020). Nas últimas décadas, uma série de casos de parasitismo envolvendo moluscos e nematódeos importantes do ponto de vista médico foram relatados no Brasil, em particular, aqueles envolvendo o caracol gigante africano, *Achatina fulica* (Ramos-de-Souza *et al.*, 2021). É um agente causador de zoonoses por ser hospedeiro intermediário de nematódeos como *Angiostrongylus cantonensis* (Chen, 1935) agente etiológico da meningite eosinofílica (THIENGO *et al.*, 2010).

Em 2007, o primeiro caso brasileiro de meningite eosinofílica ocasionada pelo *A. cantonensis*, foi relatado no estado de Espírito Santo (CALDEIRA *et al.*, 2007). Ao decorrer dos anos os relatos da doença aumentaram e este parasita foi identificado em doze estados brasileiros (CARVALHO *et al.*, 2012; THIENGO *et al.*, 2013; ESPIRITO-SANTO *et al.*, 2013; MOREIRA *et al.*, 2013; MORASSUTTI *et al.*, 2014; RAMOS-DE-SOUZA *et al.*, 2018). A disseminação da angiostrongilíase é atualmente motivo de preocupação no Brasil (THIENGO *et al.*, 2013).

A. fulica pode ser hospedeiro de diversos nematódeos que podem parasitar a fauna de vertebrados quando ingeridos (OLIVEIRA *et al.*, 2010). Esta espécie foi encontrado naturalmente infectado com larvas de *Aelurostrongylus abstrusus* (Railliet, 1898) *Rhabditis* sp. e *Strongyluris* sp. Os registros de *A. abstrusus* e *Strongyluris* sp. em amostras de *A. fulica* obtidas nos estados do Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso, Minas Gerais, Pernambuco, Rio de Janeiro, São Paulo e Sergipe demonstram sua participação em ciclos biológicos de *A. fulica* e outros caracóis como hospedeiros intermediários no Brasil (SEEHABUTR *et al.*, 2005; THIENGO *et al.*, 2008; FRANCO-ACUÑA *et al.*, 2009, THIENGO *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 2020).

O parasito pulmonar de felinos, *Aelurostrongylus abstrusus* têm recebido atenção crescente da comunidade científica veterinária por causa de sua detecção em animais domésticos e selvagens em muitos países e sua disseminação tem ocorrido em regiões não endêmicas (TRAVESA *et al.*, 2010; PENAGOS-TABARES *et al.*, 2018). *A. abstrusus* está distribuído mundialmente e é um dos mais importantes parasitas pulmonares em felinos, com manifestações clínicas semelhantes a maioria das outras doenças respiratórias (TRAVERSA *et al.*, 2008; ELSHEIKHA *et al.*, 2016). Outro nematódeo que é identificado na cavidade palial de espécimes de *A. fulica* é *Strongyluris* (Mueller, 1894), que são parasitas intestinais encontrados principalmente em lagartos (VICENTE *et al.*, 1993; THIENGO, 1995; THIENGO *et al.*, 2008; OLIVEIRA & SANTOS, 2019).

De acordo com Franco-Acuña *et al.* (2009), vários nematódeos são parasitas de *A. fulica*, no entanto a compreensão da relação parasita hospedeiro ainda não foi esclarecida. Além disso, *A. fulica* é um potencial hospedeiro intermediário, pois ocorre em maior frequência e devido aos seus hábitos generalistas no ambiente ao qual está inserido (FISCHER *et al.*, 2010). A sua dispersão em novas áreas, pode contribuir para que espécies de parasitas sejam inseridas na fauna local (THIENGO *et al.*, 2008),

sendo necessário esforços para melhor compreender o papel do molusco gigante africano na transmissão de meningoencefalite no Brasil e na vigilância de moluscos e roedores, principalmente em portos (MALDONADO-JÚNIOR *et al.*, 2010). Alguns tipos de parasitas encontrados em *A. fulica* podem trazer danos desconhecidos a humanos ou animais domésticos e selvagens (OLIVEIRA & SANTOS, 2019). Com isso, o presente estudo tem por objetivo investigar a presença de nematódeos em *Achatina fulica* e outros moluscos terrestres capturados nos oito territórios de Sergipe,

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

A área de estudo compreendeu vinte e quatro municípios, distribuídos nos oito Territórios do estado de Sergipe (Grande Aracaju, Leste Sergipano, Baixo São Francisco, Sul Sergipano, Médio Sertão Sergipano, Alto Sertão Sergipano, Agreste Central Sergipano e Centro Sul Sergipano) (IBGE 2011) (Fig. 1; Apêndice 1). Sergipe está localizado na região Nordeste do Brasil, tem uma unidade territorial de 21.925,424 km², e uma população estimada em 2019 de 2.298.696 habitantes (94,36 hab/km²) (IBGE 2020). A determinação dos pontos de coleta (parcelas) foi baseada nos registros prévios da presença de *A. fulica* realizados pelas prefeituras do municípios de Sergipe, na reunião realizada em 2015 pela Comissão Estadual de Combate ao Caramujo Gigante Africano – IBAMA, SE, na qual foi relatada a ocorrência de 19 municípios com infestação de *A. fulica* na zona urbana (IBAMA, 2021).

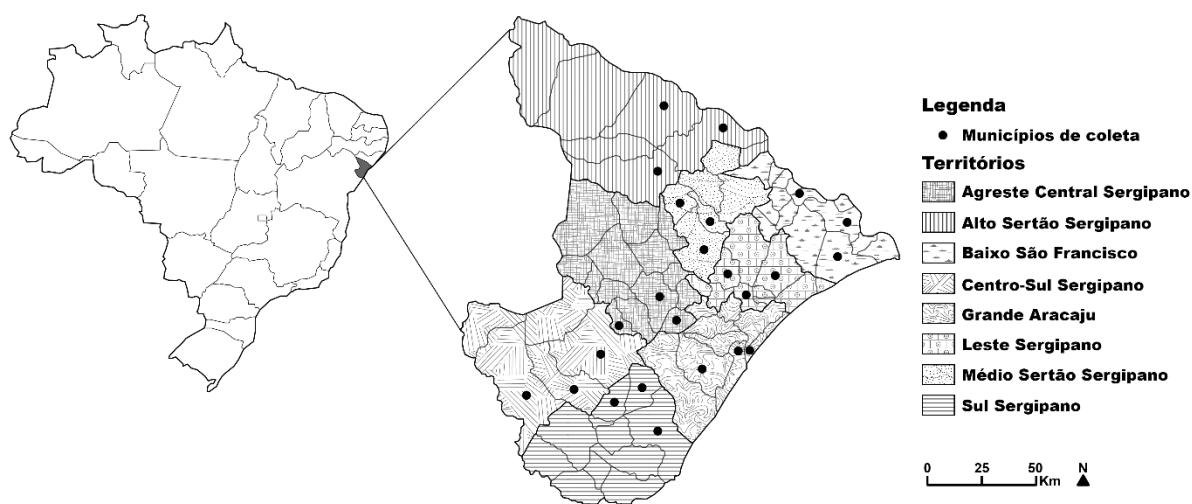


Figura1. Divisão territorial do estado de Sergipe, incluindo os municípios nos quais foram realizadas coletas de *A. fulica* no período de 2019 e 2020. Os pontos pretos representam as cidades das coletas.

Coleta de moluscos terrestres

A coleta de *A. fulica* foi realizada em fevereiro (referente ao final do período seco) e em setembro (referente ao final do período chuvoso) dos anos de 2019 e 2020 (Santos & Souza 2018). Para realização das coletas foi utilizada a metodologia de parcela adaptada de Pereira *et al.* (2015), cada uma

medindo 20 x 10 m e distribuídas nos vinte e quatro municípios selecionadas. As parcelas foram marcadas com bastões de madeira nos cantos e foram coletados exemplares de *A. fulica* que estivessem dentro do perímetro estabelecido, com o tempo de 10 min/1coletor. Durante a coleta foi preenchida a ficha de campo com dados das características do ambiente: tempo (ensolarado, nublado, chuvoso), presença de lixo, entulhos, animais domésticos, esgotamento sanitário, tipo de vegetação, manutenção da área, características do solo (úmido, seco).

Em 2021 foi realizada uma amostragem por conveniência, nos pontos de coletas realizadas por Ramos-de-souza *et al.*, (2018) que detectou a infecção de *A. cantonensis* nos municípios de Barra dos Coqueiros, Aracaju, Nossa Senhora do Socorro e São Cristóvão. A finalidade de refazer esses pontos foi para observar se após quatro anos esse parasita ainda está ocorrendo nessas localidades (Apêndice 2). Foram determinadas duas coletas padronizadas uma no final do período seco (fevereiro) e outra no final do período chuvoso (setembro) (10 min/1coletor) em cada ponto de coleta.

Após as coletas os moluscos foram mensurados quanto ao comprimento, largura e massa. Logo após os moluscos foram encaminhados ao Laboratório Nacional de Referência para Equistosomose – Malacologia (LRNEM) do Instituto Oswaldo Cruz-IOC, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, onde foi realizado a identificação taxonômica e depositados na Coleção de Moluscos do Instituto Oswaldo Cruz – CMIOC (11871 – 11872 – 12086 -12088 – 12089 - 19090 – 12387 – 12819 – 12820 – 12821 – 12822 – 12823 – 12824 – 12825 - 12826 – 12827 – 12828 – 12829 – 12830 – 12831 – 12832 – 12833 – 12834 – 12835 – 12836 – 12837 – 12838 - 12839 – 12840 – 12841 - 12842).

Pesquisa de nematódeos

A massa cefalopodal de espécimes de *A. fulica* foi dissecada e digeridas artificialmente pela técnica modificada de Wallace & Rosen (1969), em solução de HCl a 0,7% por seis horas. Logo em seguida as amostras digeridas foram colocadas em um aparelho Baermann Moraes e deixadas para sedimentar over night por 16 horas. As larvas recuperadas foram examinadas sob um estereomicroscópio. Em seguida as larvas foram criopreservadas a -20°C até a realização da extração do DNA. Em torno de 30 larvas foram distribuídas em três microcubos; caso haja um número reduzido de larvas, elas são distribuídas em valores uniformes nos três microtubos.

Identificação molecular A. cantonensis e A. abstrusus

A extração do DNA foi realizada a partir das larvas obtidas de cada exemplar de *A. fulica*, em que foram adicionados a solução 1X do tampão utilizado na PCR (Buffer para PCR (Thermo Fisher Scientific®, Massachusetts, EUA) até completar o volume de 30µL. O material foi submetido a três ciclos de congelamento (em nitrogênio líquido) e descongelamento (95°C) em banho seco. Em seguida, os microtubos foram identificados com fita adesiva para criogenia (Fisherbrand self sticking tape) e armazenados a -20°C até o momento da realização da Reação em Cadeia da Polimerase (PCR).

Para PCR foram preparados mixes contendo tampão 5X Green GoTaq Flexi Buffer (1X); desoxinucleotídeos trifosfato (dNTP's) (0,2 mM); MgCl₂ (2,5 mM); Iniciadores (0,1 µM) Nem F3 – 5' AAA GTT CTA ATC ATA AGG ATA T 3' e Nem R3 – 5' AAA CCT CTG GAT GAC CAA AAA ATC A 3' modificado de Prosser *et al.*, (2013) e a enzima GoTaq G2 Hot Start DNA (1,25 U/reação). Após o processo de preparação dos mixes, foi adicionado 5 µL do DNA da amostra, obtendo-se um volume final de reação de 25 µL para cada reação. Em todas as reações foram utilizados controle negativo (contendo água ultrapura como amostra) e controle positivo com DNA genômico de *A. cantonensis*, confirmado previamente pelo Sequenciamento de Sanger.

O gene mitocondrial Citocromo Oxidase subunidade I (COI) foi amplificado em termociclador modelo Veriti® Thermal Cycler nas condições de reação: 94°C durante 5 min para a ativação da enzima GoTaq; 35 ciclos constituídos das seguintes etapas: desnaturação a 94°C por 40 seg, anelamento a 51°C por 40 seg e extensão a 72°C por 1 min; seguidos por mais um ciclo de extensão final a 72°C por 1 min e um ciclo de 17°C por 3 minutos.

No processo de identificação dos fragmentos de DNA amplificados foi utilizado o método de eletroforese em gel de agarose 1,5%. Todas as amostras foram coradas com brometo de etídio e visualizadas sob luz ultravioleta.

Os produtos de PCR foram purificados usando o Kit QIAquick® PCR & Gel Cleanup Kit, seguindo o protocolo do fabricante. Os produtos purificados foram sequenciados pelo Sequenciamento de Sanger. O sequenciamento foi realizado pela Plataforma de Sequenciamento de DNA do Instituto Oswaldo Cruz, PDTIS / FIOCRUZ. Após a obtenção das sequências, foram realizadas as suas edições por meio do software SeqMan, gerando um arquivo fasta. Após esse processo uma pesquisa de similaridade é realizada por meio do BLAST (https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi?PROGRAM=blastn&PAGE_TYPE=BlastSearch&LINK_LOC=blasthome) para identificar a correspondência mais próxima entre as sequências depositadas no GenBank (Basic Local Alignment Search Tool).

Identificação molecular *Cruzia tentaculata*

A extração do DNA foi realizada utilizando o kit o Dneasy Blood & Tissue kit (Qiagen), seguindo o protocolo do fabricante, e o DNA obtido é utilizado para realização da Reação em Cadeia da Polimerase (PCR).

Para a Reação em Cadeia da Polimerase (PCR), foram preparados mixes contendo trealose (2%); tampão 5X Green GoTaq Flexi Buffer (1X); desoxinucleotídeos trifosfato (dNTP's)(0,2mM); MgCl₂ (2,5mM); Iniciadores (0,05 µM) Nem F1 -5' TGT AAA ACG ACG GCC AGT CRA CWG TWA ATC AYA ARA ATA TTG G 3' ; Nem F2 – TGT AAA ACG ACG GCC AGT ARA GAT CTA ATC ATA AAG ATA TYG G 3'; Nem F3 – 5' TGT AAA ACG ACG GCC AGT ARA GTT CTA ATC ATA ARG ATA TTG G 3'; Nem R1 5' CAG GAA ACA GCT ATG ACT AAA CTT CWG GRT GAC CAA AAA ATC A 3'; Nem R2 - CAG GAA ACA GCT ATG ACT AWA CYT CWG GRT GMC

CAA AAA AYC A; Nem R3 – CAG GAA ACA GCT ATG ACT AAA CCT CWG GAT GAC CAA AAA ATC A (PROSSER *et al.*, 2013) e a enzima GoTaq G2 Hot Start DNA (1,25 U/reação). Após o processo de preparação dos mixes, foram adicionados 3 µL do DNA da amostra, obtendo-se um volume final de 25 µL para cada reação. Em todas as reações foram utilizados controle negativo (contendo água ultrapura como amostra) e controle positivo com DNA genômico de *A. cantonensis*, confirmado previamente pelo Sequenciamento de Sanger.

O gene amplificado foi o gene mitocondrial Citocromo Oxidase subunidade I (COI), amplificado em termociclador modelo Veriti® Thermal Cyclor nas condições de reação: para a ativação da enzima Taq a 95° C por 2 minuto, seguido por 39 ciclos a 95 °C por 30 segundos, 54°C por 30 segundos e 72°C por 1 minuto e uma extensão final a 72°C por 7 minutos. Todo o processo de identificação da amplificação das amostras, purificação, sequenciamento e similaridade no Blast foi realizado como descrito no tópico anterior.

Identificação larvas rabaditformes

“A extração do DNA foi realizada utilizando o mesmo procedimento descrito para *A. cantonensis* e *A. abstrusus*”. No processo de PCR, foram preparados mixes contendo tampão 5X Green GoTaq Flexi Buffer (1X); desoxinucleotídeos trifosfato (dNTP's) (0,2mM); MgCl₂ (2,5mM); Indicadores (0,3µM): NC1 F- 5'-ACG TCT GGT TCA GGG TTG TT 3' e NC2 5'-TTA GTT TCT TTT CCT CCG CT - 3' (ORICO *et al.*, 2019) e a enzima GoTaq G2 Hot Start DNA (1,25 U/reação). Após o processo de preparação dos mixes, foram adicionados 5 µL do DNA da amostra, obtendo-se um volume final de reação de 25 µL para cada reação. Em todas as reações foram utilizados controle negativo (água ultrapura) e controle positivo com DNA genômico de *A. cantonensis* confirmado previamente por sequenciamento de Sanger.

O gene amplificado foi o ITS-2 em termociclador modelo Veriti® Thermal Cyclor nas condições de reação: um ciclo de 94°C durante 5 min para a para a ativação da enzima GoTaq; 30 ciclos constituídos das seguintes etapas: desnaturação a 94°C por 30 seg, anelamento a 57°C por 40 seg e extensão a 72°C por 1 min, seguido por mais um ciclo de extensão final a 72°C por cinco min e um ciclo de 4°C durante quatro min. Todo o processo de identificação da amplificação das amostras, purificação, sequenciamento e similaridade no Blast foi realizado como descrito para a identificação molecular *A. cantonensis* e *A. abstrusus*”.

RESULTADOS

Em 2019 e 2020 foram analisadas 24 parcelas distribuídas nos oito Territórios de Sergipe, em que foram coletados 899 caracóis, desses foi confirmada a ocorrência de *A. fulica* em 18 parcelas sendo coletados um total de 735 exemplares de *A. fulica*. Foram também coletados outros espécimes de moluscos, incluindo *Cyclodontina fasciata* (Potiez & Michaud, 1838) (n=48) em Barra dos Coqueiros,

Japaratuba e Gararu; *Bulimulus tenuissimus* (d'Orbigny, 1835) (n=24) em São domingos, Tobias Barreto e Rosário do Catete (Figura 2).

Um total de 124 moluscos *A. fulica* foram coletados no final do período seco de 2019, distribuídos em nove municípios (Tabela 3). Os moluscos coletados apresentavam comprimento entre 2,8 e 9,0 cm e média $5,36 \pm 1,11$. Em Gararu foram encontrados seis moluscos da espécie *C. fasciata* com comprimento variando entre 1,9 a 3,6 cm. Na coleta realizada no período chuvoso de 2019, foram encontrados 258 moluscos *A. fulica* em 18 municípios estudados, com comprimento entre 1,5 a 7,7cm e média $3,44 \pm 1,41$. O molusco da espécie *C. fasciata* foi encontrado também no período de inverno em Gararu (Figura 2; Tabela 3).

Na coleta realizada no período seco do ano de 2020, foram coletados um total de 90 espécimes de *A. fulica* distribuídos em 10 municípios. O comprimento mínimo de *A. fulica* nesse período foi entre 0,9 a chegando a 6,7cm e média $4,02 \pm 1,17$. Além destes moluscos, também foram coletados em São Domingos cinco exemplares de *Bulimulus tenuissimus* com comprimento variando entre 1,6 à 2,0 cm, e em Japaratuba quatro *Cyclodontina fasciata* com comprimento entre 2,4 a 2,7 cm e em Gararu quatro *C. fasciata* com comprimento de 0,6 a 2,7 cm (Figura 2; Tabela 3). Durante a coleta do período chuvoso de 2020, foram coletados 263 exemplares de *A. fulica* distribuídos em 17 municípios. Quando avaliados os moluscos coletados no período chuvoso de 2020, foi verificado um comprimento de 0,6 a 8,4 cm e média de $3,07 \pm 1,46$. Além de *A. fulica*, foram coletados 20 moluscos *Bulimulus tenuissimus* com comprimento variando entre 0,5 a 1,4 cm na parcela localizada em Tobias Barreto e Rosário do Catete com comprimento entre 1,1 a 1,2 cm a 1,2 cm. Na parcela de Barra dos Coqueiros foram coletados cinco espécimes de *C. fasciata* com tamanho entre 1,5 a 2,4 cm. Em Gararu também foram identificados 20 moluscos da espécie *C. fasciata* com tamanho entre 0,7 a 2,8 cm (Figura 2).

Quanto a outros moluscos coletados no presente estudo, foram encontradas em 2019 conchas vazias da espécie *Cyclodontina fasciata* em Feira Nova e Gararu e *Subulina octona* e *Allopeas micra* em Aracaju. No verão de 2020 foram encontradas conchas de *Cyclodontina fasciata* em Japaratuba. As amostras de cada local de coleta foram depositadas na Coleção de Moluscos do Instituto Oswaldo Cruz-CMIOC.

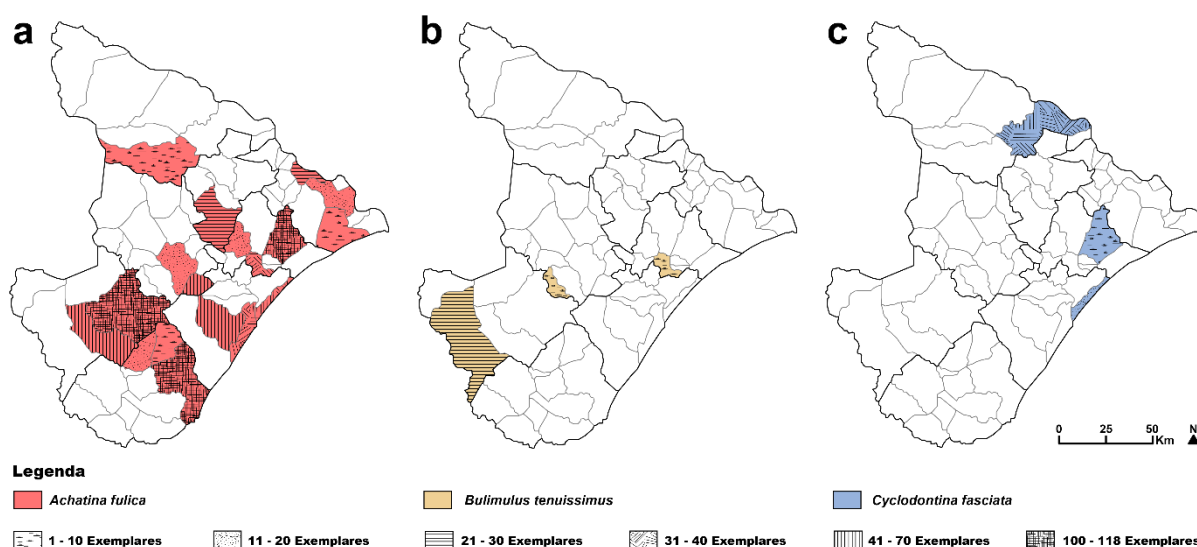


Figura 2. Distribuição de moluscos vivos coletados em Sergipe. A) *Achatina fulica* coletada em 18 municípios (Estância, Salgada, Boquim, Riachão dos Dantas, Lagarto, Barra dos Coqueiros, Aracaju, São Cristóvão, Areia Branca, Itabaiana, Rosário do Catete, Siriri, Nossa Senhora das Dores, Nossa Senhora da Glória, Japaratuba, Pacatuba, Neópolis, Propriá). B) *Bulimulus tenuissimus* coletados em três municípios (Tobias Barreto, São Domingos e Rosário do Catete). C) *Cyclodontina fasciata* coletados em três municípios Barra dos Coqueiros, Japaratuba e Gararu. Brasil, 2019 e 2020. Fonte: Acervo Pessoa

Tabela 3. Ocorrência de *Achatina fulica*, *Bulimulus tenuissimus*, *Cyclodontina fasciata* e percentual de moluscos de acordo com o período de coleta em Sergipe, 2019 e 2020.

Territórios / Municípios	Espécie	Nº	%	Espécie	Nº	%	Espécie	Nº	%	Espécie	Nº	%
Grande Aracaju	Período Seco 2019			Período Chuvoso 2019			Período Seco 2020			Período Chuvoso 2020		
Aracaju	<i>A. fulica</i>	12	9,3	<i>A. fulica</i>	08	3,1	<i>A. fulica</i>	06	5,3	<i>A. fulica</i>	10	3,2
São Cristóvão	<i>A. fulica</i>	21	16,2	<i>A. fulica</i>	10	4,0	<i>A. fulica</i>	21	19,5	<i>A. fulica</i>	07	2,2
Barra dos Coqueiros	<i>A. fulica</i>	04	3,0	<i>A. fulica</i>	13	5,0	<i>A. fulica</i>	01	0,9	<i>A. fulica</i>	13	4,2
							<i>C. fasciata</i>	07	6,1	<i>C. fasciata</i>	05	1,6
Sul Sergipano												
Estância	-	-	-	<i>A. fulica</i>	39	15,0	<i>A. fulica</i>	18	17	<i>A. fulica</i>	61	19,7
Boquim	-	-	-	<i>A. fulica</i>	05	2,0	<i>A. fulica</i>	02	1,8	<i>A. fulica</i>	08	2,6
Salgado	-	-	-	<i>A. fulica</i>	01	0,4	-	-	-	<i>A. fulica</i>	01	0,3
Centro Sul												
Lagarto	<i>A. fulica</i>	10	7,7	<i>A. fulica</i>	49	18,8	<i>A. fulica</i>	20	17,6	<i>A. fulica</i>	37	12
Tobias Barreto	-	-	-	-	-	-	<i>B. tenuissimus</i>	01	0,9	<i>B. tenuissimus</i>	20	6,5
Riachão dos Dantas	-	-	-	<i>A. fulica</i>	24	9,2	<i>A. fulica</i>	01	0,9	<i>A. fulica</i>	35	11,3
Agreste Central												
Itabaiana	<i>A. fulica</i>	01	0,8	<i>A. fulica</i>	07	2,7	-	-	-	<i>A. fulica</i>	09	3,0
Areia Branca	<i>A. fulica</i>	20	15,4	<i>A. fulica</i>	11	4,2	<i>A. fulica</i>	06	5,3	<i>A. fulica</i>	10	3,2
São Domingos	-	-	-	-	-	-	<i>B. tenuissimus</i>	05	4,4	-	-	-
Leste												
Rosário do Catete	-	-	-	<i>A. fulica</i>	14	5,4	<i>A. fulica</i>	02	1,8	<i>A. fulica</i>	17	5,5
							<i>B. tenuissimus</i>	02	1,8			
Siriri	<i>A. fulica</i>	07	5,4	<i>A. fulica</i>	04	1,5	-	-	-	<i>A. fulica</i>	06	2,0
Japaratuba	<i>A. fulica</i>	41	31,5	<i>A. fulica</i>	40	15,4	<i>A. fulica</i>	03	2,7	<i>A. fulica</i>	23	7,4
							<i>C. fasciata</i>	04	3,5			

Territórios / Municípios	Espécie	Nº	%	Espécie	Nº	%	Espécie	Nº	%	Espécie	Nº	%
Médio Sertão												
N. S. das Dores	<i>A. fulica</i>	08	6,1	<i>A. fulica</i>	10	3,8	<i>A. fulica</i>	02	1,8	<i>A. fulica</i>	04	1,3
Cumbe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Feira Nova	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alto Sertão												
N.S. da Glória	-	-	-	<i>A. fulica</i>	04	1,5	-	-	-	<i>A. fulica</i>	03	1,0
Porto da Folha	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gararu	<i>C. fasciata</i>	06	4,6	<i>C. fasciata</i>	02	0,8	<i>C. fasciata</i>	04	3,5	<i>C. fasciata</i>	20	6,5
Baixo São Francisco												
Neópolis	-	-	-	<i>A. fulica</i>	05	1,9	-	-	-	<i>A. fulica</i>	14	4,5
Propriá	-	-	-	<i>A. fulica</i>	09	3,4	<i>A. fulica</i>	08	7,0	<i>A. fulica</i>	05	1,6
Pacatuba	-	-	-	<i>A. fulica</i>	05	1,9	-	-	-	-	-	-
Total		130	100		260	100		113	100		308	100

- Locais no quais não foram encontrados moluscos no período de estudo.

Quanto a taxa de infecção de *A. fulica*, em 18 municípios dos oito Territórios de Sergipe foram coletados exemplares parasitados por nematódeos. Foi observada uma maior ocorrência de moluscos *A. fulica* infectados com nematódeos de vida livre 157(78,5%) (Tabela 4; Figura 2), destes apenas um no município de Itabaiana foi identificado com *Caenorhabditis briggsae*. Outro molusco da espécie *Cyclodontina fasciata* foi identificado em Japaratuba com nematódeos de vida livre. Foram identificado também que 33(16,5%) dos moluscos *A. fulica* estavam infectados com *Aelurostrongylus abstrusus* (Figura 2 e 4) em sete municípios e 10(5,0%) com o nematódeo *Cruzia tentaculata* (Figura 2 e 5), apenas um molusco no período de 2019 e 2020 foi identificado infectado com *A. cantonensis* no município de Riachão dos Dantas. Em 2021 os nematódeos *A. cantonensis* foi detectado em outros municípios, Aracaju, São Cristóvão e Nossa Senhora de Socorro (Figura 6) (Tabela 4).

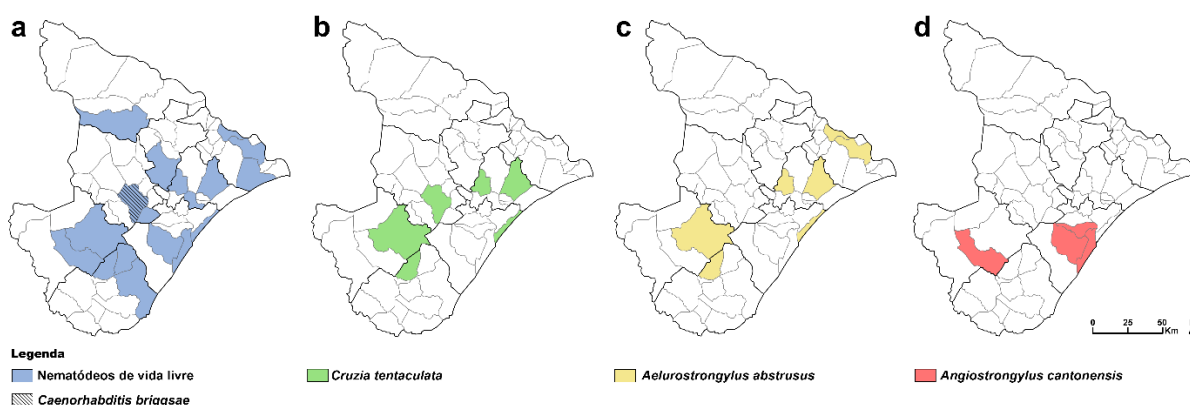


Figura 3. Distribuição de nematódeos recuperados de *Achatina fulica*. Sergipe Brasil. A) Nematódeos de vida livre e 18 municípios (Estância, Salgada, Boquim, Riachão dos Dantas, Lagarto, Barra dos Coqueiros, Aracaju, São Cristóvão, Areia Branca, Itabaiana, Rosário do Catete, Siriri, Nossa Senhora das Dores, Nossa Senhora da Glória, Japaratuba, Pacatuba, Neópolis, Propriá). B) *Cruzia tentaculata* em sete municípios (Boquim, Lagarto, Itabaiana, Barra dos Coqueiros, Siriri e Japaratuba). C) *Aelurostrongylus abstrusus* em sete municípios (Boquim, Lagarto, Barra dos Coqueiros, Siriri, Japaratuba, Neópolis e Propriá). D) *Angiostrongylus cantonensis* em Riachão dos Dantas, Aracaju, São Cristóvão e Nossa Senhora de Socorro. Fonte: Acervo Pessoal.

Tabela 4. Infecção de *Achatina fulica* e outros moluscos por *Angiostrongylus cantonensis*, *Aelurostrongylus abstrusus*, *Cruzia tentaculata* e nematódeos de vida livre coletados no período seco e chuvoso de 2019 e 2020 em Sergipe, Brasil.

Período/Ano	Município	<i>A. cantonenensis</i>		<i>A. abstrusus</i>		<i>C. tentaculata</i>		Nematódeos de vida livre	
		Moluscos Infectados	%	Moluscos Infectados	%	Moluscos Infectados	%	Moluscos Infectados	%
2020.1	Aracaju	-	-	-	-	-	-	03	2,0
2020.2	Aracaju	-	-	-	-	-	-	08	5,1
2019.2	Barra dos Coqueiros	-	-	-	-	01	10	01	0,6
2020.1	Barra dos Coqueiros	-	-	01	3,0	-	-	-	-
2020.2	Barra dos Coqueiros	-	-	-	-	02	20	07	4,5
2019.1	São Cristóvão	-	-	-	-	-	-	02	1,3
2019.2	São Cristóvão	-	-	-	-	-	-	02	1,3
2020.1	São Cristóvão	-	-	-	-	-	-	11	7,0
2020.2	São Cristóvão	-	-	-	-	-	-	05	3,2
2019.2	Rosário do Catete	-	-	-	-	-	-	02	1,3
2020.2	Rosário do Catete	-	-	-	-	-	-	02	1,3
2019.1	Japaratuba	-	-	05	15,2	-	-	02	1,3
2019.2	Japaratuba	-	-	01	3,0	01	10	-	-
2020.1	Japaratuba	-	-	-	-	-	-	03*	2,0

Período/Ano	Município	<i>A. cantonenensis</i>		<i>A. abstrusus</i>		<i>C. tentaculata</i>		Nematódeos de vida livre	
		Moluscos Infectados	%	Moluscos Infectados	%	Moluscos Infectados	%	Moluscos Infectados	%
2020.2	Japaratuba	-	-	04	12,1	-	-	08	5,1
2019.2	Siriri	-	-	01	3,0	01	10	01	0,6
2020.2	Siriri	-	-	02	6,1	-	-	02	1,3
2019.2	Pacatuba	-	-	-	-	-	-	01	0,6
2020.2	Neópolis	-	-	06	18,3	-	-	04	2,5
2020.1	Propriá	-	-	04	12,1	-	-	03	2,0
2020.2	Propriá	-	-	04	12,1	-	-	02	1,3
2019.2	Nossa Senhora da Glória	-	-	-	-	-	-	01	0,6
2019.2	Nossa Senhora das Dores	-	-	-	-	-	-	01	0,6
2019.2	Itabaiana	-	-	-	-	-	-	01	0,6
2020.2	Itabaiana	-	-	-	-	03	30	03**	2,0
2019.1	Areia Branca	-	-	-	-	-	-	06	3,8
2019.2	Areia Branca	-	-	-	-	-	-	02	1,3
2020.1	Areia Branca	-	-	-	-	-	-	01	0,6
2020.2	Areia Branca	-	-	-	-	-	-	03	2,0
2019.2	Estância	-	-	-	-	-	-	03	2,0

Período/Ano	Município	<i>A. cantonenensis</i>		<i>A. abstrusus</i>		<i>C. tentaculata</i>		Nematódeos de vida livre	
		Moluscos Infectados	%	Moluscos Infectados	%	Moluscos Infectados	%	Moluscos Infectados	%
2020.1	Estância	-	-	-	-	-	-	11	7,0
2020.2	Estância	-	-	-	-	-	-	11	7,0
2019.2	Salgado	-	-	-	-	-	-	01	0,6
2019.2	Boquim	-	-	01	3,0	-	-	01	0,6
2020.1	Boquim	-	-	-	-	-	-	01	0,6
2020.2	Boquim	-	-	02	6,1	01	10	03	2,0
2019.1	Lagarto	-	-	-	-	-	-	04	2,5
2019.2	Lagarto	-	-	-	-	-	-	02	1,3
2020.1	Lagarto	-	-	01	3,0	01	10	09	5,7
2020.2	Lagarto	-	-	-	-	-	-	17	10,4
2020.2	Riachão dos Dantas	01	100	01	3,0	-	-	06	3,8
Total	-	01	100%	33	100%	10	100%	156	100%

*de três moluscos *A. fulica*, uma infecção foi identificada no molusco *C. fasciata*. **de três moluscos *A. fulica* classificados com nematódeos de vida livre, um chegou a nível de espécie *Caenorhabditis briggsae*.



Figura 3. Nematódeo de vida livre, cauda afilada. Recuperado de *Achatina fulica* coletada em Sergipe, Brasil, 2019 e 2020. Fonte: Acervo Pessoal.

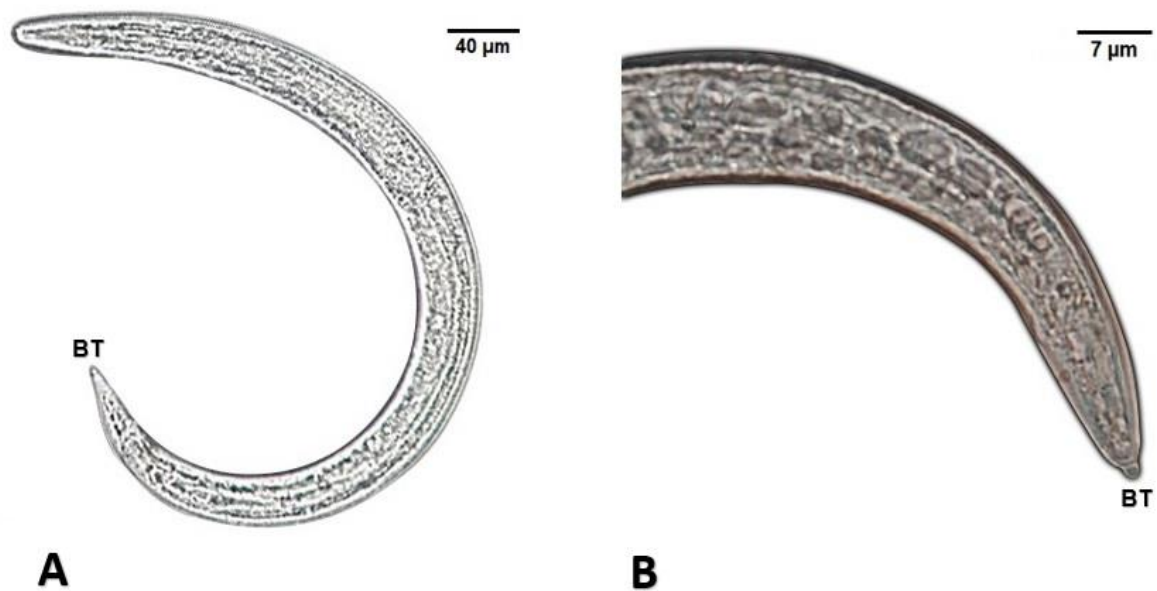


Figura 4. Larva de *Aelurostrongylus abstrusus* recuperado de *Achatina fulica* coletada em Sergipe, Brasil, 2019. A) Visão geral do estágio L₃ e B) cauda com presença do botão característico da espécie (BT). Fonte: Acervo pessoal.

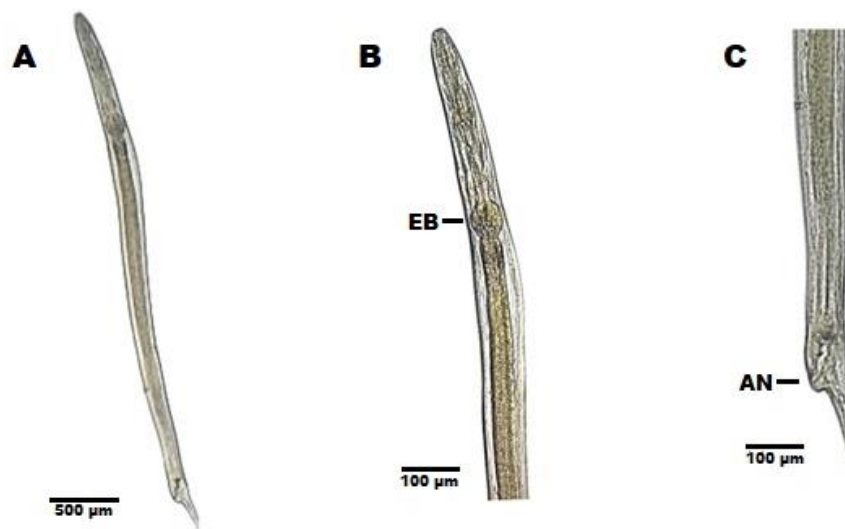


Figura 5. *Cruzia tentaculata*: A) Visão geral do Nematódeo; B) Extremidade anterior com o esôfago bulbiforme (EB); C) Extremidade posterior com o ânus (AN) e cauda curvada dorso ventralmente. Nematódeo recuperado de *Achatina fulica* coletada em Sergipe, Brasil, 2019. Fonte: Acervo pessoal.

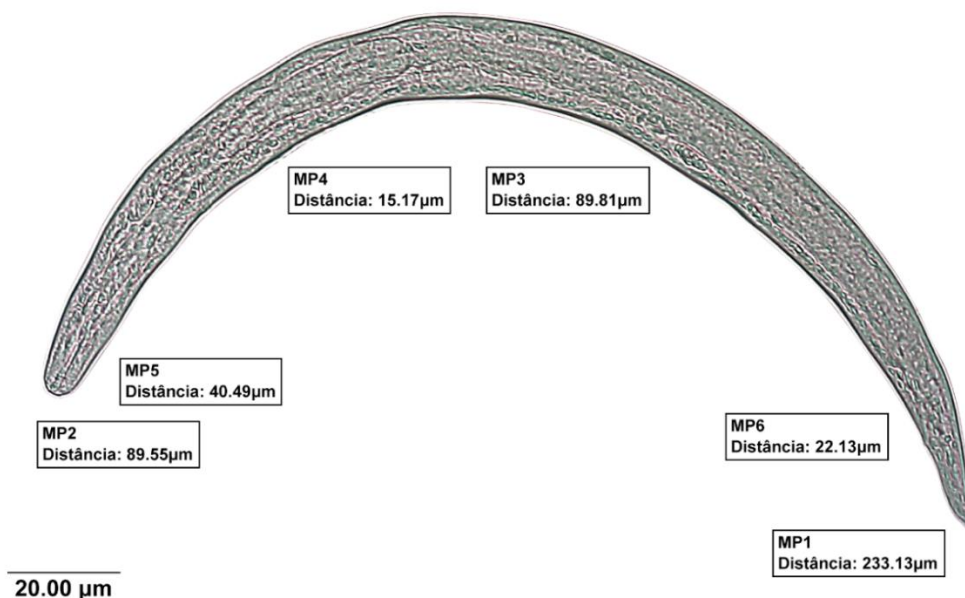


Figura 6. Larva Metastrongylidae L₁ recuperada de *A. fulica*. Identificação molecular de: *Angiostrongylus cantonensis*. Mp1 -Tamanho total do nematódeo; Mp2 – distância da boca ao final do esôfago; Mp3- Primórdio até o final da Calda; Mp4 – Largura do nematódeo; Mp5 – Anel nervoso; Mp6 – Anus até o final da calda. Fonte: Acervo pessoal.

Foram observadas co-infecções de *A. abstrusus*, *Cruzia tentaculata* e outros nematódeos de vida livre (Tabela 5).

Tabela 5. Co- infecção de *Aelurostrongylus abstrusus*, *Cruzia tentaculata* e outros nematódeos de vida livre em moluscos terrestres nos territórios de Sergipe, Brasil, período seco e chuvoso de 2019 e 2020.

Município	Espécie	Espécies analisadas (n)	Coinfecção Nematódeos			
			<i>A. abstrusus</i> + <i>Cruzia tentaculata</i>	<i>A. abstrusus</i> + Nematódeos vida livre	<i>Cruzia tentaculata</i> + Nematódeos vida livre	<i>Cruzia tentaculata</i> + Nematódeos vidas livre + <i>A. abstrusus</i>
Japarutuba	<i>A. fulica</i>	107	-	05	-	-
	<i>C. fasciata</i>	04	-	-	-	-
Boquim	<i>A. fulica</i>	15	-	02	-	01
Siriri	<i>A. fulica</i>	17	01	02	-	-
Propriá	<i>A. fulica</i>	32	-	03	-	-
Barra dos Coqueiros	<i>A. fulica</i>	38	-	-	1	-
	<i>C. fasciata</i>	05	-	-	-	-
Neópolis	<i>A. fulica</i>	19	-	02	-	-
Itabaiana	<i>A. fulica</i>	17	-	-	01	-
Riachão dos Dantas	<i>A. fulica</i>	60	-	01	-	-

Quando verificados os pontos de coleta na região metropolitana pesquisados por Ramos-de-Souza *et al.* (2018), no presente estudo foram coletados 35 moluscos *A. fulica*, no período seco de 2021, destes 12 foram identificados com *A. cantonensis* no município de São Cristóvão e mais cinco moluscos em Nossa Senhora do Socorro. Ainda nesse período, um molusco foi identificado infectado em Aracaju com *C. tentaculata* e mais cinco moluscos com nematódeos de vida livre. A coleta realizada no período chuvoso de 2020 identificou um maior número de *A. fulica* (n= 80), *Bulimulus tenuissimus* (n= 05) e *C. fasciata* (n= 01). Destes apenas o caracol africano *A. fulica* foi identificado infectado com *A. cantonensis* em Nossa Senhora do Socorro e São Cristóvão. Ainda nesse período dois moluscos *A. fulica* foram observados parasitados com *C. tentaculata* e mais 20 moluscos com nematódeos de vida livre.

Em relação as características das parcelas de coleta no período de 2019 e 2020, verificou-se que o caracol *A. fulica* foi encontrado principalmente debaixo de tufos maciço de vegetação rasteira, lixos, entulhos e próximo a parede de residências habitadas e não habitadas. No entanto, em quatro municípios as parcelas foram observadas com ausência de lixo e entulhos em todo o período de coleta em 2019 e 2020. Um desses municípios é Aracaju em que a parcela é um jardim com a presença de plantas ornamentais e as parcelas no município de Barra dos Coqueiros, São Domingos e Nossa Senhora das Dores, que foram encontrados com ausência de lixo, mas moluscos foram encontrados próximos de muros de blocos e sob vegetação. Ao observar a parcela de Siriri, na qual sempre foi identificado a presença de lixo, arbustos e vegetação rasteira durante todas as coletas, verificou-se que na coleta realizada no período seco de 2020 não foram observados moluscos vivos, uma vez que foi identificada a realização da limpeza do terreno e manutenção pelo seu proprietário.

DISCUSSÃO

No presente estudo foi identificada uma maior abundância do caracol invasor *A. fulica*, com 735 exemplares coletados no período entre 2019 e 2020. Quanto a outros moluscos coletados no presente estudo, foram encontradas conchas de moluscos mortos das espécies *Cyclodontina fasciata*, *Bulimulus tenuissimus*, *Subulina octona* e *Allopeas micra*. Essas conchas observadas evidenciam a real presença de espécimes de moluscos nativos nas áreas do estado de Sergipe. Além disso, a perda da diversidade pela competição e alteração ambiental causada na presença de *A. fulica* é um relevante problema no entendimento da ecologia e biologia desse molusco invasor (FISCHER *et al.*, 2006).

Verificou-se no presente estudo que os moluscos, *A. fulica*, *C. fasciata* e *B. tenuissimus* foram encontrados principalmente em locais protegidos debaixo de lixo, arbustos, enterrados e próximo a paredes de casa e construções inacabadas. De acordo com Silva *et al.*, (2020), em Sergipe no território da grande Aracaju, os moluscos foram encontrados principalmente ambientes nos quais não eram realizadas tarefas de limpeza. Locais com presença de lixo têm cinco vezes mais chances de serem colonizados pelo caracol gigante africano, quando comparado às parcelas com ausência de lixo.

Estudo realizado em áreas portuárias brasileiras, incluindo o terminal marítimo de Sergipe, informou a presença de moluscos terrestres *A. fulica*, *Subulina octona*, *Cyclodontina sp*, *Pseudocycxona sp* e *Bulimulus*, embora esses moluscos tenham sido negativos para o parasita *A. cantonensis*, no entanto os testes foram positivos no estado da Bahia, que faz fronteira com Sergipe (CARVALHO *et al.*, 2012) e no Estado do Ceará (MORASUTI *et al.*, 2014). Em municípios da região metropolitana de Sergipe, Ramos-de-Souza *et al.* (2018), identificaram pela primeira vez moluscos da espécie *Bulimulus tenuissimus* e *Cyclodontina fasciata* no município de Barra dos Coqueiros como hospedeiro natural do parasita *Angiostrongylus cantonensis* agente causador da meningite eosinofílica e moluscos da espécie *A. fulica* também com o mesmo parasita nos municípios de Aracaju, Nossa Senhora do Socorro e São Cristóvão. O que mostra a necessidade de estudos de monitoramento não somente da fauna exótica mais também da nativa.

No presente estudo foi identificada a presença de *A. cantonensis* no caracol gigante africano no município de Riachão dos Dantas, localizado no Território Centro Sul Sergipano. O caracol africano apresenta potencial suscetibilidade de ser infectado por nematódeos presentes em áreas que foram invadidas, pela sua capacidade de disseminação em uma grande escala geográfica dentro de um curto período de tempo, e que é também fortemente influenciada pelas atividades humanas (Thiengo *et al.*, 2007, 2008; Ramos-de-Souza *et al.*, 2021). A rápida disseminação de *A. fulica* pelo Brasil provavelmente está contribuindo para a dispersão do parasita *A. cantonensis* (Thiengo *et al.*, 2010). Por outro lado, a alta abundância de *A. fulica* associada à alta prevalência de *A. cantonensis* pode permitir a disseminação desse nematódeo para as espécies nativas (Oliveira *et al.* 2015).

Novos estudos para melhorar a compreensão da dinâmica da infecção de *A. cantonensis* em hospedeiros vertebrados e invertebrados naturais podem ajudar a elucidar o papel de roedores selvagens e do caracol africano na transmissão da angiostrongilíase, em que do ponto de vista da saúde pública, enfatiza a necessidade de vigilância e controle de *A. fulica* e roedores, principalmente nos portos e arredores (MALDOONADO-JÚNIOR *et al.*, 2010). A biologia das espécies invasoras e suas interações com a fauna nativa requerem mais atenção e investigação por parte das autoridades (Thiengo *et al.*, 2008). Assim, são necessárias mais pesquisas epidemiológicas e básicas sobre nematódeos parasitas em populações naturais de hospedeiros paratênicos (aves, anfíbios, caranguejos) e hospedeiros intermediários, como os gastrópodes em diferentes áreas geográficas (PENAGOS-TABARES *et al.*, 2019).

Como relatado por Ramos-de-Souza *et al.*, (2018) o nematódeo *A. cantonensis* foi identificado em *A. fulica* coletada na região metropolitana do estado de Sergipe. No presente estudo em 2021 verificou-se que após quatro anos ainda foi possível identificar a presença desse parasita no caracol *A. fulica* nos mesmos pontos de coleta na região metropolitana, o que demonstra que o ciclo está bem estabelecido na área.

Outro nematódeo identificado no presente estudo foi *Aelurostrongylus abstrusus* (Railliet, 1898) que é um nematódeo que causa aelurostrongilose em gatos. A forma adulta desse nematódeo habita os dutos alveolares, os bronquíolos terminais e os pequenos ramos das artérias pulmonares dos felinos (RIBEIRO; LIMA, 2001). Este parasita apresenta ampla distribuição geográfica, sendo frequentemente encontrado em *A. fulica* (PENAGOS-TABARES *et al.*, 2019). No município de Lagarto (SE), em estudo realizado por Thiengo *et al.*, (2008) foram analisados três espécimes de *A. fulica*, sendo identificado um molusco com larvas de *A. abstrusus*, no seu estágio infectante L₃. No presente estudo verificou-se a ocorrência de *A. abstrusus* em seis municípios (Boquim, Lagarto, Barra dos Coqueiros, Siriri, Japaratuba e Propriá) distribuídos pelo estado de Sergipe em quatro territórios. Acredita-se que a dispersão desse parasita ocorre pelo transporte de hospedeiros intermediários infectados, bem como de hospedeiros paratênicos como sapos, rãs, pássaros, roedores, lagartos e cobras que podem se alimentar de moluscos infectados (Thiengo *et al.*, 2008; Maldonado-Junior *et al.* 2010).

No presente estudo, verifica-se a primeira ocorrência do nematódeo *Cruzia tentaculata* em *A. fulica* em Sergipe. De acordo com Ramos-de-Souza *et al.*, (2020), achados como estes revelam a necessidade de uma reavaliação abrangente da helmintofauna de gastrópodes terrestres, uma vez que o seu estudo forneceu as primeiras evidências moleculares e morfológicas sobre a ocorrência de larvas de *C. tentaculata* em moluscos terrestres no Rio de Janeiro-RJ.

No presente estudo foram identificados um maior número de municípios (n= 17) com presença de *A. fulica* infectada naturalmente com nematódeos de vida livre, e foi identificado apenas no município de Itabaiana o nematódeo *Caenorhabditis briggsae*, que por sua vez pode ser frequentemente encontrado em compostos orgânicos, canteiros de jardim, locais úmidos ou frutas podres ricas em microrganismos

(Sayre *et al.*, 1963). Anteriormente no estudo de Silva *et al.* (2020), nematódeos de vida livre do gênero *Rhabditis* foram identificados em moluscos *A. fulica* coletados na região metropolitana de Sergipe, em ambiente úmidos, com presença de lixo e matéria orgânica em decomposição. Acredita-se que estes nematódeos podem utilizar o caracol africano como hospedeiro forético, utilizando o muco para mudar de ambiente ou sendo ingerido acidentalmente pelo próprio molusco. Por isso, encontramos Ancilostomídeos, *Strongyloides* protozoários, platyhelminthes e bactérias ao fazer análise de muco, fezes ou até mesmo na digestão de moluscos (Morocoima *et al.*, 2014; Silva *et al.*, 2020).

CONCLUSÕES

Nos 24 municípios avaliados no estado de Sergipe foi possível confirmar a presença de *A. fulica* em 18 destes municípios apenas em três município foi confirmada a presença de *C. fasciata* e em um a presença de *B. tenuissimus*. Em outros municípios foram encontradas conchas secas de moluscos, que podem não ter resistido ao período de estiagem, dentre eles *Bulimulus tenuissimus*, *Cyclodontina fasciata*, *Subulina octona* e *Allopeas micra*. Foi possível observar que mesmo em períodos mais secos a presença de lixo, entulhos e arbustos nos locais de coleta podem ter servido de abrigo e proteção para *A. fulica*.

Neste estudo é realizado o primeiro registro de *A. fulica* infectada com o *C. tentaculata*. O molusco gigante africano esteve presente. nos oito territórios do estado de Sergipe, sendo identificado como hospedeiro de outros nematódeos como *A. abstrusus* e *A. cantonensis*. A helmitofauna associada ao caracol gigante africano traz risco a saúde pública e ao meio ambiente, devido a sua alta capacidade de dispersão e invasão de novas áreas. Ressalta-se a necessidade de pesquisas que possam elucidar questões a respeito da relação parasito, hospedeiro e saúde pública, uma vez que diversos parasitos utilizam *A. fulica* e outros moluscos nativos como hospedeiro intermediário se tornando assim um risco para homemns e animais.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON RC (2000). Nematode's parasites of vertebrates: their development and transmission. 2nd ed. Wallingford: CABI Publishing, 270 p.
- BLAXTER ML, DE LEY P, GAREY JR, LIU LX, SCHELDEMAN P, VIERSTRAETE A, et al (1998) A molecular evolutionary framework for the phylum Nematoda. Nature; 392:71-5.
- CARVALHO OS, SCHOLTE RG, MENDONÇA CL, PASSOS LK, CALDEIRA RL (2012) *Angiostrongylus cantonensis* (Nematode: Metastrongyloidea) in molluscs from harbour areas in Brazil. Mem Inst Oswaldo Cruz; 107(6):740-6.
- CARDOSO AM, CAVALCANTE JJV, VIEIRA RP, LIMA JL, GRIECO MAB, CLEMENTINO MM, et al. (2012) Gut Bacterial Communities in the Giant Land Snail *Achatina fulica* and Their Modification by Sugarcane-Based Diet. PLoS ONE 7(3): e33440.

ESPÍRITO-SANTO MCC, PINTO PLS, MOTA DJGD (2013) The first case of *Angiostrongylus cantonensis* eosinophilic meningitis diagnosed in the city of São Paulo, Brazil. *Rev Inst Med Trop*, 55(2): 129-32.

ELSHEIKHA HM, SCHNYDER M, TRAVERSA D, DI CESARE A, WRIGHT I, LACHER DW(2016). Updates on feline aelurostrongylosis and research priorities for the next decade. *Parasit Vectors*;9(1):389. pmid:27387914.

HAMILTON JM (1963) On the Migration, Distribution, Longevity and Pathogenicity of Larvae of *Aelurostrongylus abstrusus* in the Snail, *Helix aspersa*. *J Helminth*;43(3-4):319-325.

FISCHER ML, SIMIÃO M, COLLEY E, ZENNI, RD, SILVA DAT, LATOSKI N (2006) O caramujo exótico invasor na vegetação nativa em Morretes, PR: diagnóstico da população de *Achatina fulica* Bowdich, 1822 em um fragmento de Floresta Ombrófila Densa aluvial. *Biota Neotropica*; 6(2):1-5.

FISCHER ML, COLLEY E, AMADIGI SNI, SIMIÃO MS (2010) Ecologia de *Achatina fulica*. In: M.L. FISCHER LCM, COSTA EDS. O caracol gigante africano *Achatina fulica* no Brasil. Curitiba: Editora Champagnat, pp. 101-140.

FRANCO-ACUÑA DO, PINHEIRO J, TORRES EJL, LANFREDI RM, BRANDOLINI SVPB (2005) Nematode cysts and larvae found in *Achatina fulica* Bowdich, 1822. *J Invertebr Pathol* 100: 106-110, (2009) Seehabutr V. Nematodes in alimentary tracts of giant African snails (*Achatina fulica*) in Thailand. *Kamphaengsaen Acad J* 30: 37-41.

KOHN A, PINTO M, FERNANDES BMM (1973) Contribuição ao conhecimento de *Strongyluris Oscari* travassos, 1923 (Nematoda, subulroidea). *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*; 71(3): 219-225.

OLIVEIRA JL, SANTOS SB (2019) Distribution of cysts of *Strongyluris* sp. (Nematoda) in the palial system of *Achatina fulica* Bowdich, 1822 from Vila Dois Rios and Vila do Abraão, Ilha Grande, Angra dos Reis, Rio de Janeiro. *Braz. J. Biol*; 79(1):38-44.

OLIVEIRA APM, TORRES EJL, MALDONADO-JUNIOR A, ARAUJO JLB, FERNANDEZ MA, THIENGO SC (2010) *Achatina fulica* como hospedeiro intermediário de nematóides de interesse médico-veterinário em Goiás, Brasil. *Patol Trop*; 39(3): 199-210.

PROSSER SW, VELARDE-AGUILAR MG, LEÓN-RÈGAGNON V, HEBERT PDN (2013) Advancing nematode barcoding: a primer cocktail for the cytochrome c oxidase subunit I gene from vertebrate parasitic nematodes. *Mol Ecol Resour*;13:1108-15.

THIENGO SC (1995) Presence of *Strongyluris-like* larvae (Nematoda) in some Terrestrial Mollusc in Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*; 90(5): 619-620.

THIENGO SC, FERNANDEZ MA, TORRES EJL, COELHO PM, LANFREDI RM (2008) First record of a Metastrongyloidea *Aelurostrongylus abstrusus* larvae in *Achatina* (*Lissachatina*) *fulica* (Mollusca, Achatinidae) in Brazil. *J Invertebr Pathol* 98: 34-39.

THIENGO SC, MALDONADO JÚNIOR A, MOTA EM, TORRES EJ, CALDEIRA R, CARVALHO OS, ET AL (2010) The giant African snail *Achatina fulica* as natural intermediate host of *Angiostrongylus cantonensis* in Pernambuco, northeast Brazil. *Acta Trop*;115:194-9.

THIENGO SC, FERNANDEZ MA (2010) *Achatina fulica*: um problema de saúde pública. In: O caramujo Gigante Africano no Brasil. Champagnat. Curitiba, p.189.

THIENGO SC, SIMÕES RO, FERNANDEZ MA, MALDONADO JR A (2013) *Angiostrongylus cantonensis* and Rat lungworm disease in Brazil. *Hawaii J Med Public Health*, 72(6): 18-22.

MALDONADO JÚNIOR A, SIMÕES RO, OLIVEIRA APM, MOTA EM, FERNANDEZ MA, PEREIRA ZM, MONTEIRO SS, TORRES E JL, THIENGO SC (2010) First report of *Angiostrongylus cantonensis* (Nematoda: Metastrongylidae) in *Achatina fulica* (Mollusca: Gastropoda) from southeast and south Brazil. *Rev Mem Inst Oswaldo Cruz*; 105(7): 938-941.

MOREIRA VLC, GIESE EG, MELO FTV, SIMÕES RO, THIENGO SC, MALDONADO JR A, SANTOS JN (2013) Endemic angiostrongyliasis in the Brazilian Amazon: natural parasitism of *Angiostrongylus cantonensis* in *Rattus rattus* and *R. norvegicus* and sympatric giant African land snails *Achatina fulica*. *Acta Trop*, 125: 90-7.

MORASSUTTI AL, THIENGO SC, FERNANDEZ M, SAWANYAWISUTH K, GRAEFF-TEIXEIRA C (2014) Eosinophilic meningitis caused by *Angiostrongylus cantonensis*: an emergent disease in Brazil. *Mem Inst Oswaldo Cruz*; 109(4):399-407.

OLIVEIRA, APM, GENTILE R, MALDONADO-JÚNIOR, A, TORRES E JL, THIENGO, SC (2015) *Angiostrongylus cantonensis* infection in molluscs in the municipality of São Gonçalo, a metropolitan area of Rio de Janeiro, Brazil: role of the invasive species *Achatina fulica* in parasite transmission dynamics. *Mem Inst Oswaldo Cruz*;110(6): 739-744.

PENAGOS-TABARES F, LANGE MK, CHAPARRO-GUTIÉRREZ JJ, TAUBERT A, HERMOSILLA C (2018) *Angiostrongylus vasorum* and *Aelurostrongylus abstrusus*: Neglected and underestimated parasites in South America. *Parasit vectors*;11(1):208. pmid:29587811.

PENAGOS-TABARES F, LANGE MK, VÉLEZ J, HIRZMANN J, GUTIÉRREZ-ARBOLEDA J, TAUBERT A, HERMOSSILA C, JENNY J, GUTIÉRREZ C (2019) The invasive giant African snail *Lissachatina fulica* as natural intermediate host of *Aelurostrongylus abstrusus*, *Angiostrongylus vasorum*, *Troglostrongylus brevior*, and *Crenosoma vulpis* in Colombia. *PLOS Neglected Tropical Diseases*; 13(4): e0007277.

RAMOS-DE-SOUZA J, THIENGO SC, GOMES SR, FERNANDEZ MA, CLÍMACO MC, CORRÊA-ANTÔNIO J, CLÍMACO MC, JAIN S, BARBOSA L, DOLABELLA SS (2017) Native and alien terrestrial snails in urban areas of sergipe, northeast Brasil. *Tentacle*; 25: 9-11.

RAMOS-DE-SOUZA J, THIENGO SC, FERNANDEZ, MA, GOMES SR, ANTÔNIO JG, CLÍMACO MC, GARCIA JS, MALDONADO-JUNIOR A, BARBOSA L, DOLABELLA AS (2018) First records of molluscs naturally infected with *Angiostrongylus cantonensis* (Nematoda: Metastrongyloidea) in Sergipe State, Northeastern Brazil, including new global records of natural intermediate hosts. *Rev Inst Med Trop*, 60:e 51: 1-7.

RIBEIRO VM, LIMA WS (2001) Larval production of cats infected and re-infected with *Aelurostrongylus abstrusus* (Nematoda: Protostrongylidae). *Revue de Médecine Vétérinaire*; 152(11): 815-820.

SAYRE, FW, HANSEN EL, & YARWOOD, EA. (1963) Biochemical aspects of the nutrition of *Caenorhabditis briggsae*. *Experimental parasitology*, 13(2): 98-107.

SILVA GM, SANTOS, MB, MELO CM, JERALDO VLS (2020) *Achatina fulica* (Gastropoda: Pulmonata): Occurrence, environmental aspects and presence of nematodes in Sergipe, Brazil. *Braz. J. Biol*, 80(2): 245-254.

TRAVERSA D, DI CESARE A, CONBOY G (2010). Canine and feline cardiopulmonary parasitic nematodes in Europe: emerging and underestimated. *Parasit Vectors*; 3:62. pmid:20653938.

VICENTE JJ, RODRIGUES HO, GOMES DC, PINTO RM (1993) Nematóides do Brasil. Parte III: nematóides de répteis. *Revista Brasileira de Zoologia*; 10(1):19-168.

Wallace GD, Rosen L (1969) Techniques for recovering and identifying larvae of *Angiostrongylus cantonensis* from molluscs. *Malacologia*;7:427-38.

ZANOL J, FERNANDEZ MA, OLIVEIRA APM, RUSSO CAM, THIENGO SC (2010) O Caramujo Exótico Invasor *Achatina fulica* (Stylommatophora, Mollusca) no Estado do Rio de Janeiro(Brasil): Situação atual. *Biota Neotropica*; 10(3):448-451.

Apêndice 1. Coordenadas geográficas dos 24 municípios selecionadas para coleta de moluscos terrestres nos 08 Territórios de Sergipe, Brasil, 2020.

Territórios	Municípios	Coordenadas Geográficas
Grande Aracaju	Aracaju	10°54'05.0"S 37°03'04.1"W
	São Cristóvão	11°00'55.0"S 37°12'24.8"W
	Barra dos Coqueiros	10°49'31.7"S 36°56'48.1"W
Sul Sergipano	Estância	11°16'18.0"S 37°25'53.4"W
	Boquim	11°08'39.6"S 37°37'53.2"W
	Salgado	11°01'38.7"S 37°28'22.3"W
	Lagarto	10°55'01.2"S 37°39'42.4"W
Centro Sul Sergipano	Tobias Barreto	11°11'06.7"S 38°00'09.7"W
	Riachão dos Dantas	11°04'10.7"S 37°43'31.3"W
	Itabaiana	10°42'19.5"S 37°25'30.9"W
Agreste Central Sergipano	Areia Branca	10°45'30.2"S 37°18'57.0"W
	São Domingos	10°47'24.4"S 37°34'05.0"W
	Rosário do Catete	10°42'10.3"S 37°02'10.8"W
Leste Sergipano	Siriri	10°36'17.8"S 37°06'44.5"W
	Japaratuba	10°35'53.3"S 36°56'40.1"W
	Nossa Senhora das Dores	10°29'50.4"S 37°11'55.7"W
Médio Sertão Sergipano	Cumbe	10°21'55.2"S 37°11'08.9"W
	Feira Nova	10°15'34.5"S 37°18'36.8"W
	Nossa Senhora da Glória	10°12'45.6"S 37°25'11.0"W
Alto Sertão Sergipano	Porto da Folha	09°55'00.5"S 37°16'30.4"W
	Gararu	09°58'08.6"S 37°04'53.5"W
	Neópolis	10°19'19.8"S 36°34'33.2"W
Baixo São Francisco Sergipano	Propriá	10°13'06.8"S 36°49'47.0"W
	Pacatuba	10°27'09.9"S 36°39'00.9"W

Apêndice 2. Coordenadas geográficas das parcelas da Região Metropolitana de Aracaju Sergipe, selecionadas para coleta de moluscos terrestres nos oito Territórios de Sergipe, Brasil, 2021.

Municípios	Coordenadas geográficas	
	10°49'30.1"S	36°56'46.7"W
Barra dos Coqueiros	10°49'42.6"S	36°56'08.2"W
	10°49'12.2"S	36°56'58.9"W
	10°55'57.8"S	37°06'26.6"W
São Cristóvão	10°55'27.7"S	37°06'43.2"W
	10°55'43.1"S	37°07'16.2"W
	10°58'29.7"S	37°06'16.7"W
Aracaju	11°00'11.9"S	37°05'03.2"W
	10°54'24.1"S	37°05'23.3"W
	10°50'19.0"S	37°03'15.0"W
Nossa Senhora de Socorro	10°51'02.2"S	37°05'38.1"W
	10°53'23.0"S	37°08'50.9"W

8 CAPÍTULO III – ARTIGO 3
O PAPEL DO CARACOL INVASOR *Achatina fulica* (GASTROPODA: PULMONATA)
COMO HOSPEDEIRO DE NEMATÓDEOS DE INTERESSE PARA A SAÚDE HUMANA E
VETERINÁRIA: UMA REVISÃO INTEGRATIVA DA LITERATURA

O PAPEL DO CARACOL INVASOR *Achatina fulica* (GASTROPODA: PULMONATA) COMO HOSPEDEIRO DE NEMATÓDEOS DE INTERESSE PARA A SAÚDE HUMANA E VETERINÁRIA: UMA REVISÃO INTEGRATIVA DA LITERATURA

RESUMO

ANTECEDENTES

O gastrópode *Achatina fulica* Bowdich, 1822 é um caracol proveniente da África Oriental, ocorrente atualmente em quase todos os continentes (Américas, Leste e Sul da Ásia e Oceania). Trata-se de uma espécie invasora, considerada uma ameaça à biodiversidade natural, à agricultura e a saúde pública, por ser hospedeira intermediária de nematódeos que causam parasitoses no homem e em animais.

OBJETIVOS

O objetivo deste estudo foi realizar uma revisão integrativa da literatura levantando as espécies de nematódeos já encontradas associadas ao molusco *Achatina fulica* no mundo.

MÉTODOS

A investigação foi feita através de uma busca com utilização de descritores em português e inglês, sendo eles “*Achatina fulica*” AND “nematódeos” OR “zoonoses” e “*Achatina fulica*” AND “*A. cantonensis*”, em âmbito nacional e internacional, utilizados para buscas em cinco bases de dados, sendo estas SciELO, Scopus, LILACS, PubMed e Google Acadêmico. Os artigos registrando alguma associação de nematódeo com *Achatina fulica* foram reunidos e revisados. A partir destes estudos foi avaliado o histórico destas publicações nos países ao longo dos anos, metodologias utilizadas para obtenção destes nematódeos e estádios larvais obtidos, tipo de ambiente onde *A. fulica* foi encontrada naturalmente infectada e metodologia de coleta do molusco.

ACHADOS

Foram identificados 20.690 artigos nas bases de dados, dos quais 65 foram selecionados para o estudo. Foram encontradas 11 espécies de nematódeos já registradas associados ao caracol *A. fulica*. Os estudos iniciam em 1965, tendo intensificados especialmente em 2019. O método de obtenção dos nematódeos mais utilizado foi a digestão artificial (n = 20) com HCl. Constatou-se a prevalência do método morfológico (n = 45) para identificação dos nematódeos e por infecção experimental de nematódeos adultos. *Achatina fulica* infectada com foi coletada em ambientes predominantemente antrópicos (n = 50). A maior parte dos estudos registra a associação de *A. cantonensis* com *A. fulica*, causador da angiostrongilíase cerebral em humanos. Outros destacam-se entre aqueles de interesse veterinário, como *A. abstrusus* agente etiológico que causa pneumonia grave em felinos domésticos e silvestres.

PRINCIPAIS CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo evidenciam a importância da espécie *A. fulica* na transmissão de parasitos de importância em saúde pública e na medicina veterinária e do papel de áreas antropizadas na transmissão destas parasitoses, bem como da necessidade de desenvolvimento de estudos em inúmeras regiões de ocorrência da espécie *A. fulica*.

Palavras-Chave: *Achatina fulica* – *Lissachatina* - Nematódeos -Parasitas- Zoonoses.

INTRODUÇÃO

A ação antrópica com o avanço da agricultura e redução de fragmentos florestais para construções de rodovias, configura na perda de habitat e é uma das causas de ameaça à diversidade biológica e ambiental, podendo levar a migração de espécies nativas para outros habitats (Wright, 2005; Pernambuco, 2009). Quando essas espécies passam a ameaçar o ambiente onde foi introduzida, esta começa a ser considerada como espécie exótica invasora, causando danos ecológicos, econômicos e à saúde (Zalba et al., 2007; Pernambuco 2009).

Há diversos modos de introdução de diferentes espécies, seja de maneira intencional ou não. Quando ocorre a intenção, existe uma motivação, como casos em que espécies foram introduzidas como pets, como o lagostim marmorizado (*Procambarus fallax f. virginalis*) (Veselý, Buric & Kouba, 2015) na Europa, ou para fins comerciais, como foi o caso do caracol gigante africano, *Achatina fulica* que foi introduzido no Brasil ilegalmente a partir da década de 1980 (Zanol et al., 2010).

O caracol *Achatina fulica* Bowdich, 1822 é uma espécie invasora de gastrópode terrestre proveniente originalmente da África Oriental. Está presente em quase todos os continentes (África, Américas, Leste e Sul da Ásia e Oceania) (Thiengo et al., 2007). A espécie é considerada uma ameaça à saúde pública, à biodiversidade natural e à agricultura (Colley, 2010; Zanol et al., 2010), podendo se habituar a florestas tropicais, onde compete por espaço e alimento com a fauna endêmica (Raut & Barker 2002; Simão & Fischer, 2004) e também pode ser sinantrópica, ou seja, conviver em contato com ambientes modificados pelo homem (Silva et al, 2020; SIMIÃO & FISCHER 2004; FISCHER & COLLEY 2005).

A. fulica possui a capacidade de ocupar novos ambientes, pois tem crescimento acelerado, autofecundação e altas taxas de propagação (Dickens; Capinera; Smith, 2018; Lima et al., 2020). Apresenta resistência ao frio e à seca, sendo mais ativa durante dias frios e chuvosos, especialmente à noite (Eston et al., 2006; Almeida & Lima 2016). Possui uma alimentação atípica que inclui muitas espécies de plantas tropicais e agrícolas, modificando os habitats e superando por vezes espécies nativas por predação, herbivoria e competição por espaço (Lima et al., 2020).

No cenário urbano, *A. fulica* é encontrada em ambientes úmidos com precariedade de saneamento básico, em contato direto com lixos, esgotos e ratos (Boaventura et al., 2011). Isso pode ser explicado pelas condições do meio urbano em que ações antrópicas favorecem a proliferação e manutenção de *A. fulica* (Silva et al., 2020).

Uma tentativa de controle biológico para *A. fulica* foi com a inserção do nematódeo *Phasmarhabditis hermaphrodita*, que serve como agente de controle para lesmas e caracóis no norte da Europa. No entanto verifica-se que *A. fulica* é resistente ao nematódeo, diferente de outros moluscos que com 30 dias de exposição são mortos. O molusco gigante africano infectado encapsula as larvas de *P. hermaphrodita* em três dias e posteriormente morrem na sua concha (Willians; Rae, 2015).

Considerando a grande distribuição de *A. fulica* atualmente no mundo, assim como, os prejuízos e riscos que a espécie oferece como transmissor de nematódeos que causam parasitoses em humanos, animais e com prejuízos também para agricultura (Zanol et al., 2010). Nesse estudo, nos propusemos realizar uma revisão integrativa da literatura, levantando as espécies de nematódeos já encontrados associados ao caracol *A. fulica* no mundo e, a partir da literatura reunida, realizar uma síntese do conhecimento sobre o método de obtenção, identificação e estágio larval do nematódeo encontrado em *A. fulica*, bem como, o tipo de ambiente e em que esse molusco foi coletado.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo trata-se de uma revisão integrativa da literatura, de natureza descritiva, com caráter exploratório e qualitativo. Este inclui método que permite analisar as informações de um determinado assunto por meio da síntese dos resultados de estudos anteriores (Soares et al., 2014). Neste estudo, visou-se responder: “Quais nematódeos, de interesse para a saúde pública e medicina-veterinária, já foram encontrados parasitando *A. fulica* no mundo?”.

Os artigos foram selecionados de acordo com critérios de inclusão e exclusão. Foram incluídos artigos científicos que mencionassem nematódeo(s) encontrados infectando naturalmente *A. fulica* em âmbito nacional e internacional, disponíveis na íntegra e que incluam descritores específicos (palavras-chaves) definidos para a pesquisa. Não foram consideradas comunicações pessoais, resumos de congresso e eventos, estudo de revisões, e estudos que não abordassem o tema e objetivo proposto nesse estudo.

Na estratégia de busca, foram utilizados cinco bases de dados: Scientific Electronic Library Online (SciELO), Scopus (Elsevier), Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS), Publicações Médicas (PubMed) e Google Acadêmico. A estratégia de busca incluiu os descritores em português e inglês: 1. (*Achatina fulica* AND nematódeos OR zoonose); 2. (*Achatina fulica* AND nematoides); 3. (*Achatina fulica* AND Nematoda); 4. (*Achatina fulica* AND parasita); 5. (*Achatina fulica* AND parasitose). Utilizou-se os operadores booleanos AND, com finalidade de

recuperar artigos que contenham ambos os descritores e OR, que amplia a pesquisa, identificando qualquer um dos descritores selecionados. A busca foi realizada no período de março a junho de 2021.

Após a identificação, realizou-se a seleção dos estudos primários de acordo com a questão norteadora e os critérios de inclusão definidos no presente estudo. Os artigos foram inicialmente analisados pela estratégia de busca, sendo identificados pelos títulos e resumos nas bases de dados. Em seguida foi realizada uma triagem manual com o intuito de eliminar os artigos duplicados e seguir para o processo de leitura na íntegra, para verificar a elegibilidade dos trabalhos e informações neles contidas, para identificar os artigos que compõem a amostra final. As informações relevantes retiradas dos estudos foram selecionadas e padronizadas em tabelas de evidências, incluindo: localidade de procedência dos exemplares de *A. fulica* analisados; metodologia utilizada para obtenção dos nematódeos a partir do molusco; método utilizado para identificação dos nematódeos (morfologia, histologia, biologia molecular); estágio de desenvolvimento do nematódeo (larva/adulto); ambiente onde os moluscos foram encontrados (antrópico/preservado) e metodologia utilizada para a captura dos moluscos.

A análise dos registros identificados através da estratégia de busca por seleção ocorreu de forma independente por dois grupos de revisores, a fim de garantir maior precisão da revisão para identificar estudos com potencial relevância para inclusão, utilizando critérios pré determinados a fim de trazer uma maior qualidade das informações analisadas.

Os dados coletados foram analisados estatisticamente pelo software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) 22,0, onde foram obtidos resultados em frequência absoluta e relativa. Após a categorização das variáveis: Método de obtenção dos nematódeos; Espécie do nematódeos e Período(Noturno/Diurno), foi utilizado o teste teste Qui-quadrado de Pearson com o intuito de avaliar a diferença com a variável nominal localidade. O intervalo de confiança utilizado foi padronizado em 95% para apresentar significância estatística ($p < 0,05$).

RESULTADOS

Características dos estudos

Foram identificados 20.690 artigos nas bases de dados analisadas. A partir destes foram selecionados 168 arquivos, a partir da análise de leitura na íntegra dos 95 artigos restante, outros 30 foram excluídos, por estarem fora dos critérios de inclusão e não responderem a questão norteadora do presente estudo, o que resultou em uma amostra de 65 artigos analisados na íntegra conforme os critérios de inclusão (Figura 1). Em relação ao recorte temporal dos artigos, foram identificados estudos publicados desde 1965 a 2021, com um maior número de publicações no ano de 2019 ($n = 10$). Foi verificada uma concentração de estudos no sudeste asiático e américas, com o maior número de publicações realizado no Brasil, com 23 artigos (Caldeira et al 2007; Thiengo et al 2008; Barbosa et al 2020; Silva et al 2020; Ramos de Souza et al 2021; Ramos-de-Souza et al 2021) (Tabela 1).

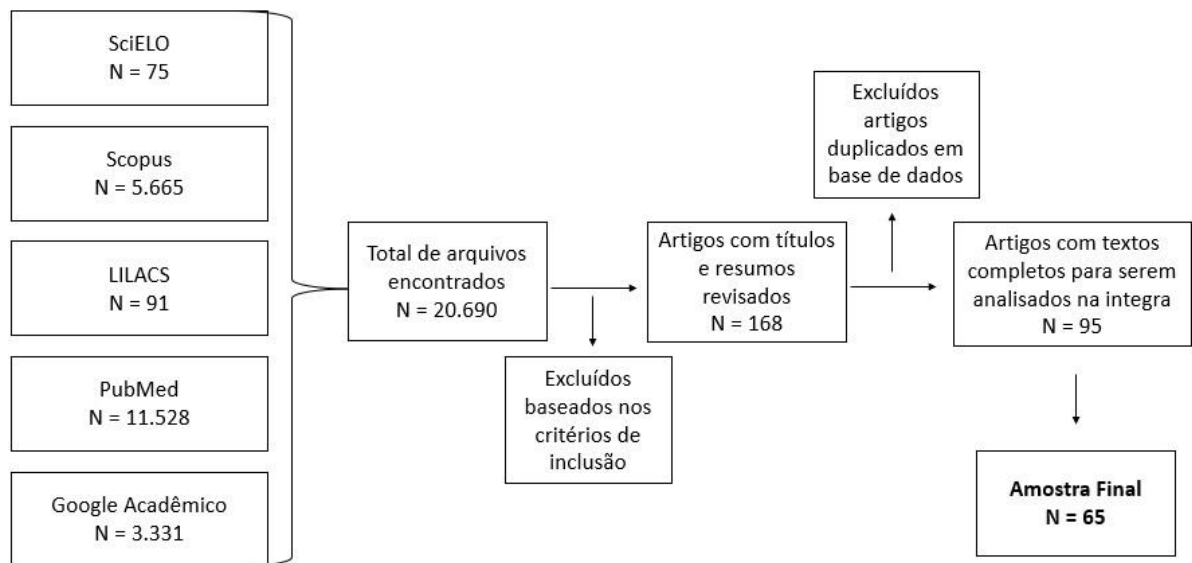


Figura 1. Fluxograma com quantidade de artigos e base de dados.

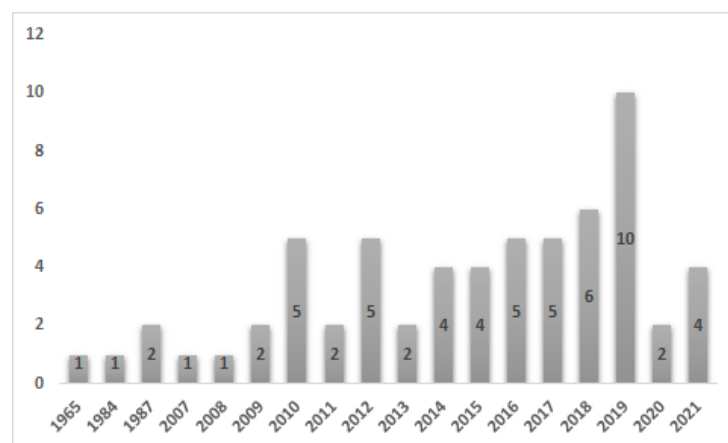


Figura 2. Recorte temporal dos artigos incluídos

Nematódeos encontrados em *A. fulica* e distribuição geográfica

Foi identificado uma coocorrência significativa ($p < 0,001$) em que o *Angiostrongylus cantonensis* foi o nematódeo com o maior número de artigos em países distribuídos pela Ásia ($n=16$), China, Tailândia, Japão, Malásia e Filipinas (Shan et al 2009; Hu et al 2011; Deng et al 2012; Yang et al 2012; Peng et al 2017; Constantino-Santos et al 2014(a)) e América do Sul ($n=15$) (Brasil, Colômbia e Equador) (Giraldo et al 2019; Solórzano-Alava et al 2019). Também foram identificados registros de *A. cantonensis* na América do Norte ($n= 02$) (Estados Unidos) (Smith et al 2015), Caribe ($n= 03$) (Cuba e Guadalupe) (Dard et al 2017) e, na Oceania ($n=05$) (Polinésia Francesa, Papua Nova-Guiné e Havaí) (Scrimgeour & Welch 1984; Fontanilla & Wade 2012; Qvarstrom et al 2010; Rolins et al 2021; Kwon et

al 2013) e apenas um registro na África Meridional, Ilha (Mayotte) (Epelboin et al 2016) (Figura 3, Tabela 1). Não foram encontrados registros da infecção natural de *Angiostrongylus costaricensis* no caracol gigante africano.

Também foi relatada a presença de outros metastrongilídeos em *A. fulica*: *Aelurostrongylus abstrusus* no Brasil, Argentina e Colômbia (n= 06) (Thiengo et al., 2008; Oliveira et al., 2010; Andrade-porto et al., 2012; Valente et al., 2017; Lima & Guilherme 2018; Penagos-Tabares et al., 2019), *Angiostrongylus vasorum* na Colômbia (n= 02) (Lang et al., 2018; Penagos-tabares et al., 2019), e *Angiostrongylus malaysiensis* Bhaibulaya e Cross 1971 na Tailândia (n= 02) (Dumidae et al 2019; Jakkul et al 2021).

Outras espécies de nematódeos também foram encontradas associadas ao molusco *A. fulica* como *Cruzia tentaculata* (Rud, 1819) (n= 01) no Brasil (Ramos-de-Souza et al., 2021), *Ancylostoma caninum* (Ercolani, 1859) registrado nas Filipinas e no Brasil (n= 02) (Constantino-Santos et al., 2014; Orico et al 2019), *Strongyluris* sp. com registros no Brasil, Argentina e Colômbia (n=10) (Franco-Acuña et al 2009; Maldonado-Júnior et al 2010; Oliveira et al 2010; Córdoba-R et al 2017; Lima & Guilherme 2018; Ramos-de-Souza et al., 2018; Oliveira & Santos 2019; Oda et al 2020), *Rhabditis* sp., para a Itália e Brasil (n= 07) (Oliveira et al 2015; d'Ovidio et al 2019; Silva et al., 2020), *Trichures* sp., registrado apenas para a Venezuela (n=01) (Amaya et al. 2014), *Ascaris* sp. (n=02) e *Strongyloides stercoralis* Bavay, 1876 (n= 01) registrado para Venezuela, (Amaya et al. 2014) *Strongyloides* sp. no Equador (n= 01) (Cuasapaz-Sarabia et al. 2016; Amaya et al. 2014) e *Oslerus osleri* (Cobbold, 1879) com registro apenas para as Filipinas (n= 01) (ConstantinoSantos et al 2014(b)). Na maior parte dos estudos foram identificadas larvas no estágio L₃ (n= 39) (Figura 3; Tabela 1).

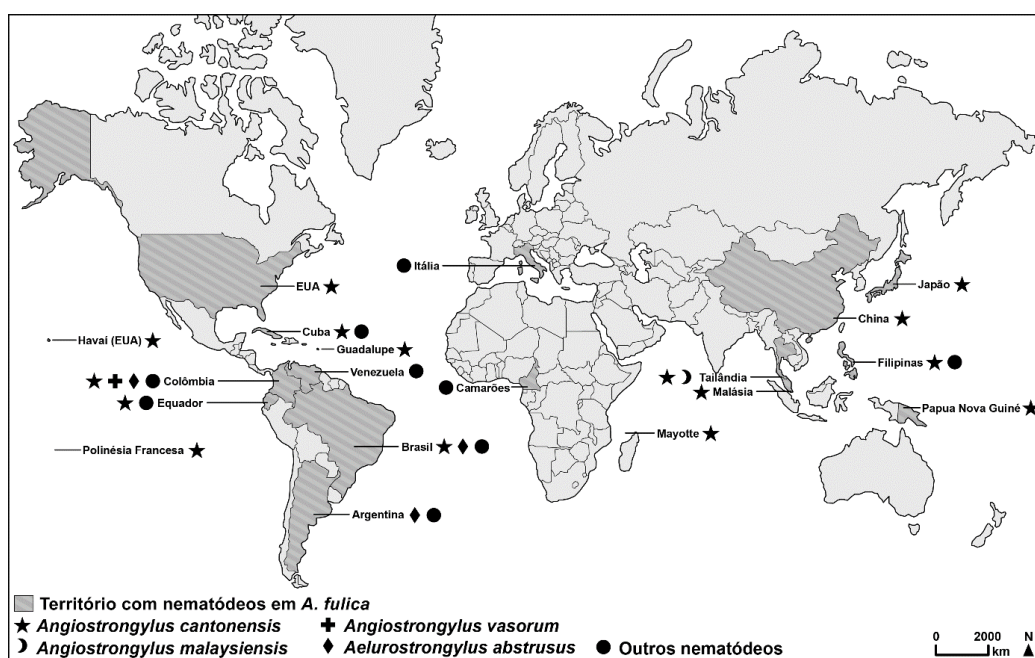


Figura 3. Países com registros de *A. fulica* infectada naturalmente com nematódeos.

Métodos utilizados para obtenção e identificação dos nematódeos

Em relação aos métodos encontrados para obtenção dos nematódeos foi identificado uma correlação significativa ($p < 0,031$) em que a “Digestão artificial”, técnica em que o tecido de *A. fulica* é digerido em solução HCl a 0,7%, com o líquido resultante sendo sedimentado em aparato de Baermann para o isolamento das larvas de nematódeos, foi encontrada em um maior número de artigos ($n = 20$) (Lim & Heyneman 1965; Maldonado-Júnior et al 2010; Thiengo et al 2010; Zanol et al 2010; Rolins et al 2021; Souza et al 2021) (Tabela 1). Além destes, outros métodos foram também utilizados para obtenção dos nematódeos: “Digestão artificial com Pepsina” ($n = 17$) em que foi mais encontrado em estudos na Ásia ($n = 14$) (Noda et al, 1987; Shan et al 2009; Tujan et al 2016; Lange et al 2018; PenagosTabares et al 2019; Jakkul et al 2021). Na América do Sul foi identificado que os dois métodos supracitados, “digestão artificial com HCL a 0,7%” e “digestão artificial com pepsina” foi mais utilizado ($p < 0,001$). Além desse, o “exame parasitológico do muco e fezes” ($n = 03$) também foi relatado (Amaya et al 2014; Morocoima et al 2014; Silva et al 2020). Na América do Norte, observou-se mais a utilização do método “manto com salina” ($n = 03$) (Deng et al 2012; Vasquez & Sanchez 2015) (Tabela 1).

Em relação ao método de identificação dos nematódeos, verificou-se que a identificação morfológica foi a mais utilizada, sendo presente em 46 artigos (Tabela 1), destes 14 artigos realizaram infecção experimental, e três por morfometria. Outro método também relatado foi a identificação molecular por PCR e sequenciamento de diferentes marcadores moleculares ($n = 9$), sendo registrado principalmente no Brasil (Caldeira et al 2007; Thiengo et al 2010; Carvalho et al 2012; Guerino et al 2017; Orico et al 2019)

Tabela 1. Características e identificação de larvas de nematódeos capturados de *A. fulica*

Localidade	Metodologia utilizada para obtenção dos nematódeos a partir de <i>A. fulica</i>	Nematódeo identificado	Metodologia de identificação de larvas	Estádio larval	Ano	Referência
Malásia	Digestão artificial	<i>A. cantonensis</i>	Morfológica e Infecção Experimental	-	1965	Lim & Heyneman, 1965
Papua Nova Guiné	-	<i>A. cantonensis</i>	Infecção Experimental	-	1984	Scrimgeou & Welch 1984
Japão	Digestão artificial HCl - Pepsina 1%	<i>A. cantonensis</i>	-	L ₃	1987	Matayosm, et al 1987
Japão	Digestão artificial com - Pepsina 1%	<i>A. cantonensis</i>	Morfológica e Infecção Experimental	L ₃	1987	Noda et al .1987
Brasil (ES)	Digestão artificial HCl 0,7%	<i>A. cantonensis</i>	Morfológica, Infecção experimental e Molecular PCR-RFLP(ITS2)	L ₂ e L ₃	2007	Caldeira et al 2007
Brasil	Digestão artificial HCl – Pepsina	<i>A. abstrusus</i> (RJ/ES/GO/MT/SP/SE/MG)	Morfológica	L ₂ e L ₃	2008	Thiengo et al 2008
		<i>Strongyluris</i> sp. (RJ/ES/GO)				
Brasil (RJ)	Observação do Manto	<i>Strongyluris</i> sp.	Morfológica	-	2009	Franco-Acuña et al 2009
China	Digestão artificial HCl 0,7% (Pepsina 0,2%)	<i>A. cantonensis</i>	Morfológica e Infecção Experimental	L ₃	2009	Shan et al 2009
Brasil	Digestão artificial	<i>A. cantonensis</i> (RJ/SC)	Morfológica, Morfometria e Infecção Experimental	L ₃	2010	Maldonado-Júnior et al 2010
		<i>Strongyluris</i> sp. (RJ)				
		<i>Rhabditis</i> sp. (RJ/SC)				
Brasil (GO)	Digestão artificial HCl 0.7%	<i>A. abstrusus</i> , <i>Rhabditis</i> sp. <i>Strongyluris</i> sp.	Morfológica	-	2010	Oliveira et al 2010
Havaí	Digestão artificial (Pepsina)	<i>A. cantonensis</i>	Molecular PCR(ITS1)	L ₃	2010	Qvarnstrom et al 2010
Brasil (PE)	Digestão artificial	<i>A. cantonensis</i>	Morfológica, Infecção Experimental e Molecular PCR (ITS2)	L ₃ , L ₁	2010	Thiengo et al 2010
Brasil (RJ)	Digestão artificial	<i>Rhabditis</i> sp. <i>Strongyluris</i> sp.	Morfológica	Adulto e L ₃	2010	Zanol et al 2010
China	Digestão artificial	<i>A. cantonensis</i>	Morfológica	L ₃	2011	Hu et al 2011
Tailândia	Digestão artificial HCl 0.7% - Pepsina 1%	<i>A. cantonensis</i>	Morfológica	L ₃	2011	Vitta et al 2011
Brasil (AM)	Afogamento	<i>A. abstrusus</i>	Morfológica	L ₃	2012	Andrade-porto et al 2012
Brasil (BA/RJ/PR/SC)	Digestão artificial HCl 0.7% por 6 h	<i>A. cantonensis</i>	PCR-RFLP (ITS2/ClaI enzyme)	-	2012	Carvalho et al 2012

Localidade	Metodologia utilizada para obtenção dos nematódeos a partir de <i>A. fulica</i>	Nematódeo identificado	Metodologia de identificação de larvas	Estádio larval	Ano	Referência
China	Fragmento do manto em salina a 0,85%	<i>A. cantonensis</i>	Morfológica	L3	2012	Deng et al 2012
Polinésia Francesa	Digestão artificial HCl 0,5% - Pepsina 0,7%	<i>A. cantonensis</i>	Molecular – PCR (SSU rRNA)	L ₃	2012	Fontanilla & Wade 2012
China	-	<i>A. cantonensis</i>	Morfológica	L ₃	2012	Yang et al 2012
EUA - Havaí	Trituração do tecido	<i>A. cantonensis</i>	Molecular - Real Time PCR	-	2013	Kwon et al 2013
Brasil (PA)	Digestão artificial HCl 0.7% por 6 h	<i>A. cantonensis</i>	Morfológica, Infecção Experimental e Molecular PCR(COI)	L ₃	2013	Moreira et al 2013
Venezuela	Muco e Fezes (Método direto de Kato)	<i>Trichures</i> sp. <i>Ascaris</i> sp. <i>Strongyloides stercoralis</i>	Morfológica	-	2014	Amaya et al 2014
Filipinas	Digestão artificial HCl 0.7% -Pepsina 0,5%	<i>A. cantonensis</i> , <i>Ancylostoma caninum</i>	PCR (SSU rDna)	-	2014	Constantino-Santos 2014(a)
Filipinas	Digestão artificial HCl 0.7% - Pepsina 0,5%	<i>Oslerus osleri</i> , <i>A. cantonensis</i>	PCR (SSU rDna)	-	2014	Constantino-Santos 2014(b)
EUA - Havaí	Digestão artificial HCl 0.7% - Pepsina 0,3%	<i>A. cantonensis</i>	Molecular – PCR (18S – ITS1)	-	2014	Kim et al 2014
Venezuela	Kato Katz e Muco	<i>Ascaridida</i> <i>Trichuroidea</i> <i>Ancylostomatidae</i> <i>Toxocaridae</i> <i>Toxascaris</i> spp <i>Rabditida</i>	Morfológica	Ovos	2014	Morocoima et al 2014
EUA- Flórida	Extração de DNA (tecido do pé)	<i>A. cantonensis</i>	Molecular – qPCR (ITS1)	-	2015	Lwanowicz et al 2015
Brasil (RJ)	Digestão artificial HCl 0.7%	<i>A. cantonensis</i> <i>Rhabditis</i> sp.	Morfológica e Infecção Experimental	L ₃	2015	Oliveira et al 2015
EUA - Flórida	Maceração	<i>A. cantonensis</i>	Morfometria e Molecular qPCR (ITS1)	L ₁ , L ₂ , L ₃	2015	Smith et al 2015
Cuba	Fragmento do manto em salina a 0,85% com sedimentação em Baermann	<i>A. cantonensis</i>	Morfológica e Infecção Experimental	L ₃	2015	Vasquez & Sanchez 2015
Equador	Exame úmido (Amostras Fezes)	<i>Strongyloides</i> sp. <i>Ascaris</i> sp.	Morfológica	L ₁	2016	Cuasapaz-Sarabia et al 2016
Ilha Mayotte (França)	-	<i>A. cantonensis</i>	Molecular - RT-PCR (ITS1)	-	2016	Epelboin et al 2016
Filipinas	Digestão Artificial HCl 0,5% - Pepsina 0,7%	<i>A. cantonensis</i>	Infecção Experimental e Molecular PCR	L ₃	2016	Tuian et al 2016

Localidade	Metodologia utilizada para obtenção dos nematódeos a partir de <i>A. fulica</i>	Nematódeo identificado	Metodologia de identificação de larvas	Estádio larval	Ano	Referência
Argentina	Solução de Pepsina – 0,7%	<i>A. cantonensis</i>	Morfológica e Molecular PCR (COI)	L ₃	2016	Vitta et al 2016
Tailândia	Pepsina 0,7%	<i>A. cantonensis</i>	Morfológica	L ₃ e Adulto	2011	Vitta et al 2011
Colômbia	Trituração moluscos 1x1cm e coleta no Muco	<i>Angiostrongylus</i> <i>Aelurostrongylus</i> <i>Strongyluris</i>	Morfológica	-	2017	Córdoba-R et al 2017
Ilha Guadalupe (França)	-	<i>A. cantonensis</i>	Real Time - PCR	-	2017	Dard et al 2017
Brasil (SP)	Digestão artificial	<i>A. cantonensis</i>	Morfológica, Morfometria e Molecular - PCR-RFLP (ITS2)	L ₂ e L ₃	2017	Guerino et al 2017
China	Digestão artificial HCl 0,7% - Pepsina	<i>A. cantonensis</i>	Molecular PCR (Cytb)	L ₃	2017	Peng et al 2017
Argentina	Digestão artificial	<i>A. abstrusus</i>	Morfológica	L ₃	2017	Valente et al 2017
Brasil (RJ)	Digestão artificial HCl 0.7% por 6 h	<i>A. cantonensis</i>	Morfológica e Infecção Experimental	L ₃	2018	Bechara et al 2018
Colômbia	Cultura e método de Baermann	<i>Caenorhabditis briggsae</i>	Morfológica e Molecular PCR (ITS2)	Adulto	2018	Guerrero et al 2018
Colômbia	Digestão artificial com Pepsina	<i>A. vasorum</i>	Molecular RT-PCR (ITS-2)	-	2018	Lange et al 2018
Brasil (AC)	Digestão artificial	<i>A. abstrusus</i> <i>Strongyluris</i> sp. <i>Rhabditiformes</i>	Morfológica	-	2018	Lima & Guilherme 2018
Brasil (SE)	Digestão artificial HCl 0.7% por 6 h	<i>A. cantonensis</i> <i>Strongyluris</i> sp. <i>Caenorhabditis</i> sp.	Morfológica e PCR-RFLP	L ₃	2018	Ramos-de-Souza et al 2018
Brasil (RJ)	Digestão artificial	<i>A. cantonensis</i>	Morfológica e Infecção Experimental	L ₃	2018	Tomaz et al 2018
Itália	Fezes e método de Baermann	<i>Rhabditella axei</i> , <i>Rhabditis terricola</i> , <i>Cruznema</i> sp. <i>Pristionchus entomophagus</i>	Morfológica e Molecular - PCR (ITS2)	-	2019	d'Ovidio et al 2019
Tailândia	Digestão artificial com Pepsina - 0,7%	<i>A. cantonensis</i> <i>A. malaysiensis</i>	Molecular - PCR (COI, ITS2, SSU rRNA, Cytb)	-	2019	Dumidae et al 2019
Colômbia	-	<i>A. cantonensis</i>	Morfológica e Molecular – Real time - PCR (ITS1)	-	2019	Giraldo et al 2019
Cuba	Observação da cavidade palial e a utilização da solução salina a 0,9%	<i>A. cantonensis</i>	Morfológica e Movimentação	L ₃	2019	Meijides-Mejías et al 2019

Localidade	Metodologia utilizada para obtenção dos nematódeos a partir de <i>A. fulica</i>	Nematódeo identificado	Metodologia de identificação de larvas	Estádio larval	Ano	Referência
Brasil (RJ)	Rompimento dos cistos	<i>Strongyluris</i> sp.	Morfológica	L ₃	2019	Oliveira & Santos 2019
Brasil (SP)	Digestão artificial HCl 0,7% 2h - Pepsina 4%	<i>A. cantonensis</i> <i>Ancylostoma caninum</i>	Morfológica e Molecular PCR (ITS2)	L ₃	2019	Orico et al 2019
Colômbia	Digestão artificial HCl com Pepsina	<i>A. abstrusus</i> , <i>A. vasorum</i> , <i>Troglostrongylus brevior</i> , <i>Crenosoma vulpis</i>	Morfológica e Molecular PCR (ITS2)	L ₁	2019	Penagos -Tabares et al 2019
Cuba	Corte na cavidade palial	<i>Strongylides</i> sp.	Morfológica	L ₃	2019	Peraz et al 2019
Equador	Método de lobato-paraense modificado	<i>A. cantonensis</i>	Morfológica	L ₃	2019	Solórazano-Alava 2019
Brasil (AP)	Digestão artificial HCl 0.7% por 6 h	<i>A. cantonensis</i>	Molecular PCR(COI)	L ₃	2019	Barbosa et al 2020
Brasil (PR)	Rompimento dos cistos	<i>Strongyluris</i> sp.	Morfológica	L ₃	2020	Oda et al 2020
Camarões	Maceração órgãos (Flotação com açúcar granulado)	<i>Protostrongylus</i> sp. <i>Angiostrongylus</i> sp. <i>Strongyloides stercoralis</i> <i>Enteroubius vermiculares</i>	Morfológica	-		Meffowoet et al 2020
Brasil (SE)	Muco e Fezes (sedimentação espontânea)	<i>Rhabtidis</i> sp.	Morfológica e Molecular	-	2020	Silva et al 2020
Brasil (MS)	Digestão artificial	<i>A. abstrusus</i> <i>Rhabtidis</i> sp.	Morfológica	L ₃	2021	Oliveira et al 2021
Tailândia	Digestão artificial HCL 1% com Pepsina 1%	<i>A. cantonensis</i> <i>A. malaysiensis</i>	Morfológica e Molecular (qPCR; Cytb)	L ₃	2021	Jakkul et al 2021
Brasil (RJ)	Digestão artificial HCl 0.7% por 6 h	<i>Cruzia tentaculata</i>	Morfológica e Molecular PCR (18s; COI)	L ₃	2021	Ramos de Souza et al 2021
EUA - Havaí	Digestão artificial	<i>A. cantonensis</i>	Biologia Molecular PCR (ITS1)	L ₃	2021	Rolins et al 2021
Brasil (BA)	Digestão artificial	<i>A. cantonensis</i>	Morfológica e Molecular PCR (RFLP)	-	2021	Souza et al 2021

Ambiente, metodologia e período de coleta de *A. fulica*

Os caracóis africanos foram coletados principalmente em áreas antrópicas (urbanas e rurais), nos centros urbanos, com características peculiares, dentre elas: jardins de residências, praças públicas, regiões de peridomicílio (quintais), terrenos baldios, locais com presença de lixo e entulhos (n = 50) (Epelboin et al 2016; Vazquez & Sanchez 2015; Perez et al 2019; Meijides-Mejías et al 2019; Dard et al 2017; Smith et al 2015). Poucos estudos (n = 07) realizaram a captura de *A. fulica* na zona rural (Lim & Heyneman 1965; Noda et al 1987; Shan et al 2009; Hu et al 2011; Andrade-porto et al 2012; Tujan et al 2016; Oda et al 2020), em que os caracóis africanos foram coletados em plantações de arroz (*Oryza* sp.), seringueira (*Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss.) Müll. Arg.) (Lim & Heyneman 1965), cana-de-açúcar (*Saccharum* sp.) (Noda et al 1987) e mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) e mamão (*Carica papaya* L.) (Andrade-porto et al 2012) (Tabela 2 – Arquivo suplementar).

Na maior parte dos estudos (n= 45) foi descrita a realização da captura manual de *A. fulica*, não sendo detalhado a padronização de tempo e área de coleta. Poucos estudos descreveram a captura manual, com método de parcelas fixas (n= 06) (Shan et al 2009; Moreira et al 2013; Oliveira et al 2015; Vasquez & Sanchez 2015; Córdoba-R et al 2017; Silva et al 2020) e coletas com captura por unidade de esforço (n= 03) (Cuasapaz-Sarabia et al 2016; Solórzano-Alava et al 2019, Silva et al 2020) (Tabela 2 – Arquivo suplementar).

Em relação ao período de coleta de *A. fulica*, boa parte dos artigos não relatou o período ou turno de coleta (n= 30). Alguns dos estudos relataram o “período diurno” (n= 14) sendo este o mais relatado, principalmente na América do Sul (p=0,007) (Moreira et al 2013; Peng et al 2017; Bechara et al 2018; Ramos-de - Souza et al 2018; Silva et al 2020; Souza et al 2021) outros o “período noturno” (n= 05) (Lim & Heyneman 1965; Morocoima et al 2014; Cuasapaz-Sarabia et al 2016; Peng et al 2017; Bechara et al 2018). E poucos o “período chuvoso” (n= 05) (Caldeira et al 2007; Vitta et al 2011; Andrade-porto et al 2012; Cuasapaz-Sarabia et al 2016) (Tabela 2 – Arquivo suplementar).

DISCUSSÃO

O presente estudo identificou-se estudos de *A. fulica* infectadas com nematódeos no período entre 1965 a 2021, com um maior número de publicações no ano de 2019 (n= 10) em que também foi verificada uma concentração de estudos no sudeste asiático e américas, com o maior número de publicações realizado no Brasil, com 23 artigos. A ampla distribuição de *A. cantonensis* no Brasil é provavelmente resultado de várias introduções de ratos portadores de parasitas durante o período colonial do país, devido ao comércio ativo com a África e a Ásia naquela época (Maldonado-Júnior et al, 2010). Além disso, o caracol gigante africano *A. cantonensis* é o nematódeo com o maior número de associações com *A. fulica* no mundo (Caldeira et al, 2007; Thiengo et al, 2010) (Figura 4).

É possível que o clima tropical e subtropical, assim como a escassez ou ineficiência de políticas públicas para o controle na dispersão de *A. fulica* no ambiente, relacionado às questões sócio-

econômicas, problemas de saneamento básico e educação ambiental com o descarte de lixo em ambientes inadequados estejam favorecendo a atuação desta espécie como hospedeiro intermediário. Além disso, a ampla distribuição de *A. cantonensis* no Brasil é provavelmente resultado de várias introduções de roedores portadores parasitados durante o período colonial do país, devido ao comércio ativo com a África e a Ásia na época (Maldonado-Junior et al 2010), também associada a áreas urbanas e alteradas.

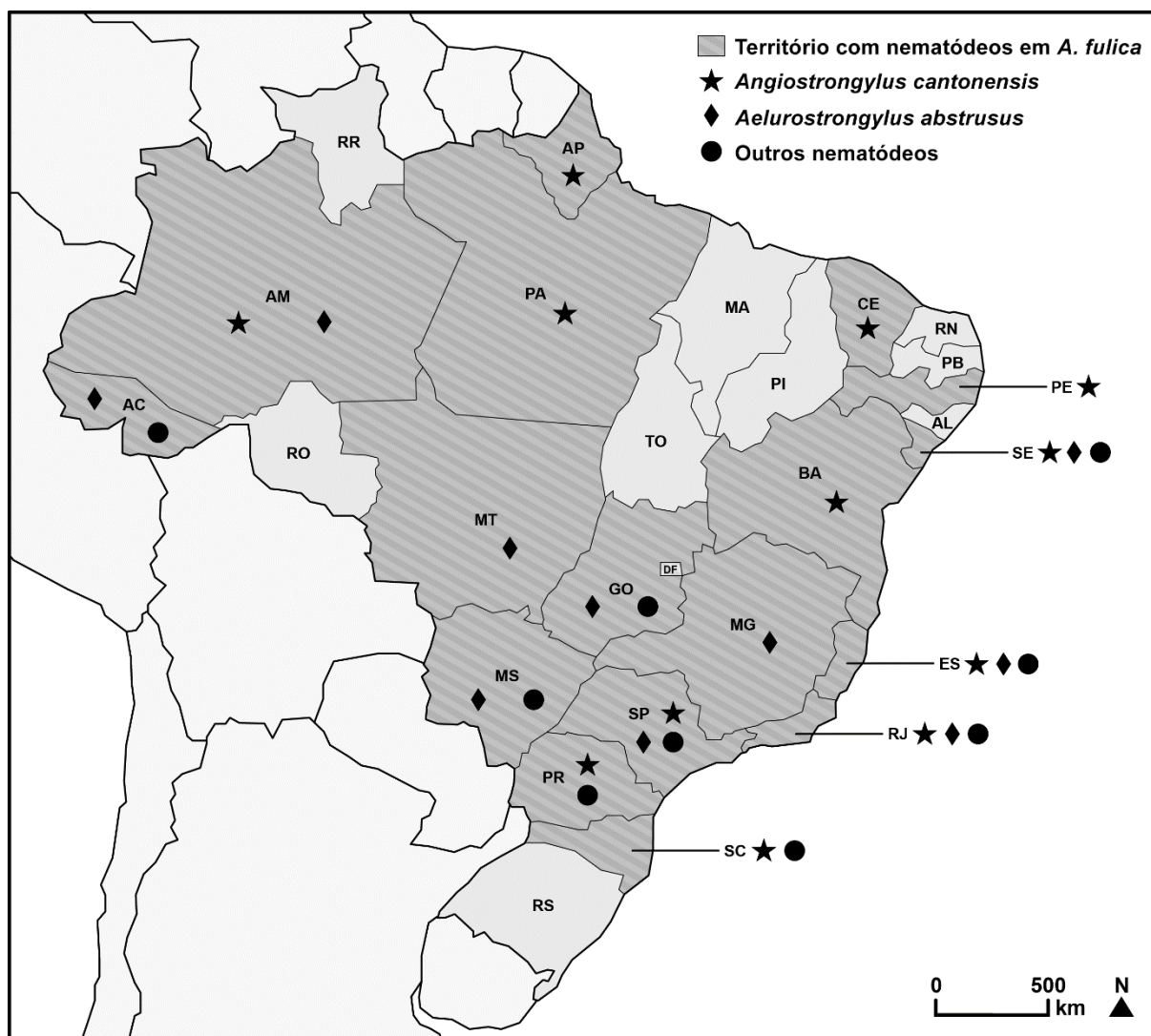


Figura 4. Mapa de distribuição de *A. fulica* associada a nematódeos no Brasil

No Brasil essa espécie de molusco está registrada em 25 dos 26 Estados, com maiores índices de infestação por *A. fulica* em Goiás, São Paulo, Paraná, Rio de Janeiro, Mato Grosso, Espírito Santo e Minas Gerais (Ohlweiler et al., 2010; Zanol, et al., 2010). A disseminação de *A. cantonensis* no Brasil é um problema de saúde pública devido à ampla ocorrência de ratos e caracóis infectados (Thiengo et al 2013) e por esse parasita ser agente etiológico da ME em seres humanos (Zanol et al. 2010). A ME no Brasil foi reportado pela primeira vez em Cariacica e Vila Velha, no Estado do Espírito Santo (Caldeira

et al., 2007) e Recife, estado de Pernambuco, (Thiengo et al 2010) São Paulo (Espírito-santo et al 2013) e Rio Grande do Sul (Morassuti et al 2014). Em humanos ocorre principalmente pela ingestão de moluscos infectados com larvas L₃ (Vitta et al 2016), que migram para o cérebro, fazem muda para L₄ e morem e a reação causada por esse evento provoca sérios danos neurológicos, podendo levar ao coma e em alguns casos à morte (Graeff-Teixeira, 2009; Thiengo et al, 2013). No mundo existem mais de 2.800 casos humanos de ME causados por *A. cantonensis* relatados em mais de 30 países (Wang 2008) desde que foi relatado pela primeira vez em Taiwan em 1945 (Beaver 1964). A ME também é considerada uma doença emergente no Brasil, com 35 casos confirmados e 84 casos suspeitos (Cunha et al., 2017). A expansão da ME pode estar associada à dispersão de *A. fulica*, o que vem sendo observado também no Brasil, com os casos de ME registrados nos estados de Pernambuco, Espírito Santo, Paraná, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, São Paulo, Sergipe e Amapá (Caldeira et al., 2007; Thiengo et al., 2008; 2010; Lima et al., 2009; Espírito-Santo et al., 2013; Morassuti et al., 2014; Cunha, 2017; Ramos-de-Souza et al., 2018; Barbosa et al., 2020).

A. cantonensis também foi relatado associado a *A. fulica* em ilhas, como o Havaí (Kim et al., 2014) e outros países, como Equador (Solórzano-Alava et al 2019), Cuba (Mejides-Mejías et al., 2019), Colômbia (Giraldo et al., 2019), EUA (Havaí Flórida) (Kwon et al., 2013; Rollins et al., 2021) Tailândia (Dumidae et al., 2019; Jakkul et al., 2021), China (Shan et al., 2009), Japão (Noda et al., 1987) (Matayosm, et al., 1987) Malásia (Lim & Heyneman 1965), Filipinas (Tujan et al 2016), Ilha Mayotte, no Oceano Índico, (Epelboin et al., 2016) e Polinésia Francesa, localizado na Oceania (Fontanilla & Wade 2012). Acredita-se que *A. fulica* pode ter desempenhado um papel importante, não apenas na importação do parasita nos países e ilhas supracitados, mas também em outras áreas do Oceano Índico e por muitas ilhas do Pacífico (Alicata 1966). A nível mundial, a dispersão de *A. fulica* e roedores sinantrópicos, tem contribuído para a propagação de *A. cantonensis* (Espírito-Santo et al 2013; Civeyrel & Simberloff 1996). Essa explosão populacional descontrolada de *A. fulica* que ocorre no Brasil e no mundo pode ocasionar o aumento das doenças que tenham essa espécie como potencial transmissor (Thiengo et al., 2010).

No presente estudo não foram identificados relatos de *Angiostrongylus costaricensis* Morera e Céspedes, 1971 infectando naturalmente *A. fulica*. Esse motivo pode estar associado a baixa susceptibilidade de *A. fulica* ao *A. costaricensis*, uma vez que, em infecções experimentais têm demonstrado baixa infecção e baixa carga parasitária (Neuhauss et al 2007).

Outra espécie bastante encontrada associada ao caracol gigante africano foi *A. abstrusus*, com importância veterinária, com registros para o Brasil (Oliveira et al 2010), Colômbia (Penagos-tabares et al 2019) e Argentina (Valente et al 2017), o qual é um parasita de importância veterinária, que causa pneumonia grave em felinos domésticos e silvestres (Thiengo et al. 2008). Houve apenas um registro no mundo de *A. malaysiensis* na Tailândia (Dumidae et al 2019), com importância veterinária pela

angiostrongilíase. Foram encontrados apenas dois registros do nematódeo *A. vasorum* associado ao caracol *A. fulica*, na Colômbia (Lang et al., 2018; Penagos-tabares et al., 2019). Outros registros encontrados, resultados de infecção experimental, relatam que *A. vasorum* é um parasito de artérias pulmonares de canídeos domésticos e silvestres (Pereira et al., 2020). A menor quantidade de registros de *A. vasorum*, pode estar relacionado a “enzima fenoloxidade” que desempenha um papel no controle da infecção de *A. vasorum* dentro do molusco, sendo necessário mais estudos para entender esse mecanismo de defesa da *A. fulica* (Coagilo et al., 2018).

Os geo-helminthos podem utilizar *A. fulica* como hospedeiro forético fixando-se através do muco para mudar de ambiente ou acidentalmente no momento de locomoção do molusco quando o muco é secretado. Por isso, é comum encontrarmos Ancilostomídeos e *Strongyloides* ao fazer análise de muco, fezes ou até mesmo na digestão de moluscos. Assim como, protozoários, platyhelminthes e bactérias também podem ser encontrados através da análise de muco e fezes (Morocoima et al., 2014).

Nematódeos como *Caenorhabditis* sp., *Rhabditis* sp. que foram encontrados em amostras de muco, fezes ou cultura a partir de *A. fulica* (Guerrero et al 2018; d'Ovidio et al 2019), não podem ser considerados como uma relação que causa doença parasitária em humanos, mas sim como um fenômeno natural nas relações ecológicas entre diversos organismos (Ferreira et al 2012). Estes são nematódeos de vida livre que normalmente se alimentam de matéria orgânica em decomposição, podendo ser ingeridos acidentalmente por qualquer molusco durante o forrageamento. O caracol *A. fulica* é generalista e pode se alimentar de qualquer fonte disponível, inclusive frutas e outras fontes que estejam em decomposição ou não, onde é comum a presença desses nematódeos (Silva et al 2020). O uso da técnica coprológica pode ser apropriada na obtenção de determinadas espécies de nematódeos. Porém, se o animal consumir os nematódeos, independente do grau de desenvolvimento do parasito, a sua obtenção a partir das fezes não significa que o caracol tenha papel no ciclo de vida do nematódeo, portanto, devemos dissociar o termo parasitismo de forésia (Ferreira et al., 2012). Mesmo com a utilização do processo de digestão artificial para obtenção de parasitos de moluscos, esses grupos podem resistir tanto à acidez do método quanto ao processo digestivo no molusco, podendo ser liberados vivos sem sofrer danos na sua estrutura, principalmente os parasitos gastrointestinais (Carvalho et al., 2012(B)).

Os métodos de obtenção dos nematódeos por meio da digestão artificial encontrados no presente estudo podem ser comparados entre aqueles que fizeram uso da pepsina e os que não fizeram uso da enzima na solução digestiva. Assim, dentre aqueles que fizeram uso apenas do HCl precisaram passar mais tempo para que os tecidos dos moluscos fossem rompidos e as larvas liberadas (Coaglio et al 2016). Já aqueles que fizeram o uso da pepsina, puderam obter larvas em um tempo menor, mas em uma temperatura ótima para atividade da enzima (37°C) (Thiengo et al 2008; Chan et 2009). Diante dessas possibilidades, a utilização de pepsina pode proporcionar, em menor tempo, a liberação de larvas, porém o uso de HCl a 0,7% na digestão artificial é uma técnica que permite encontrar larvas quando passado

maior tempo e em temperatura ambiente (Graeff-Teixeira & Moreira 1995). Vale salientar o custo financeiro para realização de ambas as técnicas, sendo a digestão artificial sem o uso da pepsina economicamente mais viável quando comparado às técnicas que fazem o uso da mesma (Graeff-Teixeira & Moreira 1995). Além da digestão artificial, outra forma de obtenção de nematódeos, foi a solução salina, mas essa solução não é adequada porque não ocorre uma dissolução dos tecidos do molusco (Graeff-Teixeira & Moreira 1995). Uma correta obtenção de larvas é importante para análise parasitológica que infectam *A. fulica*, dentre o qual permite inferir o grau de prevalência e carga parasitária, bem como identificações assertivas dos nematódeos.

Boa parte dos estudos realizaram identificação morfológica dos nematódeos (Lim & Heynman 1965; Guerino et al 2017), no entanto, muitas características larvais usadas como diagnóstico são compartilhadas por muitos indivíduos de um mesmo gênero (Spratt 2015). Isso torna difícil e em algumas vezes pode ser impreciso para a identificação no menor nível taxonômico. Alguns artigos, ao retratar sua identificação, utilizaram aspectos morfométricos e movimentação (Meijides & Mejías et al 2019), numa tentativa de aumentar o grau de confiança na identificação morfológica. Além disso, uma real identificação requer a observação de macho e fêmea, que pode ser encontrada na técnica utilizada para obtenção de larvas em algumas espécies (Oliveira et 2010; Silva et al 2020). Nestes casos, pode ser necessário que ocorra infecção experimental (Bechara et al 2018) do hospedeiro definitivo para a identificação da espécie com o maior número de características diagnósticas, verifica-se que esse método leva em torno de 30 dias para obtenção das formas adultas e o ideal é que a identificação seja realizada por um taxonomista especialista (Carvalho et al., 2012; Beachera et al., 2018). A observação de cistos também foi utilizada (Oliveira & Santos 2019), mas pode não ser adequada, para identificação específica, já que por sua vez, algumas espécies de gêneros diferentes podem apresentar esse comportamento no hospedeiro intermediário.

Embora o foco do nosso estudo não seja qualificar os artigos, podemos observar muita inconsistência a respeito da identificação do nematódeo principalmente do gênero *Angiostrongylus*, quando ela se dá pelo método morfológico. Não que isso invalide os estudos que utilizaram esse método, mas se faz necessário um cuidado de um maior rigor ao identificar larvas, principalmente pelas semelhanças dentro do mesmo gênero, podendo levar a uma identificação equivocada. No estudo de Valente et al. (2020), os autores também questionam a respeito da identificação de *Angiostrongylus* ssp. apenas com base em características morfológicas, destacando que características de larvas neste gênero são insuficientes para identificação a nível de espécie.

A identificação molecular tem sido empregada para a identificação em nível específico para identificação dos nematódeos obtidos a partir de exemplares de *A. fulica*, tendo sido utilizados diferentes marcadores, como por exemplo, COI, (Barbosa et al., 2020) ITS1, (Rolins et al., 2021) ITS2 (Thiengo et al., 2010) e *Cytb* (Peng et al., 2017).

O caracol *A. fulica* tem sido relatado predominantemente em ambientes antrópicos, em áreas urbanas em regiões de peridomicílio, terrenos baldios e locais com a presença de lixos e entulhos (Cusparez-sarabia et al., 2016). A presença de *A. fulica* nesses locais pode estar associado provavelmente a presença de resíduos sólidos serem utilizados como abrigo, bem como, a falta de limpeza dos terrenos baldios, favorecendo a proliferação e manutenção de *A. fulica* (Silva et al., 2020).

Verificou-se que boa parte dos estudos incluídos no presente estudo não relataram padronização de áreas de coletas, como o método de “áreas parcelas fixas” (Moreira et al 2013; Oliveira et al 2015; Córdoba-R et al 2017; Silva et al 2020) e captura por unidade de esforço (Cuasa paz Sarabia et al 2016; SolórzanoAlava et al 2019, Silva et al 2020). Tais métodos são importantes para avaliar o impacto de *A. fulica* em determinado ambiente, sendo possível comparar diferentes áreas, calcular a abundância, diversidade, e avaliação ecológica e ambiental. Outra situação pertinente é que em boa parte dos manuscritos não houve o relato do período e turno da coleta, dentre o qual uma pequena minoria relatou o período diurno, noturno e estação chuvosa (Moreira et al., 2013; Peng et al., 2017).

Além de ser um hospedeiro intermediário de helmintos de importância para os animais domésticos, *A. fulica* também pode se tornar hospedeiro intermediário de parasitas de animais selvagens, tornando-se um risco para a biodiversidade da fauna silvestre (Thiengo et al. 2008). Como foi evidenciado no presente estudo, *A. fulica* foi relatada parasitada com espécies de nematódeos de saúde pública e na medicina veterinária, incluindo o *A. cantonensis* em que foi relatado na Ásia, Américas, África e Oceania. Esse estudo corrobora os achados de Valente et al. (2020), em que pesquisou nas Américas, gastrópodes como hospedeiros intermediários de *Angiostrongylus* spp. e que ressalta a importância de estudos interdisciplinares para determinar o potencial de risco epidemiológico para a saúde.

Destaca-se a importância de entender a dinâmica da relação parasito, hospedeiro e ambiente é de extrema importância para um melhor diagnóstico e tomadas de decisões, assim como para a elaboração de medidas sanitárias de controle malacológico de *A. fulica* e de hospedeiros definitivos em áreas de relevância epidemiológica. Ademais, os dados do presente estudo reforçam a importância do conhecimento sobre a distribuição desta espécie exótica e a pesquisa da helmintofauna que geram subsídios essenciais às ações preventivas e de controle de zoonoses, bem como, subsidiar estudos futuros para investigar a prevalência e mapear a rota de distribuição de moluscos parasitados por *A. cantonensis* e demais nematódeos que utilizam *A. fulica* como hospedeiro intermediário.

REFERÊNCIAS

- Acha PN & Szyfres B. Zoonosis y enfermedades transmisibles comunes al hombre y a los animales. Washington: Organización Panamericana de La Salud.1986.
- Andrade-Porto SMD, Souza KCPD, Cárdenas MQ, Roque RA, Pimpão DM., Araújo CS, Malta, JCDO. Occurrence of *Aelurostrongylus abstrusus* (Railliet, 1898) larvae (Nematoda: metastrongylidae)

infecting *Achatina (Lissachatina) fulica* bowdich, 1822 (Mollusca: gastropoda) in the amazon region. *Acta Amazonic.* 2012; 42(2): 245-250.

Alicata JE. The presence of *Angiostrongylus cantonensis* in islands of the Indian Ocean and probable role of the giant African snail, *Achatina fulica*, in dispersal of the parasite to the Pacific islands. *Canadian Journal of Zoology.* 1966; 44(6):1041-1049.

Amaya I, Fajardo M, Morel C, Blanco Y, Devera R. Enteroparásitos de interés médico en ejemplares de *Achatina fulica* capturados en Ciudad Bolívar, estado Bolívar, Venezuela. *VITAE Academia Biomédica Digital.* 2014; 13(57): 1-13.

Beaver PC, Rosen L. Memorandum on the first report o *Angiostrongylus* in Man, by Nomura and Lin, 1945. *Am J Trop Med Hyg.* 1964;13:589-90.

Barbosa TA, Thiengo SC, Fernandez MA, Graeff-Teixeira C, Morassutti AL, Mourão FRP, Gomes SR. Infection by *Angiostrongylus cantonensis* in both humans and the snail *Achatina (Lissachatina) fulica* in the city of Macapá, in the Amazon Region of Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz.* 2020; 115: e200115, 2020.

Bechara AH, Simões RO, Faro MJ, Garcia JS. *Achatina fulica* infected by *Angiostrongylus cantonensis* on beaches, in the west zone of Rio de Janeiro, Brazil. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo.* 2018; 60:e4.

Bonetti VC, Graeff-Teixeira C. *Angiostrongylus costaricensis* and the intermediate hosts: observations on elimination of L3 in the mucus and inoculation of L1 through the tegument of molluscs. *Rev Soc Bras Med Trop.* 1998; 31: 289-94.

Boaventura, MFF, Thiengo SC, Monteiro S. Infecções por caramujo africano (*Achatina fulica*): análise de conteúdo das matérias jornalísticas e de materiais educativos sobre o tema no Rio de Janeiro, Brasil. *Rev Bras Educ Ciênc* 2011; 11(2): 9-24.

Caldeira RL, Mendonça CL, Goveia CO, Lenzi HL, Graeff-Teixeira C, Lima WS, Carvalho OD S. First record of molluscs naturally infected with *Angiostrongylus cantonensis* (Chen, 1935) (Nematoda: Metastrongylidae) in Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz.* 2007; 102(7): 887-889.

Carvalho ODS, Scholte RGC, Mendonça CLFD, Passos LKJ, Caldeira RL. *Angiostrongylus cantonensis* (Nematode: Metastrongyloidea) in molluscs from harbour areas in Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz.* 2012; 107(6): 740-746.

Carvalho, CO, Chagas ACS, Cotinguiba F, Furlan M, Brito LG, Chaves FC, Amarante AF. The anthelmintic effect of plant extracts on *Haemonchus contortus* and *Strongyloides venezuelensis*. *Veterinary parasitology.* 2012; 183(3-4), 260-268. (B)

Carvalho OS, Teles HMS, Mota EM, Mendonça CLGF, Lenzi HL. Potentiality of *Achatina fulica* Bowdich, 1822 (Mollusca: Gastropoda) as intermediate host of the *Angiostrongylus costaricensis* Morera & Céspedes 1971. *Rev da Soc Bras Med Trop.* 2003; 36(6): 743-745.

Civeyrel L, Simberloff D. A tale of two snails: is the cure worse than the disease? *Biodivers Conserv.* 1996; 5(10): 1231-52.

Constantino-Santos DMA, Basiao ZU, Wade CM, Santos BS, Fontanilla IKC. Identification of *Angiostrongylus cantonensis* and other nematodes using the SSU rDNA in *Achatina fulica* populations of Metro Manila. *Tropical biomedicine.* 2014; 31(2): 327-335.

- Constantino-Santos DMA, Santos BS, Soriano JME, Dy JSH, Fontanilla IKC. Philippine Survey of Nematode Parasite Infection and Load in the Giant African Snail *Achatina fulica* indicate *Angiostrongylus cantonensis* infection in Mindanao. Science Diliman. 2014; 26(2).
- Córdoba-R D, Giraldo A. Prevalence of strongylida nematodes associated with african snail, *Achatina fulica*, in Valle del Cauca, Colombia. Revista MVZ Córdoba. 2017; 22(3):6276-6286.
- Coaglio, A. L., Mozzer, L. R., Corrêa, D. N., de Jesus Pereira, C. A., & dos Santos Lima, W. Evaluation of techniques for recovery of *Angiostrongylus vasorum* from *Achatina fulica*, a potential intermediate host. Revista de Patologia Tropical/Journal of Tropical Pathology, 2016; 45(1), 87-97.
- Colley E. Medidas de controle de *Achatina fulica*. In: Fischer, ML, Costa, LCM. O caramujo gigante africano: *Achatina fulica* no Brasil. Champagnat. Curitiba 2010. p. 203-228.
- Cunha, M.C.R. Meningite eosinofílica: relato de caso. Rer. Bras. Anal. Clin. 2017; 49(2): 213-15.
- Cuasapaz-Sarabia J. Endoparásitos de *Achatina fulica* Bowdich, 1822 (Gastropoda: Achatinidae), en el recinto Mata de Cacao, cantón Baba hoyo, Provincia de Los Ríos, Ecuador. Revista Científica Ciencias Naturales y Ambientales. 2016; 10(1):12-18.
- Dard, C, Piloquet JE, Qvarnstrom Y, Fox LM, M'kada H, Hebert JC, Harrois D. First evidence of angiostrongyliasis caused by *Angiostrongylus cantonensis* in Guadeloupe, Lesser Antilles. The American journal of tropical medicine and hygiene. 2017; 96(3), 692.
- Oliveira, APM., Torres, EJJ, Maldonado Jr A, de Barros Araújo JL, Fernandez MA, Thiengo, SC. *Achatina fulica* como Hospedeiro Intermediário de Nematódeos de Interesse Médico-veterinário em Boiás, Brasil. Revista de Patologia Tropical/Journal of Tropical Pathology. 2010; 39(3), 199-210.
- Deng ZH, Zhang QM, Huang SY, Jones JL. First provincial survey of *Angiostrongylus cantonensis* in Guangdong Province, China. Tropical Medicine & International Health. 2012; 17(1), 119-122.
- d'Ovidio D, Nermut J, Adami C, Santoro M. Occurrence of rhabditid nematodes in the pet giant African land snails (*Achatina fulica*). Frontiers in veterinary science. 2019; 6, 88.
- Espírito-Santo MCC, Pinto PLS, Mota DJGD. The first case of *Angiostrongylus cantonensis* eosinophilic meningitis diagnosed in the city of São Paulo, Brazil. Rev Inst Med Trop. 2013; 55(2): 129-32.
- Epelboin L, Blondé R, Chamouine A, Chrisment A, Diancourt L, Villemant N, et al. *Angiostrongylus cantonensis* Infection on Mayotte Island, Indian Ocean, 2007-2012. PLoS neglected tropical diseases. 2016; 10(5), e0004635.
- Franco-Acuña DO, Pinheiro J, Torres EJJ, Lanfredi RM, Brandolini SVPB. Nematode cysts and larvae found in *Achatina fulica* Bowdich, 1822. Journal of Invertebrate Pathology. 2009; 100(2), 106-110.
- Fontanilla IKC, Wade CM. Research Note: First report of *Angiostrongylus cantonensis* in the giant African land snail *Achatina fulica* in French Polynesia detected using the SSU rRNA gene. Tropical biomedicine. 2012; 29(4), 642-645.
- Ferreira, L. F., Chieffi, P. P., & Araujo, A. Parasitismo não é doença parasitária. Norte Ciência, 2012; 3(1), 200-221.

Giraldo A, Garzón C, Castillo A, Córdoba-Rojas DF. Confirmation of the presence of *Angiostrongylus cantonensis* in lung tissue of the African giant snail (*Lissachatina fulica*) in Colombia. Infectio. 2019; 23(2), 129-132.

Graeff-Teixeira C, Silva AC, Yoshimura K. Update on eosinophilic meningoencephalitis and its clinical relevance. Clin Microbiol Rev. 2009; 22:322-48.

Graeff-Teixeira C, Thiengo SC, Thomé JW, Medeiros AB, Camilocoura L, Agostini A. On the diversity on mollusc intermediate host of *Angiostrongylus costaricensis* Moreira & Céspedes, 1971 in southern Brazil. Mem Inst Oswaldo Cruz. 1993; 88: 487-489.

Guerino LR, Pecora IL, Miranda MS, Aguiar-Silva C, Carvalho ODS, Caldeira RL, Silva RJD. Prevalence and distribution of *Angiostrongylus cantonensis* (Nematoda, Angiostrongylidae) in *Achatina fulica* (Mollusca, Gastropoda) in Baixada Santista, São Paulo, Brazil. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical. 2017; 50, 92-98.

Guerrero R, Rincon-Orozco B, Delgado NU. *Achatina fulica* (Mollusca: Achatinidae) Naturally Infected with *Caenorhabditis briggsae* (Dougherty and Nigon, 1949) (Nematoda: Rhabditidae). Journal of Parasitology. 2018; 104(6), 679-684.

Hu X, Du J, Tong C, Wang S, Liu J, Li Y, He C. Epidemic status of *Angiostrongylus cantonensis* in Hainan island, China. Asian Pacific journal of tropical medicine. 2011; 4(4), 275-277.

Iwanowicz DD, Sanders LR, Schill WB, Xayavong MV, da Silva AJ, Qvarnstrom Y, Smith T. Spread of the rat lungworm (*Angiostrongylus cantonensis*) in giant African land snails (*Lissachatina fulica*) in Florida, USA. Journal of Wildlife Diseases. 2015; 51(3), 749-753.

Jakkul W, Chaisiri K, Saralamba N, Limpanont Y, Dusitsittipon S, Charoennitiwat V, et al. Newly developed SYBR Green-based quantitative real-time PCRs revealed coinfection evidence of *Angiostrongylus cantonensis* and *A. malaysiensis* in *Achatina fulica* existing in Bangkok Metropolitan, Thailand. Food and waterborne parasitology. 2021; 23, e00119.

Jayashankar M, Murthy GSS. Record of gut associated nematohelminth in the giant African snail *Achatina fulica* (Bowdich) from Bangalore, India. Journal of Parasitic Diseases. 2015; 39(2), 144-146.

Jeżewski, W., Buńkowska-Gawlik, K., Hildebrand, J., Perec-Matysiak, A., & Laskowski, Z. Intermediate and paratenic hosts in the life cycle of *Aelurostrongylus abstrusus* in natural environment. Veterinary parasitology. 2013, 198(3-4), 401-405.

Kliks, M. M.; Palumbo, N. E. Eosinophilic meningitis beyond the Pacific Basin: the global dispersal of a periodomestic zoonosis caused by *Angiostrongylus cantonensis*, the nematode lungworm of rats. Social Science & Medicine. 1992; 34:199-212.

Kwon E, Ferguson TM, Park SY, Manuzak A, Qvarnstrom Y, Morgan S, et al. A severe case of *Angiostrongylus* eosinophilic meningitis with encephalitis and neurologic sequelae in Hawai'i. Hawai'i Journal of Medicine & Public Health. 2013; 72(6 Suppl 2), 41.

Lange MK, Penagos-Tabares F, Vélez J, Gutiérrez J, Hirzmann J, Chaparro-Gutiérrez JJ, et al. Regional report on *Angiostrongylus vasorum* in Colombia: Genetic similarity to European lineage. Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports. 2018; 13, 21-23.

Laitano AC, Genro JP, Fontoura R, Branco SSL, Maurer RL, Graeff-Teixeira C, et al. Report on the occurrence of *Angiostrongylus costaricensis* in southern Brazil, in a new intermediate host from the genus *Sarasinula* (Veronicellidae, Gastropoda). *Rev Soc Bras Med Trop*. 2001; 34(1): 95-7.

Lim BL, Heyneman D. Host-parasite studies of *Angiostrongylus cantonensis* (Nematoda, Metastrongylidae) in Malaysian rodents: natural infection of rodents and molluscs in urban and rural areas of central Malaya. *Annals of Tropical Medicine & Parasitology*. 1965; 59(4), 425-433.

Lima MSD, Guilherme E. Diagnosis, presence of endoparasites, and local knowledge on the infestation of the exotic giant African snail (gastropoda: pulmonata: achatinidae), in the urban zone of Rio Branco, Acre, Brazil. *Biota Neotropica*. 2018; 18.

Lindo JF, Waugh C, Hall J, Cunningham-Myrie C, Ashley D, Eberhard M, Sullivan JJ, Bishop HS, Robinson DG, Holtz T, Robinson RD. Enzootic *Angiostrongylus cantonensis* in rats and snails after an outbreak of human eosinophilic meningitis, Jamaica. *Emerging Infectious Diseases*. Atlanta. 2002, 8: 324-326.

Lv S, Zhang Y, Liu HX, Hu L, Yang K, Steinmann P, et al. Invasive snails and an emerging infectious disease: results from the first national survey on *Angiostrongylus cantonensis* in China. *PLoS neglected tropical diseases*. 2009; 3(2), e368.

Maldonado Júnior A, Simões RO, Oliveira APM, Motta EM, Fernandez MA, Pereira Z, et al. First report of *Angiostrongylus cantonensis* (Nematoda: Metastrongylidae) in *Achatina fulica* (Mollusca: Gastropoda) from Southeast and South Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*. 2010; 105(7), 938-941.

Matayoshi S, Noda S, Sata A. Observations on the life history of *Achatina fulica*, a intermediate host of *Angiostrongylus cantonensis*, in the Amami Islands. *Medical Entomology and Zoology*. 1987; 38(4), 297-301.

Meijides-Mejías C, Robledo AR. Primer reporte de larvas de estrogylidios Metastrongyloidea (Strongyluris larvae) en *Achatina* (*Lissachatina*) *fulica* (Mollusca, Achatinidae) en el municipio de Regla, La Habana, Cuba. 16 de Abril. 2019; 58(273), 90-93.

Moreira VL, Giese EG, Melo FT, Simões RO, Thiengo SC, Maldonado Jr A, et al. Endemic angiostrongyliasis in the Brazilian Amazon: natural parasitism of *Angiostrongylus cantonensis* in *Rattus rattus* and *R. norvegicus*, and sympatric giant African land snails, *Achatina fulica*. *Acta Trop*. 2013; 125(1): 90-7.

Morocoima A, Rodríguez V, Rivas R, Coriano H, Rivero S, Errante R, et al. *Achatina fulica* Bowdich, 1822 (Mollusca, Gastropoda, Achatinidae) hospedador de helmintos, protozoarios y bacterias en el noreste de Venezuela. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*. 2014; 54(2) 174-185.

Morassutti AL, Thiengo SC, Fernandez M, Sawanyawisuth K, Graeff-Teixeira C. Eosinophilic meningitis caused by *Angiotrongylus cantonensis*: an emergent disease in Brazil. *Mem Inst Oswaldo Cruz*. 2014; 109(4): 399-407.

Neuhauss E, Fitarelli M, Romanzini J, Graeff-Teixeira C. Low susceptibility of *Achatina fulica* from Brazil to infection with *Angiostrongylus costaricensis* and *A. cantonensis*. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*. 2007; 102(1): 49-52.

Noda S, Uchikawa R, Matayoshi S, Watanabe Y, Sato A. Observations on the transmission of *Angiostrongylus cantonensis* from snail to rodent. *Journal of helminthology*. 1987; 61(3), 241-246.

Oda FH, da Graça RJ, Lima FS, Alvarenga FS, Takemoto RM. Cysts and larvae of *Strongyluris*: A parasite of amphibians and reptiles found in an urban population of *Lissachatina fulica* (Férussac, 1821) in southern Brazil. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*. 2020; 20, 100386.

Ohlweiler, F.P; Guimarães, M.C.A; Takahashi, F.Y; Eduardo, J.M. Current distribution of *Achatina fulica*, in the state of São Paulo including records of *Aelurostrongylus abstrusus* (nematoda) larvae infestation. *Rev Inst Med Trop* 2010; 52(4): 211-4.

Oliveira APM, Torres EJJ, Maldonado-Junior A, Araujo JLB, Fernandez MA, Thiengo SC. *Achatina fulica* como hospedeiro intermediário de nematódeos de interesse médico-veterinário em Goiás, Brasil. *Rev Patol Tropic* 2010; 39(3):199-210.

Oliveira JL, Santos, SB. Distribution of cysts of *Strongyluris* sp.(Nematoda) in the pallial system of *Achatina fulica* Bowdich, 1822 from Vila Dois Rios and Vila do Abraão, Ilha Grande, Angra dos Reis, Rio de Janeiro. *Brazilian Journal of Biology*. 2018; 79, 38-44.

Oliveira AP, Gentile R, Maldonado A, Lopes Torres EJ, Thiengo SC. *Angiostrongylus cantonensis* infection in molluscs in the municipality of São Gonçalo, a metropolitan area of Rio de Janeiro, Brazil: role of the invasive species *Achatina fulica* in parasite transmission dynamics. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*. 2015; 110, 739-744.

Orico LD, Barbosa CM, Luca LR, Soares RM, Gregori F. *Angiostrongylus cantonensis* and *Ancylostoma caninum* detection in snails of São Paulo city (2016-2017), Brazil. *Ars Veterinaria*. 2019; 35(3), 115-121.

Penagos-Tabares F, Lange MK, Vélez J, Hirzmann J, Gutiérrez-Arboleda J, Taubert A, et al. The invasive giant African snail *Lissachatina fulica* as natural intermediate host of *Aelurostrongylus abstrusus*, *Angiostrongylus vasorum*, *Troglostrongylus brevior*, and *Crenosoma vulpis* in Colombia. *PLoS neglected tropical diseases*. 2019; 13(4), e0007277.

Peng J, He ZP, Zhang S, Lun ZR, Wu ZD, Fan CK, et al. Phylogeography of *Angiostrongylus cantonensis* (Nematoda: Angiostrongylidae) in southern China and some surrounding areas. *PLoS neglected tropical diseases*. 2017; 11(8), e0005776.

Pérez JAR, Mejías CM, Robledo AR, del Vallín VP, Viel AM, Pérez DG, et al. Strongylides in *Achatina (Lissachatina) fulica* (Mollusca, Achatinidae) in Havana, Cuba. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*. 2019; 38(4), 1-7.

Prociv P, Spratt DM, Carlisle MS. Neuro-angiostrongyliasis: unresolved issues. *Int. Journal for Parasitology, Oxford*. 2000; 30:1295-1303.

Qvarnstrom Y, da Silva ACA., Teem JL, Hollingsworth R, Bishop H, Graeff-Teixeira C, et al. Improved molecular detection of *Angiostrongylus cantonensis* in mollusks and other environmental samples with a species-specific internal transcribed spacer 1-based TaqMan assay. *Applied and environmental microbiology*. 2010; 76(15), 5287-5289.

Raut, SK, Barker GM. *Achatina fulica* Bowdich and others Achatinidae pest in tropical agriculture. In: Barker GM. *Molluscs as Crop Pests*. In. New Zealand: CAB Publishing; 2002. p. 55-114.

Ramos-de-Souza J, Maldonado-Jr A, Vilela RV, Andrade-Silva BE, Barbosa HS, Gomes SR, et al. First report of the nematode *Cruzia tentaculata* using molluscs as natural intermediate hosts, based on morphology and genetic markers. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*. 2021; 15, 105-111.

- Ramos-de-Souza J, Thiengo SC, Fernandez MA, Gomes SR, Corrêa-Antônio J, Clímaco MDC, et al. First records of molluscs naturally infected with *Angiostrongylus cantonensis* (Nematoda: Metastrongyloidea) in Sergipe State, Northeastern Brazil, including new global records of natural intermediate hosts. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*. 2018; 60.
- Rollins RL, Cowie RH, Echaluse MV, Medeiros, MC. Host snail species exhibit differential *Angiostrongylus cantonensis* prevalence and infection intensity across an environmental gradient. *Acta Tropica*. 2021; 216, 105824.
- Raccurt CP, Blaise J, Durette-Desset MC. Presence of *Angiostrongylus cantonensis* in Haiti. *Tropical Medicine and International Health*, Oxford. 2003; 8: 423-426.
- Scrimgeour EM, Welch JS. *Angiostrongylus cantonensis* in East New Britain, Papua New Guinea. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*. 1984; 78(6), 774-775.
- Silva GM, Santos MB, Melo CM, Jeraldo VL. *Achatina fulica* (Gastropoda: Pulmonata): Occurrence, environmental aspects and presence of nematodes in Sergipe, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*. 2019; 80, 245-254.
- Simião, M.S; Fischer, M.L. Estimativa e inferências do método de controle do molusco exótico *Achatina fulica* no Pontal do Paraná, Litoral do Estado do Paraná. *Revista Cad biodivers*. 2004; 4(2): 1-11.
- Simões RO, Monteiro FA, Sanchez E, Thiengo SC, Garcia JS, Costa-Neto SF, Luque JL, Maldonado, A. Endemic angionstrongyliasis, Rio de Janeiro, Brazil. *Rev Emerg Infect dis* 2011; 17(7): 1331-1333.
- Smith TR, Howe AC, Dickens K, Stanley JD, Brito JA, Inserra RN. First comprehensive molecular and morphological identification of the rat lungworm, *Angiostrongylus cantonensis* Chen, 1935 (Nematoda: Strongylida: Metastrongylida) in association with the giant African snail, *Lissachatina fulica* Bowdich (Gastropoda: Pulmonata: Achatinidae) in Florida. *Nematropica*. 2015; 45:20-33.
- Soares CB, Hoga LAK, Peduzzi M, Sangaleti C, Yonekura T, Silva DRAD. Revisão integrativa: conceitos e métodos utilizados na enfermagem. *Revista da Escola de Enfermagem da USP*. 2014; 48(2): 335-345.
- Solórzano-Alava L, Sánchez-Amador F, Valverde T. *Angiostrongylus* (Parastrongylus) *cantonensis* en huéspedes intermediarios y definitivos en Ecuador, 2014-2017. *Biomédica*. 2019; 39(2), 370-384.
- Souza FN, Santos MA, Alves DA, de Melo LCV, da Mota DJG, Pertile AC, et al. *Angiostrongylus cantonensis* em populações urbanas de gastrópodes terrestres e ratos em uma região pobre do Brasil. *Parasitology*. 2021; 1-9.
- Souza J, Maldonado Jr A, Vilela RV, Silva BE, Barbosa HS, Gomes SR, Thiengo SC. First report of the nematode *Cruzia tentaculata* using molluscs as natural intermediate hosts, based on morphology and genetic markers. *IOC - Preprint*. 2021; 1-26.
- Spratt, D. M. (2015). Species of *Angiostrongylus* (Nematoda: Metastrongyloidea) in wildlife: A review. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*, 4(2), 178-189.
- Stockdale-Walden HD, Slapcinsky J, Qvarnstrom Y, McIntosh A, Bishop HS, Rosseland B. *Angiostrongylus cantonensis* in introduced gastropods in southern Florida. *The Journal of parasitology*. 2015; 101(2), 156-159.

- Teem JL, Qvarnstrom Y, Bishop HS, da Silva AJ, Carter J, White-Mclean J, Smith T. The occurrence of the rat lungworm, *Angiostrongylus cantonensis*, in nonindigenous snails in the Gulf of Mexico region of the United States. *Hawai'i Journal of Medicine & Public Health*. 2013; 72(6 Suppl 2), 11.
- Thiengo SC, Farraco FA, Salgado NC, Cowie RH, Fernandez, MA. Rapid Spread of an Invasive snail in South America: The giant African Snail, *Achatina fulica*, In Brasil. *Rev Biol Invasions* 2007; 9(1):693-702.
- Thiengo SC, Fernandez MA, Torres EJ, Coelho PM, Lanfredi RM. Primeiro registro de um nematóide Metastrongyloidea (*Aelurostrongylus abstrusus* larvae) em *Achatina (Lissachatina) fulica* (Mollusca, Achatinidae) no Brasil. *Journal of Invertebrate Pathology*. 2008; 98 (1), 34-39.
- Thiengo SC, Maldonado A, Mota EM, Torres EJJ, Caldeira R, Carvalho ODS, et al. The giant African snail *Achatina fulica* as natural intermediate host of *Angiostrongylus cantonensis* in Pernambuco, northeast Brazil. *Acta tropica*. 2010; 115(3), 194-199.
- Thiengo, SC & Fernandez MA. O caramujo gigante africano *Achatina fulica* no Brasil. "in": Fischer, ML. & Costa, LCM. *Achatina fulica*: um problema de saúde pública? Champagnat, Curitiba, 2010, p. 189-202
- Tomaz TP, Gentile R, Garcia JS, Teixeira BR, Faro MJ. A survey of freshwater and terrestrial snails in a predominantly urban municipality of Rio de Janeiro State, Brazil, with emphasis on human parasites vectors. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*. 2018; 60.
- Tujan MA, Angelica A, Fontanilla IKC, Paller VGV. Vectors and spatial patterns of *Angiostrongylus cantonensis* in selected rice-farming villages of Munoz, Nueva Ecija, Philippines. *Journal of parasitology research*. 2016; 2016.
- Valente R, Diaz JI, Lorenti EA, Salomón OD, Navone GT. (2016). Nematodes from *Achatina fulica* Bowdich, 1822 (Mollusca: Gastropoda) in Argentina. *Versita; Helminthologia*. 2016; 53 (1), 109-112.
- Valente R, Diaz JI, Salomón OD, Navone GT. Natural infection of the feline lungworm *Aelurostrongylus abstrusus* in the invasive snail *Achatina fulica* from Argentina. *Veterinary parasitology*. 2017; 235, 17-19.
- Vasconcellos, MCD, Pile E. Occurrence of *Achatina fulica* in the Vale do Paraíba, Rio de Janeiro state, Brazil. *Revista de saúde pública*. 2001; 35(6), 582-584.
- Vázquez AA, Sánchez J. First record *Angiostrongylus cantonensis* of the invasive land snail *Achatina (Lissachatina) fulica* (Bowdich, 1822)(Gastropoda: Achatinidae), vector of (Nematoda: Angiostrongylidae), in Havana, Cuba. *Molluscan Research*. 2015; 35(2), 139-142.
- Vitta A, Nateeworanart S, Tattiyapong M. Survey of *Angiostrongylus cantonensis* in rats and giant African land snails in Phitsanulok province, Thailand. *Asian Pacific journal of tropical medicine*. 2011; 4(8), 597-599.
- Vitta A, Srisongcra N, Thipraoj J, Wongma A, Polsut W, Fukruksa C, Dekumyoy P. Phylogeny of *Angiostrongylus cantonensis* in Thailand based on cytochrome c oxidase subunit I gene sequence. *Southeast Asian. J Trop Med Public Health*. 2016; 47, 377-386.
- Yang X, Qu Z, He H, Zheng X, He A, Wu Y, et al. Enzoitic angiostrongyliasis in Guangzhou, China, 2008–2010. *The American journal of tropical medicine and hygiene*. 2012; 86(5), 846.

Zanol J, Fernandez MA, Oliveira APMD, Russo CADM, Thiengo SC. O caramujo exótico invasor *Achatina fulica* (Stylommatophora, Mollusca) no Estado do Rio de Janeiro (Brasil): situação atual. *Biota Neotropica*. 2010; 10(3), 447-451.

Wallace CD, Rosen L. Techniques for recovering and identifying larvae of *Angiostrongylus cantonensis* from molluscs. *Malacologia*. 1969; 7(2-3): 427-38.

Wang QP, Lai DH, Zhu XQ, Chen XG, Lun ZR. Human angiostrongyliasis. *Lancet Infect Dis*. 2008; 8:621-30.

Zuccaro Jr, G. Management of the adult patient with acute lower gastrointestinal bleeding. *American Journal of Gastroenterology*. 1998. 93(8), 1202-1208.

Arquivo Suplementar – Tabela 2 . Características da coleta e ambiente em que *A. fulica* foi capturada

Localidade	Ambiente de coleta <i>A. fulica</i>	Metodologia de captura de <i>A. fulica</i>	Período/turno coleta de <i>A. fulica</i>	Ano	Referência
Malásia	Antrópico	Captura Manual	Diurno e Noturno	1965	Lim& Heyneman, 1965
Papua Nova Guiné	-	Captura Manual	-	1984	Scrimgeou & Welch 1984
Japão	-	Captura Manual	-	1987	Matayosm, et al 1987
Japão	Antrópico	Captura Manual	-	1987	Noda et al .1987
Brasil (ES)	Antrópico	Captura Manual	Período Chuvoso	2007	Caldeira et al 2007
Brasil (RJ, ES, GO, MT, SP, SE, MG)	Antrópico	Captura Manual	Mar/2002 a Set/2007	2008	Thiengo et al 2008
Brasil (RJ)	Antrópico	Captura Manual	-	2009	Franco-Acuña et al 2009
China	Antrópico	Captura Manual (Método de Parcela)	Set - Nov 2006; Mar - Out 2007	2009	Shan et al 2009
Brasil (RJ/SC)	-	Captura Manual	-	2010	Maldonado-Júnior et al 2010
Brasil (GO)	Antrópico	Captura Manual	Dez - Jun	2010	Oliveira et al 2010
Havaí	-	-	-	2010	Qvarnstrom et al 2010
Brasil (PE)	Antrópico	Captura Manual	Jun e Set/2008	2010	Thiengo et al 2010
Brasil (RJ)	Antrópico	Captura Manual	-	2010	Zanol et al 2010
China	Antrópico	Captura Manual e comprados	-	2011	Hu et al 2011
Tailândia	Antrópico	Captura Manual	Período chuvoso	2011	Vitta et al 2011
Brasil (AM)	Antrópico	Captura Manual	Período chuvoso	2012	Andrade-porto et al 2012
Brasil (BA/RJ/PR/SC)	Antrópico	Captura Manual	-	2012	Carvalho et al 2012
China	Antrópico	Captura Manual e Comprados	-	2012	Deng et al 2012
Polinésia Francesa	-	-	-	2012	Fontanilla & Wade 2012
China	Antrópico	Captura Manual	-	2012	Yang et al 2012
EUA - Havaí	-	Captura Manual	-	2013	Kwon et al 2013
Brasil (PA)	Antrópico	Captura Manual (Método de Parcelas)	Diurno.; Jan 2009 - Ago 2010	2013	Moreira et al 2013
Venezuela	Antrópico	Captura Manual	-	2014	Amaya et al 2014
Filipinas	Antrópico	Captura Manual	-	2014	Constantino-Santos 2014(a)
Filipinas	Antrópico	Captura Manual	-	2014	Constantino-Santos 2014(b)
EUA - Havaí		Captura Manual	2013-2014	2014	Kim et al 2014
Venezuela	Antrópico	Captura Manual	Noturno; Jun - Ago 2011	2014	Morocoima et al 2014
EUA- Flórida	Antrópico	Captura Manual	-	2015	Lwanowicz et al 2015

Localidade	Ambiente de coleta <i>A. fulica</i>	Metodologia de captura de <i>A. fulica</i>	Período/turno coleta de <i>A. fulica</i>	Ano	Referência
Brasil (RJ)	Antrópico	Captura Manual (Método de Parcelas)	Diurno; Jan 2010 - Out 2011	2015	Oliveira et al 2015
EUA - Flórida	Antrópico	Captura Manual	Set/2011 - Set/2013	2015	Smith et al 2015
Cuba	Antrópico	Captura Manual(Método de Parcelas)	-	2015	Vasquez & Sanchez 2015
Equador	Antrópico	Captura por Unidade de Esforço	Noturno; Período chuvoso	2016	Cuasapaz-Sarabia et al 2016
Ilha Mayotte (França)	-	-	-	2016	Epelboin et al 2016
Filipinas	Antrópico	Captura Manual	-	2016	Tuian et al 2016
Argentina	-	-	Mar/2010 - Mar/2014	2016	Vitta et al 2016
Tailândia	Antrópico	-	Jul/2012 e Jan/2014	2011	Vitta et al 2011
Colômbia	Antrópico	Captura Manual (Método de Parcela)	-	2017	Córdoba-R et al 2017
Ilha Guadalupe (França)	Antrópico	Captura Manual	Fev	2017	Dard et al 2017
Brasil (SP)	Antrópico	-	-	2017	Guerino et al 2017
China	Antrópico	Captura Manual	Diurno e noturno Jul 2013 - Nov 2015	2017	Peng et al 2017
Argentina	-	Captura Manual	Fev - Nov/2015	2017	Valente et al 2017
Brasil (RJ)	Antrópico	Captura Manual	Diurno e noturno (Período chuvoso)	2018	Bechara et al 2018
Colômbia	-	Captura Manual	-	2018	Guerrero et al 2018
Colômbia	Antrópico	-	-	2018	Lange et al 2018
Brasil (AC)	Antrópico	Captura Manual	Diurno	2018	Lima & Guilherme 2018
Brasil (SE)	Antrópico	Captura Manual	Diurno; Abr, Jul e Out 2016	2018	Ramos-de-Souza et al 2018
Brasil (RJ)	Antrópico	Captura Manual	Diurno	2018	Tomaz et al 2018
Itália	-	Captura Manual	-	2019	d'Ovidio et al 2019
Tailândia	Antrópico	Captura Manual	-	2019	Dumidae et al 2019
Colômbia	Antrópico	Captura Manual	-	2019	Giraldo et al 2019
Cuba	Antrópico	Captura Manual	Bimestralmente (2007 2008,2010 e 2011)	2019	Meijides-Mejías et al 2019
Brasil (RJ)	Antrópico	Captura Manual	-	2019	Oliveira & Santos 2019
Brasil (SP)	Antrópico	-	2016 - 2017	2019	Orico et al 2019
Colômbia	-	Captura Manual	Fev - Out 2016	2019	Penagos-Tabares et al 2019

Localidade	Ambiente de coleta <i>A. fulica</i>	Metodologia de captura de <i>A. fulica</i>	Período/turno coleta de <i>A. fulica</i>	Ano	Referência
Cuba	Antrópico	Captura Manual	Agosto de 2019	2019	Peraz et al 2019
Equador	Antrópico	Captura por Unidade de Esforço	Jan/2014 - Dez/2017	2019	Solórazano-Alava 2019
Brasil (AP)	Antrópico	Captura Manual	-	2020	Barbosa et al 2020
Brasil (PR)	Antrópico	Captura Manual	Fev 2017	2020	Oda et al 2020
Camarões	Antrópico	-	Mar- Nov 2019	2020	Meffowoet et al 2020
Brasil (SE)	Antrópico	Captura Manual (Método de Parcela e Unidade de Esforço)	Diurno	2020	Silva et al 2020
Brasil (MS)	Antrópico	Captura Manual	Diurno/Noturno Ago 2015 – Jun 2017	2021	Oliveira et al 2021
Tailândia	Antrópico	Captura Manual	-	2021	Jakkul et al 2021
Brasil (RJ)	Antrópico	Captura Manual	Nov 2017 - Abr 2019	2021	Ramos-de-Souza et 2021
EUA - Havai	Antrópico	Captura Manual	-	2021	Rolins et al 2021
Brasil (BA)	Antrópico	Amostragem exaustiva - MS Captura randômica manual por visualização	Diurno	2021	Souza et al 2021

9 CONCLUSÃO GERAL

Exemplares do caracol gigante africano *A. fulica* foram identificados em 18 municípios distribuídos nos oito Territórios do estado de Sergipe, em que a população de *A. fulica* foi caracterizada por indivíduos jovens e adultos jovens. Verificamos também a presença de outros caracóis, como o *Bulimulus tenuissimus*, *Cyclodontina fasciata*, *Subulina octona* e *Allopeas micra* em uma menor quantidade e a ausência destes em determinados períodos de estudo. Acredita-se que o caracol gigante africano, compete pelo espaço e alimento e utiliza de estratégias de dessa que possibilita viver em diferentes habitats, bem como em mudanças climáticas e do ambiente onde estão inseridas. O potencial de dispersão passiva e ativa dessa espécie exótica, tem como hipótese que esses moluscos são constantemente introduzidos e re-introduzidos nos municípios por meio do transporte passivo em material de construção: blocos, areia, terras e até entulhos, e também através do deslocamento pelo ambiente, principalmente pelos indivíduos adultos jovens que tem um maior potencial de deslocamento, fato que inviabiliza o controle pontual feito pela população e Secretarias de Endemias e Saúde.

Foram identificados apenas moluscos da espécie *A. fulica* infectados naturalmente com *A. abstrusus* (Parasita pulmonar de felinos), que foi identificado em Japaratuba, Boquim, Siriri, Propriá, Lagarto, Barra dos Coqueiros, Neópolis, e outros nematódeos de vida livre. Em que também foi identificado pela primeira vez em Sergipe o *Cruzia tentaculata* (parasita do intestino grosso de Gambá) em Barra dos Coqueiros, Siriri, Japaratuba, Lagarto, Itabaiana e Boquim. Nematódeos de vida livre também foram identificados em 18 municípios estudados, estes por fim até o momento foi identificado uma espécie como *Caenorhabditis briggsae*. Estes nematódeos de vida livre ocasionalmente estão em todo o estado no mesmo ambiente de preferência de *A. fulica*, em que podem passar pelo sistema digestivo do caracol africano e são eliminados pelas fezes, utilizando o caracol africano como um hospedeiro forético.

Em relação a nematódeos de interesse a saúde pública, os resultados dessa pesquisa trazem a primeira confirmação de *A. cantonensis* em Riachão dos Dantas e também como relatado anteriormente em outras pesquisas, a permanência e ocorrência dessa espécie de parasito em municípios do Território da Grande Aracaju (Aracaju, São Cristóvão e Nossa Senhora de Socorro). A rápida dispersão descontrolada de *A. fulica* e roedores sinantrópicos, tem contribuído para a propagação de *A. cantonensis* em nível mundial, Brasil e sendo evidenciado nesse estudo que este parasita já chega a municípios pertencentes a territórios mais centralizados como o Centro Sul.

Os resultados do presente estudo trazem a confirmação de que o caracol gigante africano se desenvolve de maneira diferente nos oito territórios de Sergipe e foi observada um melhor desenvolvimento dos moluscos no período seco (KR> 1). O crescimento alométrico

de *A. fulica* apresentou-se com valor próximo do ideal 3,0 no período seco de 2019 e alométrico positivo ($b=3,04$) no verão de 2020. Identificando que essa espécie de molusco apresenta uma melhor relação entre massa e comprimento principalmente no período seco em Sergipe. Além disso, quando comparado o crescimento alométrico com o pH do solo, houve uma correlação negativa, em que os indivíduos juvenis e jovens podem ter sofrido mais influências desfavoráveis da acidez desse substrato, ocorrendo a maior frequência de *A. fulica* adultos jovens e no ambiente com com pH neutro. Quanto as variáveis climáticas a precipitação tem influenciado de forma positiva na frequência de exemplares de *A. fulica*.

Ao realizarmos a aplicação da regressão logística binária, visamos remeter possíveis relações entre as variáveis climáticas e quantitativa do pH do solo. Dessa forma, o modelo matemático criado por meio da adição de variáveis como “período (seco ou chuvoso), umidade, precipitação e pH do solo apresentaram significância estatística visto que, os municípios que apresentaram tais fatores em associação apresentaram mais chances de ter a presença da *Achatina fulica*, com uma concordância forte entre esses fatores supra citados ($K=0,849$), sendo que o modelo apresentou uma taxa de acerto de 94,1% da amostra testada.

Municípios que ainda não registraram a presença do caracol gigante africano deveriam investir em medidas preventivas, como campanhas de conscientização para que a população local não transporte esse caracol e seja capaz de detectar a introdução deste molusco em sua fase inicial, facilitando consideravelmente o controle da invasão. Considerando o nível atual de infestação do estado de Sergipe, se faz necessário medidas de educação continuada à comunidade, junto a Secretarias de saúde, endemias e prefeituras com o intuito de realizar o melhor controle malacológico e erradicação dessa espécie invasora.

Esse é um estudo pioneiro de ecologia de *A. fulica* em que são relacionados a massa-comprimento incluindo o fator de condição relativo com variáveis climáticas e químicas do solo, sendo possível evidenciar o bem-estar e grau de desenvolvimento dessa espécie na região Nordeste, Sergipe. Ressalta-se que a interação entre a espécie *A. fulica* e as espécies nativas que se tornaram uma nova preocupação na ecologia da doença e pode resultar no aumento da dispersão de parasitas, trazendo riscos também a saúde pública. Com isso, o presente estudo traz subsídios a respeito da ocorrência, características e desenvolvimento de *A. fulica* em Sergipe em que nossos dados, incluindo o modelo matemático preditivo possa servir de base em outros cenários ambientais e que também possam subsidiar e otimizar ações de controle de *A. fulica*, e dessa forma contribuir para a promoção da saúde humana e ambiental.

APÊNDICE A – FICHA DE CAMPO

MUNICÍPIO: _____ BAIRRO: _____ Nº COLETA : _____
 GEORREFERENCIAMENTO: _____ (° ‘ “) DATA DA COLETA: ____/____/____ Nº PARCELA _____
 TERRITÓRIO DE SERGIPE: _____

Dados- Análise Ambiental Parcela

Temperatura: _____ Humidade _____ Tempo: ☐ Nublado ☐ Parcialmente Nublado
 Precipitação _____ (mm) ☐ Ensolarado ☐ Chuvoso

☐ Vegetação Rasteira ☐ Manutenção da Área ☐ Rios ☐ Córregos
☐ Construção Inacabada ☐ Terreno Baldio ☐ Casas Próximas
 Esgotamento Sanitário: ☐ Ausente ☐ Presente

☐ Presença de lixo doméstico
☐ Presença de Ratos
☐ Presença de Animal Doméstico
☐ Presença de Hortas (Vegetais)
☐ Características do Solo
☐ Solo Húmido ☐ Solo Seco

Nº *A. fulica* Estivação:

Nº *A. fulica* Ativas:

Nº *A. fulica* em Repouso

Presença de ovos de *A. fulica*:

Observações Parcela:

APÊNDICE B – REGISTRO DE MOLUSCOS COLETADOS NOS MUNICÍPIOS DE SERGIPE E DEPOSITADOS NA COLEÇÃO DE MOLUSCOS DO INSTITUTO OSWALDO CRUZ - CMIOC, FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ, RIO DE JANEIRO, 2021.

Registro n° tombo	Imagem	Nome Científico	Autor e Ano	Território	Município
12835		<i>Achatina fulica</i>	(Bowdich, 1822)	Grande Aracaju	Aracaju
12089		<i>Subulina octona</i>	(Brugüière, 1789)	Grande Aracaju	Aracaju
19090		<i>Allopeas micra</i>	(Orbigny, 1835)	Grande Aracaju	Aracaju
12825		<i>Achatina fulica</i>	(Bowdich, 1822)	Grande Aracaju	Barra dos Coqueiros
12824		<i>Cyclodontina fasciata</i>	(Potiez & Michaud, 1838)	Grande Aracaju	Barra dos Coqueiros
12842		<i>Achatina fulica</i>	(Bowdich, 1822)	Grande Aracaju	São Cristóvão
12829		<i>Achatina fulica</i>	(Bowdich, 1822)	Sul	Estância
12840		<i>Achatina fulica</i>	(Bowdich, 1822)	Sul	Salgado
12820		<i>Achatina fulica</i>	(Bowdich, 1822)	Sul	Boquim

Registro n° tombo	Imagem	Nome Científico	Autor e Ano	Território	Município
12821		<i>Bulimulus tenuissimus</i>	(Orbigny, 1835)	Centro Sul	Boquim
12819		<i>Bulimulus tenuissimus</i>	(Orbigny, 1835)	Centro Sul	Tobias Barreto
12826		<i>Achatina fulica</i>	(Bowdich, 1822)	Centro Sul	Lagarto
12832		<i>Achatina fulica</i>	(Bowdich, 1822)	Centro Sul	Riachão dos Dantas
12830		<i>Achatina fulica</i>	(Bowdich, 1822)	Leste	Rosário do Catete
12831		<i>Bulimulus tenuissimus</i>	(Orbigny, 1835)	Leste	Rosário do Catete
12838		<i>Achatina fulica</i>	(Bowdich, 1822)	Leste	Japaratuba
12839		<i>Cyclodontina fasciata</i>	(Potiez & Michaud, 1838)	Leste	Japaratuba
12836		<i>Achatina fulica</i>	(Bowdich, 1822)	Leste	Siriri
12833		<i>Achatina fulica</i>	(Bowdich, 1822)	Agreste Central	Itabaiana

Registro nº tombo	Imagem	Nome Científico	Autor e Ano	Território	Município
12822		<i>Achatina fulica</i>	(Bowdich, 1822)	Agreste Central	Areia Branca
12088		<i>Bulimulus tenuissimus</i>	(Orbigny, 1835)	Agreste Central	São Domingos
12086		<i>Cyclodontina fasciata</i>	(Potiez & Michaud, 1838)	Médio Sertão	Feira Nova
12823		<i>Achatina fulica</i>	(Bowdich, 1822)	Médio Sertão	Nossa Senhora das Dores
12827		<i>Achatina fulica</i>	(Bowdich, 1822)	Baixo São Francisco	Neópolis
12837		<i>Achatina fulica</i>	(Bowdich, 1822)	Baixo São Francisco	Pacatuba
12834		<i>Achatina fulica</i>	(Bowdich, 1822)	Baixo São Francisco	Propriá
11871		<i>Cyclodontina fasciata</i>	(Potiez & Michaud, 1838)	Alto Sertão	Gararu
12841		<i>Achatina fulica</i>	(Bowdich, 1822)	Alto Sertão	Nossa Senhora da Glória

Fonte: Acervo pessoal.

APÊNDICE C – EQUAÇÃO REPRESENTANDO O MODELO MATEMÁTICO CONSTRUÍDO A PARTIR DE VARIÁVEIS CLIMÁTICAS E pH DO SOLO, TERRITÓRIOS DE SERGIPE, 2019 E 2020.

$$Presença\ de\ Achatina\ fulica = \frac{e^{(-117,502 + [30,548] * a + [0,300] * b + [67,965] * c + [8,307] * d)}}{1 + e^{(-117,502 + [30,548] * a + [0,300] * b + [67,965] * c + [8,307] * d)}}$$

APÊNDICE D – REGISTRO FOTOGRÁFICO DE EXEMPLARES DE MOLUSCOS COLETADOS NOS MUNICÍPIOS DE SERGIPE, BRASIL, 2021.

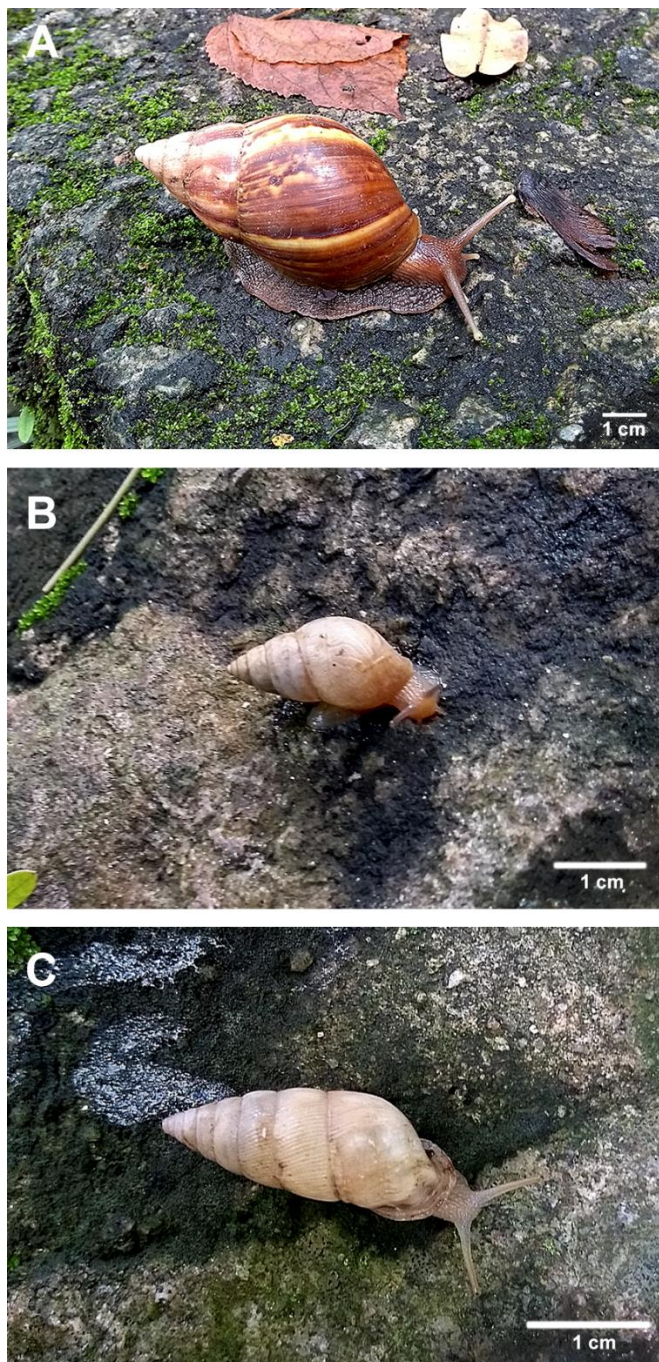


FIGURA APÊNDICE D. A) Exemplar de *Achatina fulica* Bowdich 1822 B) *Bulimulus tenuissimus* (Orbigny, 1835) e C) *Cyclodontonina fasciata* (Poetiz; Michaud, 1835) coletados em Sergipe, Brasil, 2021. **Fonte:** Acervo Pessoal.

**APÊNDICE E – *Achatina fulica* EM FASE ATIVA EM ÁREA URBANA
NO MUNICÍPIO DE ROSÁRIO DO CATETE, SERGIPE, BRASIL, 2020.**



Fonte: Acervo pessoal.

APÊNDICE F – REGISTROS FOTOGRÁFICO DAS PARCELAS, TERRITÓRIO DA GRANDE ARACAJU.



Figura APÊNDICE F. Fotos caracterização de locais de coleta malacológica no território da Grande Aracaju. **Aracaju**, A- Conchas de *A. fulica* no jardim, B- *A. fulica* ativa procurando refúgio sob as pedras, C- Jardim onde foi encontrado ovos de *A. fulica*; D- *A. fulica* em repouso próximo a pares de cimento (local úmido da parcela); **São Cristóvão**, E- Vegetação rasteira, arbusto e construção inacabada, F- Lixo e moveis abandonados no local onde foi achado *A. fulica* vivo, G- *A. fulica* se refugiando na vegetação seca; H- Conchas vazias de *A. fulica* e ovos liberados no solo; **Barra dos Coqueiros**, I- Conchas vazias de *A. fulica*, J- Conchas de *A. fulica* próximos ao caule do coqueiro, K- Moluscos em folhas de plantas. L- Concha de *A. fulica* morta de 10,2cm.

APÊNDICE G – REGISTROS FOTOGRÁFICO DAS PARCELAS, TERRITÓRIO DO SUL SERGIPANO.



Figura APÊNDICE G. Fotos caracterização de locais de coleta malacológica no território do Sul Sergipano. **Estância**, A- Vegetação rasteira, arbusto e construção inacabada, B- Lixo, vegetação rasteira e *A. fulica* ativa, C- *A. fulica* se refugiando na vegetação morta, D- *A. fulica* jovens encontradas enterradas no solo; **Boquim**, E- Vegetação rasteira, lixo, arbusto e construção inacabada, F- Arbustos, G- Caixa bomba de água que os moluscos usam como refúgio; **Salgado**, I- Vegetação rasteira, lixo, arbusto e construção inacabada, J- *A. fulica* se refugiando nas rachaduras da parede, K- moluscos folhas e plantas queimadas, L – Parcela com vegetação alta e utilizada como depósito de blocos(material de construção).

APÊNDICE H – REGISTROS FOTOGRÁFICO DAS PARCELAS, TERRITÓRIO DO CENTRO SUL SERGIPANO.



Figura APÊNDICE H. Fotos caracterização de locais de coleta malacológica no território do Centro Sul Sergipano. **Lagarto**, A- *A. fulica* na saída de esgoto, B- *A. fulica* enterrado próximo a parede, C- Vegetação rasteira, lixo, arbusto, mudas de roupas e construção inacabada; D- Coleta nas extremidades da parcela, próximo a paredes e esgoto a céu aberto; **Tobias Barreto**, E – Lixo, e vegetação rasteira seca, F- Lixo, e vegetação rasteira seca, dejetos humanos, G- Vegetação rasteira, lixo, arbusto, dejetos humanos e construção inacabada, H- Vegetação rasteira, lixo, entulhos; **Riachão do Dantas**, I- Conchas vazias de moluscos, arbusto, lixo e vegetação rasteira, J- *A. fulica* se refugiando nas rachaduras da parede e fezes ressecadas do animal, K- *A. fulica* se refugiando na caixa da bomba de água, L- Solo úmido, *A. fulica* juntas próximo a parede, enterradas.

APÊNDICE I – REGISTROS FOTOGRÁFICO DAS PARCELAS, TERRITÓRIO DO AGRESTE CENTRAL SERGIPANO.



Figura APÊNDICE I. Fotos caracterização de locais de coleta malacológica no território do Agreste Central Sergipano. **Itabaiana**, A- Conchas vazias de *A. fulica* morta, solo seco e lixo, B- Arbusto e construções inacabadas, C- Vegetação rasteira, lixo, arbusto e *A. fulica* coletado no local, D – Blocos(materiais de construção) e lixo na parcela; **Areia Branca**, E- *A. fulica* sob os escombros da construção, F- *A. fulica* se refugiando nos blocos da construção, G- *A. fulica* se refugiando nos blocos da construção; H- *A. fulica* encontradas dentro de lixo, incluindo uma fralda com dejetos humanos; **São Domingos**, I- Vegetação rasteira, lixo, arbusto, fezes de animais domésticos, J- Concha do molusco, K- Vegetação rasteira, lixo, arbusto, fezes de animais domésticos, L – Ausência de lixo, presença de restos de construção nas proximidades de paredes de casa, encontrado conchas de *Bulimulus tenuissimus*.

APÊNDICE J – REGISTROS FOTOGRÁFICO DAS PARCELAS, TERRITÓRIO DO LESTE SERGIPANO.



Figura APÊNDICE J. Fotos caracterização de locais de coleta malacológica no território do Leste Sergipano. **Rosário do Catete**, A- Vegetação rasteira, lixo e concha de *A. fulica*, B- *A. fulica* ativa se locomovendo na vegetação rasteira, C- *A. fulica* próximo a parede de blocos; D - *A. fulica* próximo a parede de blocos e características de solo úmido; **Siriri**, E- *A. fulica* no jardim, F- Vegetação rasteira, arbusto e *A. fulica* coletado, G- Ambiente que a população fez a manutenção; H – Exemplares de *A. fulica* e presença de ovos; **Japaratuba**, I- aglomeração de *A. fulica* sob as pedras, J- *A. fulica* se refugiando sob os arbustos, K- *A. fulica* presente em repouso em ambiente em que foi feito a manutenção com ausência de lixo e entulhos, L- Exemplares de *A. fulica* encontrados debaixo e entre os blocos (material de construção).

APÊNDICE K – REGISTROS FOTOGRÁFICO DAS PARCELAS, TERRITÓRIO DO MÉDIO SERTÃO SERGIPANO.



Figura APÊNDICE K. Fotos caracterização de locais de coleta malacológica no território do Médio Sertão Sergipano. **Nossa Senhora das Dores**, A- *A. fulica* próximo ao arbusto, B- Vegetação rasteira, lixo, parede de blocos e madeira para lenha, C- *A. fulica* se refugiando sob os arbustos; D – *A. fulica* encontrada debaixo de lixo, incluindo papel e pedaços de madeira; **Cumbe**, E- Açude e canoas para pesca, F- Vegetação rasteira nas margens do açude, G- Açude interditado pela prefeitura de Cumbe; H, Vegetação rasteira e ausência de lixo; **Feira Nova**, I- Arbusto, solo arenoso e açude seco, J- Vegetação rasteira, arbusto, solo arenoso húmido e açude, K- Conchas varias de *Cyclodontina fasciata*. L – Vegetação rasteira, ausência de conchas de moluscos.

APÊNDICE L – REGISTROS FOTOGRÁFICO DAS PARCELAS, TERRITÓRIO DO ALTO SERTÃO SERGIPANO.



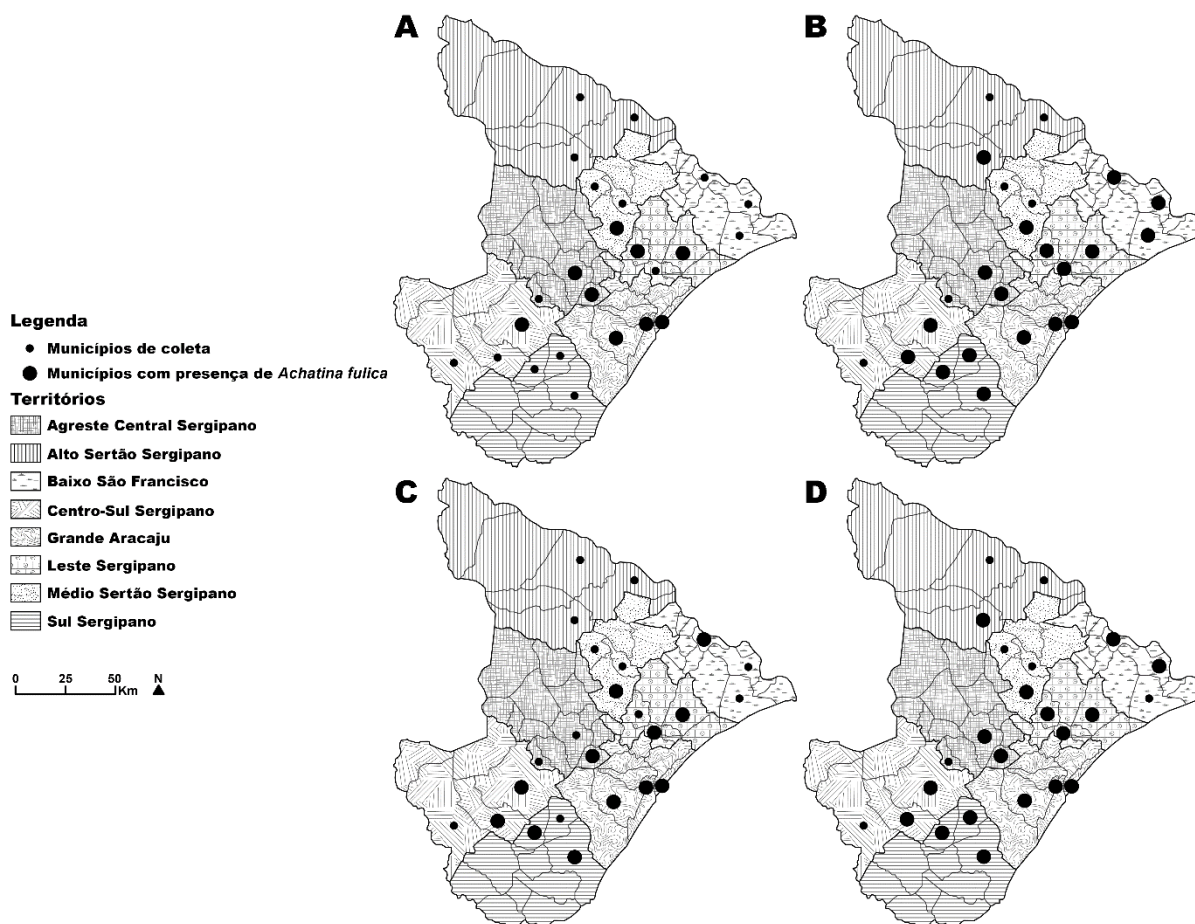
Figura APÊNDICE L. Fotos caracterização de locais de coleta malacológica no território do Alto Sertão Sergipano. **Nossa Senhora das Glórias**, A- Vegetação rasteira, lixo e construção inacabada, B- *A. fulica* ao lado da saída de esgoto, C- *A.fulica* na parede de concreto, D – Vegetação rasteira e seca, presença de lixos e conchas vazias de *A. fulica*; **Porto da Folha**, E- Vegetação rasteira, lixo e arbusto, F- Arbusto e parede de blocos, G- Vegetação rasteira, lixo e arbusto; H – Vegetação rasteira, presença de lixo; **Gararu**, I- Vegetação rasteira, arbusto, lixo e construção inacabada, J- Vegetação rasteira e lixo K- Vegetação rasteira, arbusto, lixo, entulhos, L – Vegetação rasteira, lixo e a presença de exemplares de *C. fasciata* nas paredes das casas.

APÊNDICE M – REGISTROS FOTOGRÁFICO DAS PARCELAS, TERRITÓRIO DO BAIXO SÃO FRANCISCO SERGIPANO.



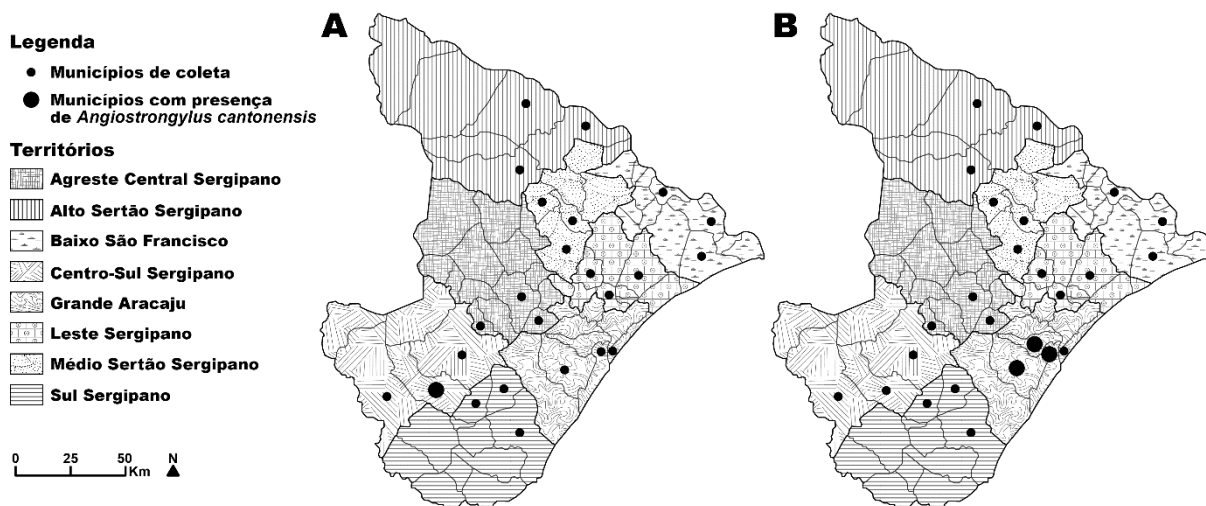
Figura APÊNDICE M. Fotos caracterização de locais de coleta malacológica no território do Baixo São Francisco Sergipano. **Propriá**, A- Vegetação rasteira, lixo e construção inacabada, B- *A. fulica* utilizando arbusto como refúgio, C- Terreno alagadiço devido a escoamento de esgoto com presença de lixo, vegetação rasteira, e vegetação morta, D- Concha vazia de *A. fulica* encontrada entre lixos e em solo encharcado(água proveniente de esgoto a céu aberto); **Neópolis**, E- Vegetação rasteira, lixo, construção inacabada e o rio São Francisco, F- *A. fulica* em repouso na vegetação rasteira, G- Concha de *A. fulica* com ovos nas pedras, H- Moluscos *A. fulica* encontrado próximo a paredes, extremidades da parcela; **Pacatuba**, I- Vegetação rasteira, arbusto e construção inacabada, J- coleta de *A. fulica* que estava usando blocos como refúgio, K- Concha de *A. fulica* e vegetação rasteira, L – Exemplos de *A. fulica* coletados entre blocos (material de construção).

APÊNDICE N – LOCAIS DE COLETA E PRESENÇA DE *Achatina fulica* DURANTE AS COLETAS NO PERÍODO SECO E CHUVOS DE 2019 E 2020, NOS TERRITÓRIOS DE SERGIPE.



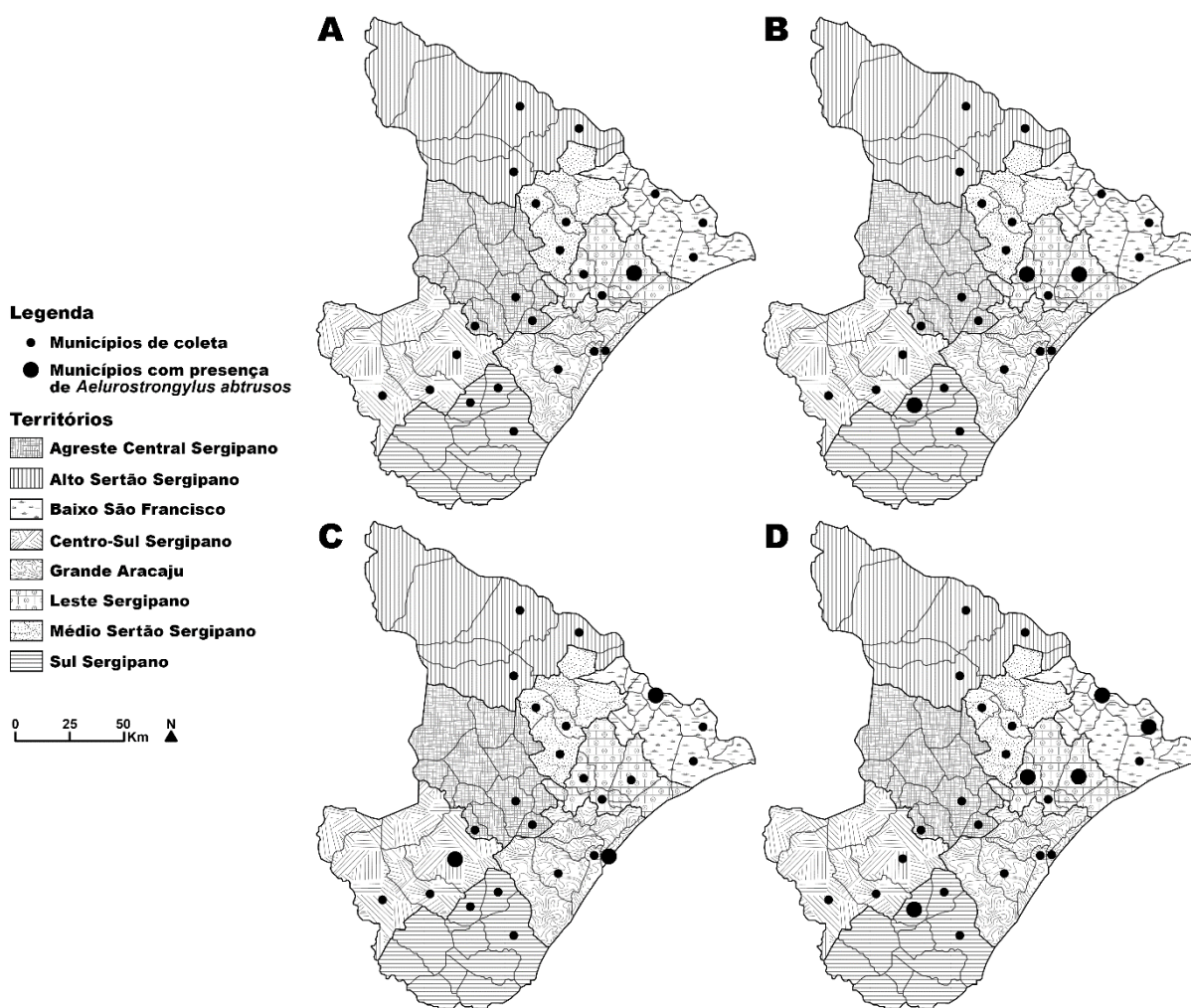
A) Presença de *A. fulica*, coleta em 09 parcelas dos Territórios pesquisados: Lagarto, Nossa Senhora das Dores, Barra dos Coqueiros, Japaratuba, Aracaju, São Cristóvão, Areia Branca, Itabaiana e Siriri. **B)** No período chuvoso de 2019, foram coletados *A. fulica* em 18 parcelas: Japaratuba, Itabaiana, Nossa Senhora da Glória, Estância, Salgado, Pacatuba, Boquim, Riachão dos Dantas, Lagarto, Neópolis, Rosário do Catete, Barra dos Coqueiros, Aracaju, São Cristóvão, Areia Branca, Siriri, Nossa Senhora das Dores e Propriá. **C)** *A. fulica* coletados em 12 parcelas nos municípios de Rosário do Catete, Boquim, Riachão dos Dantas, Areia Branca, Nossa Senhora das Dores, Lagarto, Propriá, Estância, Japaratuba, Aracaju, São Cristóvão e Barra dos Coqueiros. **D)** Período chuvoso de 2020, *A. fulica* coletada em 17 parcelas nos municípios de: Nossa Senhora da Glória, Nossa Senhora das Dores, Rosário do Catete, Neópolis, Propriá, Salgado, Boquim, Estância, Lagarto, Siriri, Japaratuba, Barra dos Coqueiros, Areia Branca, Riachão dos Dantas, Itabaiana, Aracaju e São Cristóvão.

APÊNDICE O – MUNICÍPIOS COM A PRESENÇA DE *Angiostrongylus cantonensis*, ASSOCIADOS AO MOLUSCO *A. fulica* EM SERGIPE.



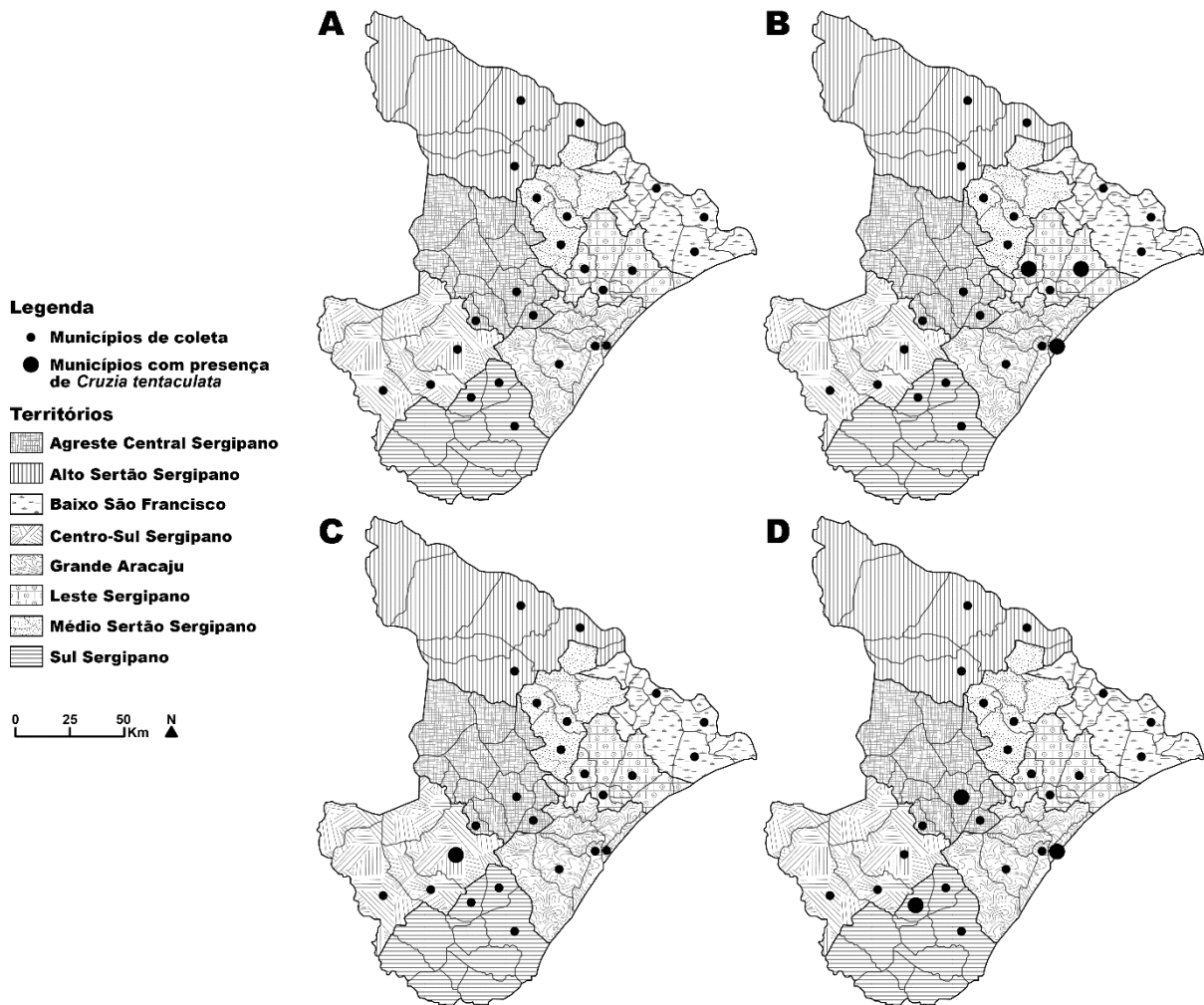
A) Presença de *A. fulica* associada ao nematódeo *A. cantonensis* no município de Riachão dos Dantas, referente a coleta do período seco de 2020. **B)** Coletas pontos extra referente aos locais pesquisados por Ramos-de-Souza *et al.*, (2018). Presença de *A. fulica* associada ao nematódeo *A. cantonensis* nos municípios de Aracaju, São Cristóvão e Nossa Senhora de Socorro, coleta período seco e chuvoso de 2021.

APÊNDICE P – MUNICÍPIOS COM A PRESENÇA DE *Aelurostrongylus abstrusus*. COLETAS NO PERÍODO SECO E CHUVOSO DE 2019 E 2020.



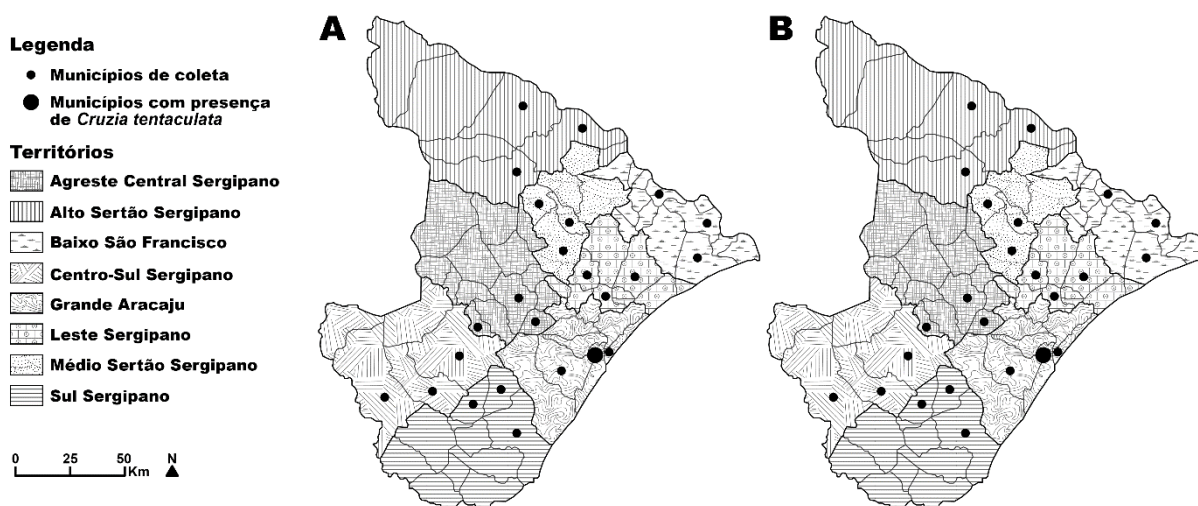
A) Presença de *A. fulica* associada ao nematódeo *Aelurostrongylus abstrusus* no município de Japarutuba no período seco de 2019. **B)** Presença de *A. fulica* com *A. abstrusus* nos municípios de Boquim, Siri e Japarutuba, período chuvoso de 2019. **C)** Presença de *A. fulica* com *A. abstrusus* nos municípios de Lagarto, Barra dos Coqueiros e Propriá, período seco de 2019. **D)** Presença de *A. fulica* com *A. abstrusus* nos municípios de Boquim, Japarutuba, Siriri, Neópolis e Propriá, período chuvoso de 2020.

APÊNDICE Q – MUNICÍPIOS COM A PRESENÇA DE *Cruzia tentaculata*. COLETAS NO PERÍODO SECO E CHUVOSO DE 2019 E 2020.



A) Ausência de *A. fulica* associada ao nematódeo *Cruzia tentaculata* no período seco de 2019. **B)** Presença de *A. fulica* com *C. tentaculata* nos municípios de Barra dos Coqueiros, Siri e Japaratuba, período chuvoso de 2019. **C)** Presença de *A. fulica* com *C. tentaculata* no município de Lagarto, período seco de 2019. **D)** Presença de *A. fulica* com *C. tentaculata* nos municípios de Barra dos Coqueiros, Itabaiana e Boquim, período chuvoso de 2020.

APÊNDICE R – MUNICÍPIOS COM PARCLEAS COM A PRESENÇA DE *Cruzia tentaculata*, PONTOS EXTRAS TERRITÓRIO DA GRANDE ARACAJU, 2020.



A) Presença de *A. fulica* associada ao nematódeo *Cruzia tentaculata* em Aracaju, no período seco de 2020. **B)** Presença de *A. fulica* com *C. tentaculata* no município de Aracaju, período chuvoso de 2020. Coletas pontos extra referente aos locais pesquisados por Ramos-de-Souza *et al.*, (2018).

APÊNDICE S – CONTRIBUIÇÃO EXTRA. CONCHAS DE MOLUSCOS COLETADOS NOS MUNICÍPIOS DE SERGIPE E DO ESTADO DA BAHIA, BRASIL. DEPOSITADOS NA COLEÇÃO DE MOLUSCOS DO INSTITUTO OSWALDO CRUZ - CMIOC, RIO DE JANEIRO, 2021.

Registro nº de tombo	Imagem	Nome Científico	Autor e Ano	Município
11872		<i>Bulimulus tenuissimus</i>	(d' Orbigny, 1835)	Ribeirópolis - SE
11873		<i>Melanoides tuberculata</i>	(Müller, 1774)	Cumbe- SE
12085		<i>Pomacea</i> sp.	-	Feira Nova - SE
12087		<i>Pomacea</i> sp.	-	Cumbe- SE
12814		<i>Rhinus Duros</i>	(Spix, 1827)	São Gabriel - BA
12815		<i>Anctus Laminiferus</i>	Acney (1888)	São Gabriel - BA

Registro nº de tombo	Imagem	Nome Científico	Autor e Ano	Município
12816		<i>Cyclodontina fasciata</i>	(Potiez & Michaud, 1838)	São Gabriel - BA
12817		<i>Megalobulimus</i> sp.	-	São Gabriel - BA
12818		<i>Bradybaena similaris</i>	(Férussac, 1821)	Irecê - BA

Fonte: Acervo Pessoal.