

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE ANIMAL**

**DINÂMICA ESPACIAL, MIGRAÇÃO E
PREFERÊNCIA DE MICRO-HABITAT DE *AEGLA
LONGIROSTRI* BOND-BUCKUP E BUCKUP, 1994
(CRUSTACEA, ANOMURA, AEGLIDAE)**

TESE DE DOUTORADO

Joele Schmitt Baumart

Santa Maria, RS, Brasil

2014

**DINÂMICA ESPACIAL, MIGRAÇÃO E PREFERÊNCIA DE
MICRO-HABITAT DE *AEGLA LONGIROSTRI* BOND-BUCKUP E
BUCKUP, 1994 (CRUSTACEA, ANOMURA, A EGLIDAE)**

Joele Schmitt Baumart

Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Biodiversidade Animal, da
Universidade Federal de Santa Maria, como requisito para obtenção do grau de
Doutor em Ciências Biológicas – Área Biodiversidade Animal

Orientador: Prof. Sandro Santos

Santa Maria, RS, Brasil

2014

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Schmitt Baumart, Joele
DINÂMICA ESPACIAL, MIGRAÇÃO E PREFERÊNCIA DE MICRO-
HABITAT DE AEGLA LONGIROSTRI BOND-BUCKUP E BUCKUP, 1994
(CRUSTACEA, ANOMURA, AEGLIDAE) / Joele Schmitt Baumart.-
2014.

113 p.; 30cm

Orientador: Sandro Santos
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de
Pós-Graduação em Biodiversidade Animal, RS, 2014

1. Anomura 2. Ecologia 3. Área de Vida 4. Dinâmica
Populacional I. Santos, Sandro II. Título.

© 2014

Todos os direitos autorais reservados a Joele Schmitt Baumart. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

Fone: (55)99526780. E-mail: jobaumart@gmail.com

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE ANIMAL

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Tese de Doutorado

**DINÂMICA ESPACIAL, MIGRAÇÃO E PREFERÊNCIA DE MICRO-
HABITAT DE *AEGLA LONGIROSTRI* BOND-BUCKUP E BUCKUP, 1994
(CRUSTACEA, ANOMURA, AEGLIDAE)**

elaborada por

Joele Schmitt Baumart

como requisito parcial para obtenção do grau de

Doutor em Ciências Biológicas – Área Biodiversidade Animal

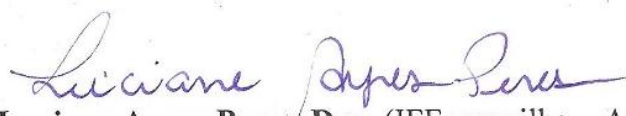
COMISSÃO EXAMINADORA:


Sandro Santos, Dr.

(Presidente/Orientador)



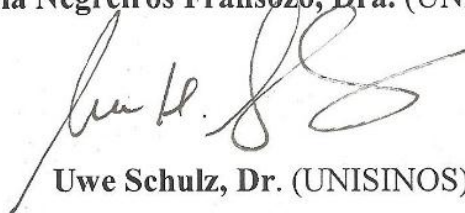
Daniela Castiglioni, Dra. (UFSM/CESNORS)



Luciane Ayres-Peres, Dra. (IFFarroupilha – Alegrete)



Maria Lucia Negreiros Fransozo, Dra. (UNESP- Botucatu)


Uwe Schulz, Dr. (UNISINOS)

Santa Maria, 25 de fevereiro de 2014.

Dedico este estudo aos meus pais Abílio e Lorena, e ao meu marido Alberto que sempre estiveram ao meu lado, apoiando minhas decisões.

AGRADECIMENTOS

Agradeço,

Ao meu orientador Sandro Santos, meu pai científico, pela acolhida em seu laboratório, me inserido no mundo científico desde minha graduação, hoje já somamos quase dez anos trabalhando juntos, e só posso ser muito grata a ti por ter tido durante todos esses anos calma e clareza para me guiar. Durante todo este tempo sempre apoiou e deu suporte não só a mim, mas também aos colegas que estiveram/estão no laboratório conosco. Não tenho palavras para agradecer tudo o que fizestes por mim, muito do que sou hoje é graças a sua influência.

A CAPES pelo auxílio financeiro.

Ao IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente) pela licença de coleta e manuseio dos animais (número 141180-1, de 04 de dezembro de 2007).

Ao Programa de Pós Graduação em Biodiversidade Animal, pelo suporte e estrutura. Principalmente ao secretário do curso Sidnei Cruz, que sempre nos atende com muita solicitude e bom humor, mesmo nos momentos mais tensos. E aos professores do programa, especialmente às professoras Sonia Cechin, Carla B. Kotzian, Ana Beatriz B. de Moraes e Marlise L.B Santos, que sempre me apoiaram e me incentivaram nos momentos mais decisivos da minha jornada, suas palavras e carinho com que sempre me trataram foram muitas vezes como a luz de um farol para um navegador perdido em meio a uma tempestade.

Ao professor e amigo Miguel Durlo, que me permitiu invadir sua propriedade para realizar minha pesquisa, podendo ter a tranquilidade de estar trabalhando em um lugar seguro. Aquela cabana que nos cedera tem história. Obrigada pelo incentivo e carinho, que algumas vezes vinha na forma de palavras, gestos ou de torradinhas, conservas, salaminhos, pães e outras guloseimas no cair da noite.

Aos moradores de Vale Vêneto, que nos acolheram pelo pseudônimo de “Os Guris do Miguel, sempre atentos aos nossos passos e solícitos quando precisávamos.

Ao professor Mauricio A. Lima, que me aceitou em seu laboratório sem nem me conhecer, e por me ensinar tanta coisa em tão pouco tempo, foram quatro meses intensos, de muita discussão e aprendizado, não tenho palavras para agradecer o tempo que cedeu pra mim, parando suas atividades, e me ensinado a ver a ecologia por trás daqueles cálculos assustadores. Aprendi contigo muito mais que teorias de ecologia de populações, aprendi que “conhecimento é prata e paciência é ouro!”.

Aos chilenos por terem me recebido tão bem em seu país. Principalmente aos amigos da república Orquídeas, chilenos, panamenhos, guatemaltecos, mexicanos, estadunidenses, alemães, italianos, franceses, escoceses, mas principalmente minha argentina preferida Luciana Bibiloni, e minhas brasileiras inconfundíveis Elisa Bueno e Thais Romaro. Aguentar a saudade dos que amamos fica muito mais fácil quando temos “sextas-feiras tortas”, vocês são realmente muito especiais pra mim.

Aos meus velhos amigos, que sempre estiveram ao meu lado, falando coisas sérias, filosofando a vida, lembrando o passado e fazendo planos para o futuro. Obrigada por entenderem minha ausência em momentos muito importantes pra vocês, obrigada por tudo Jaqueline Golombieski, Gisele Winck, Geórgia Coelho, Nina Mota, Carlise Pereira.

E a turma do laboratório heim! Gente pra lá de boa, amigos pra vida, sempre dispostos a ajudar. As mesmas angústias, os mesmos anseios, e muita cumplicidade. Não teria conseguido sem essa gente, obrigada por tudo Gláucia Cogo, Marcelo Dalosto, Alexandre Palaoro, Cristiane Biasi, Aimée Siqueira, Juliana Resende, Diogo Sousa, Eduardo Oliveira, Marcelo Crivellaro, Cristina Cerezer, e a todos os outros que passaram por ali.

E o obrigada mais doce pra minha querida primeira co-orientada Amanda Marchiori, espero ter podido te passar alguma coisa, pois pra mim você ensinou muito, e ter alguém que te conhece só de olhar não é pra qualquer um.

E, finalmente pra minha família, à estes não tenho palavras para agradecer tudo o que já fizeram por mim. Meu pai Abílio e minha mãe Lorena, que são exemplos de pais, sempre me incentivando nas horas de maior desânimo, os amo demais da conta, e tenho muito orgulho de ser filha de vocês. Meus irmãos Jaime, Juliana e Geandro (*in memoriam*) que souberam aceitar meu tempo de fazer as coisas, e entenderam minha ausência. As minhas sobrinhas mais amadas Aline, Giana e Geandra, pelos sorrisos e abraços sem cobranças. Minhas cunhadas, Marta e Mariana, meu cunhado Gustavo, minha sogra Heloísa, por sempre me apoiarem.

E ao meu marido, Alberto Senra-Gonçalves, esse sim aguentou muita coisa comigo. Meu bem sei que não foi nada fácil, mas sem você do meu lado não tenho certeza se conseguiria fechar esse ciclo inteira! Te amo, e estou do teu lado!

Obrigada também à todas as outras pessoas que estiveram de alguma forma envolvidas com a minha jornada científica.

RESUMO

Tese de Doutorado

Programa de Pós Graduação em Biodiversidade Animal

Universidade Federal de Santa Maria

DINÂMICA ESPACIAL, MIGRAÇÃO E PREFERÊNCIA DE MICRO-HÁBITAT DE *AEGLA LONGIROSTRI* BOND-BUCKUP E BUCKUP, 1994 (CRUSTACEA, ANOMURA, AEGLIDAE)

AUTORA: JOELE SCHMITT BAUMART

ORIENTADOR: SANDRO SANTOS

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 25 de fevereiro de 2014.

A compreensão dos processos de dinâmica populacional é fundamental para se avaliar a viabilidade (saúde) de uma população. Grande parte desses processos estão estreitamente relacionados com a densidade de organismos da população estudada. Estes dados podem revelar como a população está distribuída no ambiente e, em condições de adversidade ambiental, é possível prever a ocorrência de dispersão/migração. Neste estudo, alicerçado nos fatores ecológicos e biológicos do aeglídeo *Aegla longirostri* foram investigados: (i) estimativa da densidade populacional, (ii) as preferências de substrato, (iii) a área de vida e (iv) os possíveis padrões de dispersão. Este estudo foi conduzido em um riacho de primeira ordem, Sanga dos Caranguejos, que se localiza na região central do Rio Grande do Sul, durante os anos de 2010 e 2011. Nas investigações sobre densidade populacional e dispersão foram utilizados coletores do tipo “covo” espaçados pelo riacho, em diferentes estações climáticas do ano. A investigação de preferência de substrato foi conduzida com o uso de calhas de PVC cobertas por malha e dispostas no riacho para o experimento em condições de densidade controlada, e com surber, para busca ativa no riacho. A análise de área de vida foi realizada com a utilização da técnica de rádio telemetria. A população em questão foi estimada em 950 indivíduos na primavera e 210 indivíduos no outono (estimativas segundo o Método Bayesiano). Com relação à preferência de substrato, verificamos que há associação ontogenética quanto à escolha. Os juvenis, nos primeiros estágios de desenvolvimento, preferem substratos arenosos, enquanto que adultos (machos e fêmeas) preferem substratos mais complexos. Estimou-se também que a

área de vida desses eglídeos varia desde 8,41 metros até, aproximadamente, 45,49 metros lineares de riacho, e que estes crustáceos apresentam comportamento de deslocamento local, já que realizam suas atividades em torno de um ponto específico do riacho. Observou-se ainda que os juvenis eglídeos, assim como os adultos, são caminhadores ativos, não sendo carregados pela correnteza de forma passiva como ocorre nas fases larvais de outros crustáceos. Suas atividades estão relacionadas com a temperatura do ambiente e com a densidade de adultos machos no riacho. Acreditamos que muito se avançou em termos de conhecimento da ecologia do grupo como um todo, e não apenas para a espécie estudada, servindo este estudo de base para estudos futuros sobre dispersão e área de vida principalmente.

Palavras-chave: Preferência de substrato; área de vida; deslocamento; dispersão; crustáceos de água doce.

ABSTRACT

PhD Thesis

Biodiversity Animal Graduate Program

Universidade Federal de Santa Maria

SPATIAL DYNAMIC, MIGRATION AND MICROHABITAT PREFERENCE OF *AEGLA LONGIROSTRI* BOND-BUCKUP E BUCKUP, 1994 (CRUSTACEA, ANOMURA, AEGLIDAE)

AUTHOR: JOELE SCHMITT BAUMART

ADVISOR: SANDRO SANTOS

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 25 de fevereiro de 2014.

Understanding the population dynamic processes is fundamental to access its viability (health). Great part of these processes is closely related to the organism densities in a studied population. These data can reveal how the population is arranged in the environment and, in adverse conditions, it is possible to forecast the occurrence of dispersion/migration. This study aims to investigate some ecological parameters of an *Aegla longirostri* population, a freshwater anomuran from the southern Brazil: (i) to estimate the population density, (ii) the substrate preference, (iii) the home range and (iv) the possible dispersion patterns. The study site was the first order stream Sanga do Caranguejo, located in the central region of Rio Grande do Sul State, during 2010 and 2011. For population density and dispersion investigation “covo” traps were used, distributed through the stream, in different times in the year. The study of the substrate preference used PVC gutters covered by mesh and arranged on the stream substrate, with controlled density population; a surber was used for active search in the stream. The home range analysis used radio telemetry techniques. The population size was estimated in 950 individuals in spring and 210 in autumn (estimated according to the Bayesian Method). With respect to the substrate preference, we found that there is an ontogenetic association regarding the choice. The juveniles, in the first development stages, prefer sandy substrates, while adults (males and females) prefer more complex substrates. The estimates of home range of eglids vary between 8,41 to approximately 45,49 linear meters of stream, and these crustaceans showed the local dislocation, once they perform their activities around a specific point in the stream. To finalize, we identified that the juveniles and adults of eglids are active walkers, not being carried by the

flow in a passive way as occurs in larvae stage in other crustaceans. Its activities are related to the environment temperature and density of adult males. We believe that the knowledge about the group has increased, however, as it is a complex group, with a rich evolutionary history, much remain to be investigated about these freshwater crustaceans.

Keywords: Substrate preference; home range; displacement; dispersion; freshwater crustacean.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO 2- Microhabitat selection by Aeglidae (Crustacea, Anomura) in Neotropical streams

Figure 1: *Aegla longirostri* – Substrate choice with the respective occupation frequencies, obtained experimentally in a natural environment, south Brazil. S: Sand; G: Gravel, R: Rock; S+G: Sand + Gravel; S+R: Sand + Rock; G+R: Gravel + Rock. Juv: Juvenile; Fem: Females; Mal: Males.- - - - - **54**

Figure 2: *Aegla longirostri* – Percentage of collected individuals in each type of evaluated substrate (microhabitat), to stream in south Brazil. R: Rock; S+G: Sand + Gravel; S+R: Sand + Rock; G+R: Gravel + Rock. J1: Juvenile 1, J2: Juvenile 2, J3: Juvenile 3; Fem: Female; Mal: Male.- - - - - **55**

CAPÍTULO 3- Análise de utilização de área de rio por *Aegla longirostri*

Figura 1: Área de estudo, Sanga dos Caranguejos, localizada na região Central do Rio Grande do Sul, Brasil. Estudo de monitoramento de indivíduos machos de *Aegla longirostri* conduzido durante as primaveras de 2010 e 2011. Tons de cinza indicam diferentes formações vegetais da área.- - - - - **69**

Figura 2: Indivíduo de *Aegla longirostri*, com o transmissor aderido no cefalotórax, logo após a captura e verificação dos dados biométricos.- - - - - **71**

Figura 3: Direção de caminhada dos indivíduos de *Aegla longirostri* monitorados, partido do ponto de origem. Distâncias máximas e mínimas dadas em metros. Monitoramento realizado em Outubro de 2010 (do A1 ao A5), e em Outubro de 2011 (do A6 ao A10), estudo realizado na “Sanga dos Caranguejos”, Região Central do Rio Grande do Sul, Brasil. As barras indicam o erro padrão. - - - - - **73**

Figura 4: Representação da área do riacho utilizado por indivíduos monitorados de *Aegla longirostri*, por meio de radio telemetria. A: Indivíduos monitorados durante na primavera de 2010. B: Indivíduos monitorados durante a primavera de 2011. Estudo conduzido em riacho de primeira ordem, Sanga dos Caranguejos, região Central do Rio Grande do Sul, Brasil. O traçado entre simbolos iguais indica o trajeto máximo percorrido por cada indivíduo monitorado.- - - - - **77**

CAPÍTULO 4- fatores associados à dispersão/ migração dos juvenis de eglídeos

Figura 1: Área de estudo, Sanga dos Caranguejos, localizada na região Central do Rio Grande do Sul, Brasil. Estudo de monitoramento de indivíduos machos de *Aegla longirostri* conduzido durante as primaveras de 2010 e 2011. Tons de cinza indicam diferentes formações vegetais da área.----- **90**

Figura 2: Número de juvenis coletados durante as três campanhas amostrais (Inverno e Primavera de 2010 e Outono de 2011), correspondendo a entrada do coletor voltada para montante ou jusante. Letras diferentes indicam diferença estatística ($p < 0,05$) entre o número de juvenis coletados comparando-se as estações. Estudo realizado na Sanga do Caranguejo, na região central do Rio Grande do Sul, Brasil. Jus: jusante; Mon: montante.----- **91**

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1 - Bayesian estimation of population size in samples of freshwater decapod crustaceans: a comparison with classical methods

Table 1. Average values (\pm standard deviation) of the environmental variables recorded in spring 2010 and fall 2011. *Variables that presented a significant difference between the seasons studied ($p < 0.05$). **The rainfalls were provided by the weather station at Universidade Federal de Santa Maria for the period of 15 days, in which the study period is inserted.----- **31**

Box 1. Assumptions for statistical tests of population size used in more recent studies (Krebs, 1998; Paula, 2009a; Gotelli and Ellison, 2011).----- **35**

Table 2. Number of adult Aeglidae captured, marked and recaptured in each sampling day, in two sampling periods.----- **36**

Table 3. Estimation of the population and density size (ind.m⁻²) of *Aegla longirostri* using the estimators of Schnabel, Schumacher-Eschmeyer and the Poisson-Gamma Hierarchical Bayesian model, in two sampling climate seasons. C.I.: Credibility interval.----- **38**

CAPÍTULO 2 - Microhabitat selection by Aeglidae (Crustacea, Anomura) in Neotropical streams

Table I: *Aegla longirostri*: Mean sizes (carapace length – CL) of the animals used in the substrate experiment (Stage 1: Divisa Stream tributary), and of the registered specimens in field at Stage 2 (Vacacaí-Mirim River tributary), RS, Brazil.----- **52**

CAPÍTULO 3- Análise de utilização de área de rio por *Aegla longirostri*

Tabela 1. Valores ambientais médios para cada período de estudo, com os respectivos coeficientes de correlação de Pearson (r) entre as variáveis estudadas. Valor em negrito significa correlações significativas com $p < 0.05$. Dados medidos em riacho de primeira ordem, localizado na região central do Rio Grande do Sul, Brasil, durante a primavera de 2010 e 2011. T°C Ar: temperatura em graus Célsius do ar; T°C H₂O: temperatura em graus Célsius da água; O₂D: oxigênio dissolvido; Vel.C.: velocidade da correnteza (m/s); Desloc.: média dos deslocamentos dos indivíduos monitorados.----- **74**

Tabela 2. Dados biométricos dos indivíduos equipados com transmissores, durante os dois períodos amostrais, com sua área de vida linear (m) estimada. Estudo realizado em riacho de primeira ordem, “Sanga dos Caranguejos”, região Central do Rio Grande do Sul, Brasil. Indivíduos de *Aegla longirostri* monitorados do 1 ao 5 na primavera de 2010; e do 6 ao 10 monitorados na primavera de 2011. ----- **75**

Tabela 3. Atividade circadiana de *Aegla longirostri* no ambiente natural, indivíduos monitorados por rádio telemetria, em riacho de primeira ordem, “Sanga dos Caranguejos”, região Central do Rio Grande do Sul, Brasil. Indivíduos monitorados do 1 ao 5 na primavera de 2010; e do 6 ao 10 monitorados na primavera de 2011. Valores de p em negrito representam diferença significativa ($p < 0,05$) utilizando o Teste de Rayleigh, indicando o horário de maior atividade (movimentação).----- **76**

CAPÍTULO 4- Fatores associados à dispersão/ migração dos juvenis de eglídeos

Tabela 1. Sanga dos Caranguejos, região central do Rio Grande do Sul, Brasil. Valores médios dos fatores ambientais mensurados durante cinco dias amostrais em cada uma das campanhas experimentais. Temperaturas (°C), Oxigênio dissolvido (mg/L), Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$) e velocidade da correnteza (m/min).----- **92**

Tabela 2. *Aegla longirostri* – animais capturados em coletores do tipo covó, durante três campanhas amostrais, Inverno, Primavera (2010) e Outono (2011), para testar o padrão de deslocamento da espécie. O estudo foi conduzido no riacho de primeira ordem, Sanga dos Caranguejos, na região central do rio Grande do Sul, Brasil. Valores em negrito correspondem a presença de fêmea com filhote no coletor, valores em itálico representam fêmeas ovígeras no coletor. SME: Suspenso Margem Esquerda; SC: Suspenso Centro; SMD: Suspenso Margem Direita; FME: Fundo Margem Esquerda; FC: Fundo Centro; FMD: Fundo Margem Direita. Juv: juvenil; Fêm: Fêmea; Mac: Macho. %: porcentagem de animais capturados no coletor durante a campanha amostral.----- **96**

Tabela 3. *Aegla longirostri* - Correlação das variáveis ambientais com a densidade de animais capturados durante as três campanhas amostrais, no riacho de primeira ordem, Sanga do Caranguejo, situado na região central do Rio Grande do Sul, Brasil. Valores de r (Correlação de Pearson). T°Ar: temperatura do ar (°C); T°H₂O: temperatura da água (°C); O₂D: oxigênio dissolvido (mg/L); Cond: condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$); Vel.C.: velocidade da correnteza (m/s); Juv: juvenil; Fem: fêmea; Mac: macho.----- **97**

LISTA DE ANEXOS

- ANEXO 1:** Área onde os estudos de densidade populacional, preferência de substrato (1ª parte), utilização de área de rio e dispersão de eglídeos foram realizados. Estudo conduzido durante os anos de 2010 e 2011. Sanga do Caranguejo, Distrito de Vale Vêneto, Região central do Rio Grande do Sul, Brasil.----- **110**
- ANEXO 2:** Calha de PVC utilizado durante a primeira fase do estudo de preferência de substrato de indivíduos de *Aegla longirostri*, na primavera de 2011 (A). Coletor do tipo Surber utilizado na segunda fase do estudo de preferência de substrato de indivíduos de *Aegla longirostri* em ambiente natural (Imagem retirada de: <http://www.equiposfauna.com.br>) (B). Ambos estudos foram conduzidos em riachos de primeira ordem na região Central do Rio Grande do Sul.----- **111**
- ANEXO 3:** Indivíduo de *Aegla longirostri*, com o transmissor aderido no cefalotórax, logo após a captura e verificação dos dados biométricos (A). Indivíduo de *Aegla longirostri* monitorado visualizado durante o estudo no período noturno (B).----- **112**
- ANEXO 4:** Coletor do tipo covó utilizado durante o estudo de densidade populacional e dispersão de *Aegla longirostri* durante o inverno e primavera de 2010, e outono de 2011. Estudo realizado em riacho de primeira ordem na região Central do Rio Grande do Sul, Brasil.----- **113**

Sumário

INTRODUÇÃO GERAL	19
CAPÍTULO 1- BAYESIAN ESTIMATION OF POPULATION SIZE IN SAMPLES OF FRESHWATER DECAPOD CRUSTACEANS: A COMPARISON WITH CLASSICAL METHODS	24
Abstract	25
1- INTRODUCTION	26
2- MATERIALS AND METHODS.....	29
2.1. Area of study.....	29
2.2. Study design.....	29
2.3. Environmental variables	30
2.4. Modelling	31
2.4.1.1.....	32
2.4.1.2.....	32
3- RESULTS	36
5- ACKNOWLEDGMENTS	40
6- REFERENCES	41
CAPÍTULO 2: SUBSTRATE SELECTION BY <i>AEGLA LONGIROSTRI</i> (CRUSTACEA, ANOMURA) IN NEOTROPICAL STREAMS	47
ABSTRACT.....	48
1- INTRODUCTION.....	48
2- MATERIAL AND METHODS	50
3- RESULTS	53
4- DISCUSSION	55
5- ACKNOWLEDGEMENTS	57
6- REFERENCES.....	58
CAPÍTULO 3 ANÁLISE DE UTILIZAÇÃO DE ÁREA DE RIO POR <i>AEGLA LONGIROSTRI</i>	63
1-INTRODUÇÃO	66
2- MATERIAL E MÉTODOS	68
2.1-ÁREA DE ESTUDO	68
2.2- CAPTURA E MARCAÇÃO DE EGLÍDEOS.....	69
2.3- ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	71
3- RESULTADOS	72
4- DISCUSSÃO	78
5- REFERÊNCIAS.....	80
CAPÍTULO 4: FATORES ASSOCIADOS À DISPERSÃO/ MIGRAÇÃO DE EGLÍDEOS	85
1- INTRODUÇÃO	88

2-MATERIAL E MÉTODOS	89
2.1-ÁREA DE ESTUDO.....	89
2.2- DESENHO EXPERIMENTAL	90
2.3- ANÁLISES ESTATÍSTICAS	92
3-RESULTADOS	93
4- DISCUSSÃO	98
5-REFERÊNCIAS.....	100
CONCLUSÕES GERAIS/ CONSIDERAÇÕES FINAIS	105
REFERÊNCIAS	107
ANEXOS.....	110

DINÂMICA ESPACIAL, MIGRAÇÃO E PREFERÊNCIA DE MICRO-HABITAT DE *AEGLA LONGIROSTRI* BOND-BUCKUP E BUCKUP, 1994 (CRUSTACEA, ANOMURA, AEGLIDAE)

INTRODUÇÃO GERAL

Os crustáceos decápodos pertencentes a família Aeglidae (Dana, 1852) são anomuros de água doce, que apresentam distribuição restrita a região sul da América do Sul. Essa família é composta por apenas um gênero vivente: *Aegla* Leach 1820. Este gênero apresenta hoje cerca de 74 espécies descritas (BOND-BUCKUP & BUCKUP, 1994; SANTOS et al., 2010, SANTOS et al., 2013) e ainda dois gêneros fósseis, *Haumuriaegla* segundo Feldmann, (1984), e *Protaegla* de acordo com Feldmann et al. (1998). As espécies atuais habitam rios, riachos, lagos e cavernas na Argentina, Brasil, Bolívia, Chile, Paraguai e Uruguai (BOND-BUCKUP & BUCKUP, 1994; McLAUGHLIN et al., 2010; SANTOS et al., 2010).

Nas últimas duas décadas estudos relacionados a biologia e ecologia desses crustáceos vêm sendo desenvolvidos com maior frequência, com o intuito de responder questões cruciais para o entendimento de sua evolução e promover a conservação do grupo (e.g. PEREZ-LOSADA et al., 2004; DALOSTO & SANTOS, 2011; AYRES-PEREZ et al., 2011; COGO & SANTOS, 2013). Uma das principais questões que induz tais pesquisas está relacionada ao sucesso em relação à colonização de habitats por representantes deste gênero. Estudos recentes afirmam que há uma grande possibilidade de que a rota de invasão da água doce, a partir dos ancestrais marinhos, tenha sido de oeste para leste, ou seja, a partir do Oceano Pacífico. Dados filogenéticos mostram que as espécies atuais podem ser agrupadas em cinco clados distintos, cada um representando uma região específica do sul da América do Sul (PÉREZ-LOSADA et al., 2004). Espécies reunidas no clado, que reúne aeglídeos de bacias hidrográficas chilenas são consideradas mais basais, enquanto que as espécies reunidas nos clados brasileiros são consideradas mais derivadas (PÉREZ-LOSADA et al., 2004). A importância desses estudos recai sobre o fato de tais organismos serem capazes de colonizar várias regiões diferentes, portanto, entender como ocorrem e quais seriam os padrões de movimentação de aeglídeos é fundamental para a compreensão de sua biologia como um todo.

Sabe-se que em ambientes aquáticos, os organismos são altamente dependentes da estrutura física do hábitat e a disponibilidade de habitats adequados influencia diretamente a estrutura e manutenção das comunidades. Além disso, a estrutura física pode afetar a colonização, crescimento, aquisição de alimento e reprodução dos organismos (TOKESHI & ARAKAKI, 2012). Segundo Hauer & Resh (2006), ao se observar um riacho pode-se perceber que os animais não se distribuem de forma uniforme em todo o seu curso, ao contrário, percebe-se que os mesmos apresentam algumas preferências quanto aos micro-habitats formados ao longo desse riacho.

Hoje, apesar do conhecimento de onde os eglídeos podem ser encontrados (BOND-BUCKUP & BUCKUP 1994), ainda não foi realizado nenhum estudo capaz de comprovar quais são os fatores que realmente determinam a distribuição desses crustáceos nos riachos sulamericanos. Estudos nesse sentido vêm sendo realizados principalmente com formas juvenis de caranguejos marinhos. Entre estes, destacam-se, os desenvolvidos com o caranguejo rei vermelho (*Paralithodes camtschaticus*) e com o caranguejo rei azul (*P. platypus*), realizados por Stevens (2003) e Tapella et al. (2009), respectivamente. Nestes estudos observou-se que ambas espécies, testadas em laboratório, com a reprodução de substratos naturais, exibiram preferências específicas, em função do seu estágio de desenvolvimento.

Outro aspecto que pode ser bastante influenciado pelas características estruturais do hábitat é a área de vida dos animais. Essa área depende da disponibilidade dos recursos mínimos para a sobrevivência desses. Em casos de baixa qualidade de recursos, os indivíduos teriam que rastrear uma área maior, o que aumentaria sua área de vida (SMITH et al., 2000; BERTELSEN, 2013), acarretando um aumento no gasto energético, assim como um aumento no risco de predação. Como consequência dessa baixa qualidade de recursos evidencia-se também a migração/dispersão desses animais, em busca de novas áreas de colonização (BAS et al., 2009; BERTELSEN, 2013).

A utilização de técnicas de rádio telemetria e marcadores (“tags”) eletrônicos vem sendo ampliadas para estudar a área de vida não só de vertebrados como também de inúmeros invertebrados, entre eles os crustáceos decápodos. Smith et al. (2000) relatam que informações sobre a movimentação e atividades diárias de crustáceos decápodos é imprescindível para entender importantes aspectos da ecologia, uso de hábitat, padrão de forrageio, limitação de recursos e interações inter e intra-específicas desses animais. Ainda, segundo o mesmo autor, estudos sobre os itens citados acima são difíceis de realizar quando se trata de animais marinhos

e/ou de hábito noturno, caso dos eglídeos (SOKOLOWICZ et al., 2007). Tais pesquisas são possíveis apenas com a utilização de equipamentos de telemetria. Em estudo utilizando esta técnica, constatou-se que *Aegla manuiflata* é capaz de se movimentar tanto a jusante quanto a montante no riacho, podendo deslocar até cerca de 170 metros em oito dias (AYRES-PERES et al., 2011).

Assim, com informações ao nível individual, é possível analisar a relação entre mudanças fisiológicas e comportamentais dos animais, além de fatores ambientais que possam estar determinando a ecologia da espécie (FREIRE & GONZÁLES-GURRIARÁN, 1998). Entretanto, o uso da rádio telemetria, ou qualquer outro tipo de telemetria, em decápodos só é possível em animais adultos, por causa do tamanho, e principalmente por possuírem um crescimento descontínuo, o que possibilita o uso de tags no seu exoesqueleto, sem prejuízos ao seu desenvolvimento e sobrevivência (FREIRE & GONZÁLES-GURRIARÁN, 1998). O uso desse método é inviabilizado em juvenis exatamente por esses serem muito pequenos e apresentarem instares de crescimento muito próximos. O que seria bastante útil para se avaliar questões de dispersão, considerando que são esses juvenis que, teoricamente, precisam conquistar novos ambientes devido a pressão ambiental. Dessa forma, outras técnicas que testem o padrão dispersão de juvenis, em eglídeos, devem ser pesquisadas, considerando-se que a conectividade entre as populações bentônicas é crucial para a compreensão geral de dinâmica de populações (BAS et al., 2009).

Em geral, existem poucos estudos que examinam os fatores que influenciam a dispersão de organismos aquáticos dulcícolas. Isto ocorre porque, segundo Blackmon & Eggleston (2001), existem muitos fatores que podem influenciar a dispersão de juvenis, sendo, na opinião dos pesquisadores, um dos mais importantes a densidade de animais em uma determinada área, já que isso pode ocasionar um grande estresse na busca por recursos alimentares e abrigos.

Em estudos realizados com o siri azul (*Callinectes sapidus*), verificou-se que a dispersão das larvas está relacionada principalmente com a competição e a predação, sendo, portanto essas variáveis consideradas densidade-dependente (BLACKMON & EGGLESTON, 2001). Diferente dos decápodos marinhos, decápodos de água doce, como os eglídeos, possuem desenvolvimento direto, sendo que dos ovos eclodem juvenis semelhantes aos adultos (LÓPEZ GRECO et al., 2004, FRANCISCO et al., 2007). Porém, não se conhece o padrão de dispersão desses animais.

Vale ressaltar que todos os processos descritos anteriormente, preferência de micro-habitat, dispersão e área de vida, serão fortemente influenciados pela densidade de coespecíficos na área (HOVEL & MORGAN, 1997; SCHULZ & LEAL, 2012; BENDTSEN & HANSEN, 2013). Estudos revelam que quando o ambiente apresenta condições propícias ao desenvolvimento dos organismos, sua reprodução é estimulada (BENDTSEN & HANSEN, 2013), conseqüentemente haverá um aumento na população. Isto resultará em uma maior competição por habitats específicos, e a ausência desses fará com que indivíduos dispersem para outras áreas, a fim de colonizá-las (MATIS et al., 2009; CASARIEGO et al. 2011; COHEN et al., 2011; MILLER et al., 2011; LONG et al; 2012; BERTELSEN, 2013).

Considerando-se as restrições ambientais aos eglídeos, podemos atribuir à esses anomuros características de indicadores ambientais, visto que sua sobrevivência só é possível em cursos d'água limpos e bem oxigenados (BOND-BUCKUP & BUCKUP, 1994; DALOSTO & SANTOS, 2011), vivendo ocultos sob pedras e detritos vegetais e estão associados a micro-habitats com abundância de matéria orgânica (BOND-BUCKUP & BUCKUP, 1994; BÜCKER et al., 2008). Tais características, somadas com a distribuição restrita que é comum a muitas espécies de *Aegla*, fazem com que o grupo se torne bastante vulnerável em termos de conservação (BOND-BUCKUP et al., 2008). Além disso esse grupo se mostra cada vez mais importante na dinâmica de fluxo de energia dentro do ecossistema límnic, participando desde a ciclagem de nutrientes, como decompositor, passando por predador de larvas de insetos e pequenos peixes, como fonte de proteína para animais maiores como lontras, peixes e aves (ARENAS, 1974; SANTOS et al., 2008; CASSINI et al., 2009; SAVARIS et al 2012; COGO & SANTOS, 2013).

Com base no que foi exposto, acreditamos que investigar sobre os aspectos envolvidos na preferência de micro-habitat, área de vida e fatores associados a dispersão representam um passo importante para um melhor entendimento da ecologia dos eglídeos. Dessa forma, elegeu-se a espécie *A. longirostri* Bond-Buckup & Buckup, 1994, que é endêmica do nordeste, centro e leste do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil (BOND-BUCKUP & BUCKUP, 1999), como modelo para investigar algumas hipóteses relacionadas à distribuição e dispersão dos eglídeos, sendo elas: (i) é possível encontrar flutuação na densidade populacional nas diferentes estações climáticas para uma mesma população; (ii) há relação entre sexo do indivíduo e fase do desenvolvimento na escolha por um micro-habitat específico; (iii) eglídeos adultos utilizam áreas específicas do riacho, sendo possível a estimativa do tamanho dessas áreas; e, (iv) a fase juvenil de eglídeos é que é responsável pela dispersão do grupo.

Para testar tais hipóteses os objetivos do estudo foram: (i) estimar a densidade populacional da população escolhida para o estudo em estações climáticas diferentes, utilizando para isso mais de um método estatístico; (ii) testar se há preferência quanto a escolha do substrato, bem como se essa escolha está ligada ao sexo ou as diferentes fases de crescimento da espécie; (iii) identificar como ocorre o uso da área do riacho por eglídeos machos adultos, bem como estimar a área de vida destes; e, (iv) testar se os juvenis de eglídeos seriam os responsáveis pela dispersão do grupo, ou se essa atividade poderia ser realizada por adultos.

**CAPÍTULO 1- BAYESIAN ESTIMATION OF POPULATION SIZE IN
SAMPLES OF FRESHWATER DECAPOD CRUSTACEANS: A
COMPARISON WITH CLASSICAL METHODS**

Artigo formatado segundo as normas da “Ecological Modelling” ISSN (0304-3800) Fator de Impacto (JCR, 2012) =2.069, Qualis CAPES Estrato A1 - SUBMETIDO

Bayesian estimation of population size in samples of freshwater decapod crustaceans: a comparison with classical methods

Baumart, J.S.^{1*}, Cogo, G.B.¹, Morales, F.E.C.², Santos, S.¹

Joele Schmitt Baumart ^{1*}- Laboratório de Carcinologia, Programa de Pós Graduação em Biodiversidade Animal, Prédio 17, Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000. Bairro Camobi. 97105-900. Santa Maria RS, Brasil. *E-mail Corresponding author: jobaumart@gmail.com

Gláucia Bolzan Cogo ¹- Laboratório de Carcinologia, Programa de Pós Graduação em Biodiversidade Animal, Prédio 17, Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000. Bairro Camobi. 97105-900. Santa Maria RS, Brasil. E-mail: gluciabcogo@gmail.com

Fidel Ernesto Castro Morales ²- Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ciências Exatas. Campus Universitário Lagoa Nova, Lagoa nova, 59078970 - Natal, RN – Brasil. Fone: +5584 32153685 E-mail: fidel_e_castro@hotmail.com

Sandro Santos ¹- Laboratório de Carcinologia, Programa de Pós Graduação em Biodiversidade Animal, Prédio 17, Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000. Bairro Camobi. 97105-900. Santa Maria RS, Brasil. Fone: +5555 32208465. E-mail: sandro.santos30@gmail.com

Abstract

This study aimed to use the Bayesian mathematical model of Poisson-Gamma to check the size of the population of Aeglidae (a family of freshwater crustaceans currently restricted to South America), and compare the results with classical analyzes widely used. Data were collected during two campaigns, the first in spring 2010, with a total of seven days of capture-mark-recapture, and the other in fall 2011, with five days of capture-mark-recapture. The animals were sexed, measured and marked in the field, and subsequently released in the same spots where they had been collected. During the study period, 445 adults were captured, being

343 in spring and 102 in the fall. The estimated population was between 1005 and 1028.8 individuals in spring and 234 to 236 in the fall, according to Schumacher-Eschmeyer and Schnabel, respectively. Bayesian analysis estimated the population at 950.13 individuals in spring and 210.08 in fall. All methods showed similar and relevant estimates for studies of population size.

Keywords: Small sampling; closed population; *Aegla longirostri*, freshwater ecology; population density.

1- INTRODUCTION

Estimating the size of a population is useful for indicating how its viability is and hence their conservation status in the area where it is inserted (Parra et al., 2006; Knaepkens et al., 2004; Tobias and Seddon, 2002). One of the first and perhaps the most popular method of estimating population size was developed by Carl Petersen (1896), aiming to evaluate the migration of fish of the Baltic Sea, and had as its principle the technique of marking and recapturing. This method is also often used to generate parameters of population density in a given area (Bell et al., 2003).

The use of different estimators to check the population size has been increasingly exploited in the search for models that bring greater reliability for this type of study (Buckland et al., 2000). Currently, there are three main approaches to estimate population size from samples obtained by the method of marking and recapturing. The first is the classical approach that uses widely respected estimators such as the method of Petersen (1896), which takes into account only one episode of capture-recapture; the method of Schnabel (1938) that considers more than one episode of capture-recapture; and Schumacher-Eschmeyer (1943), using linear regression techniques to estimate the population size. All methods used was in closed

populations. Jolly-Seber (1965) developed a method to be apply to open populations, which consider events of migration and birth rates in the target population.

The second approach is Bayesian, which began to test for data capture-mark-recapture by Castledine (1981). This approach takes into account the probability of finding the animal already marked in the following sampling (Paula et al. 2009a, 2009b; Castledine 1981). The third approach is the application of log-linear models for incomplete contingency tables, this method described by Deming and Stephan (1942), Fienberg (1970) and Goodman (1970). According to Fienberg (1972), this algorithm performs an interactive proportional fit of the marginal totals of a contingency table, and the algorithm used to obtain maximum likelihood estimates, which correspond to hierarchical log-linear models for both complete and incomplete contingency table (Paula et al., 2009a; Fienberg, 1972).

Among these, the Bayesian model is becoming more popular among researchers, since this method adopts a robust relationship with the collected data (Ghosh and Norris, 2005; Lee et al., 2003). In the Bayesian approach, the probability of any event, phenomenon, proposition or hypothesis occurring is defined as the quantification of the degree of possibility for the marked individual to be recaptured again (Lee et al., 2003). The Bayesian concept of probabilities fits naturally to ecological studies, where replication of experiments is rarely feasible (Andrade and Kinas, 2008).

By using Bayesian methods, the researcher can incorporate to the model probability values a priori, that can be based on previous experiences, thus improving the estimates of population size (Paula et al., 2009a). That is, already known data of the study population or data from another population of the same species may be incorporated into the analysis. The most frequent criticism of this procedure is that different priors lead to different responses (Kinas and Andrade, 2007; Paula et al., 2009a). However, in the search for greater objectivity, one can

use uninformative priors, since previous experiments can not provide good prior distribution, and thus lead to biases. Under these circumstances, an uninformative prior would be preferable (Wang et al., 2007), since, as seen in other studies, uninformative gamma prior for λ provides results closer to the classical estimates (Paula et al. 2009a, 2009b).

Another bias of the Bayesian method is related to the sample size. There is a minimum limit to the number of samples (S) so that the analysis is consistent: samples with a lower S than three can compromise the analysis, and then an S minimum of five is recommended (Silva et al., 2007). The sampling time, therefore, is still a limiting factor for the use of this analysis.

Today is important to utilize the right estimator to the specific data set. In aquatic animals this is very important, given the high anthropic acting over the freshwater ecosystems. Inside the aquatic invertebrates group, we found freshwater crustaceans species who reflect perfectly this habitat loss. A clear example, is the family Aeglidae, formed by an actual single genus, *Aegla*, which shows around 74 described species (Santos et al. 2013, Santos et al., 2011; Bond-Buckup & Buckup, 1994), of which 23 of these are under threat of extinction and require conservation actions (Santos et al., 2013; Bond-Buckup, 2008). Furthermore, this group becomes more important into energy flux dynamics inside the limnic ecosystem, participating since the material cycling as decomposer to insect larvae and small fishes predator, and being protein source for large animals like otters, large fishes and birds (Cogo & Santos, 2013; Savaris et al. 2012; Cassini et al., 2009; Santos et al., 2008; Arenas, 1974).

Considering the increasing number of ecological research using the Bayesian method as a tool for data analysis (Musal et al., 2012; Brun et al., 2011; Maunder, 2004; Rivot et al., 2004; Leite et al., 2000), it is important to test this method, because some factors cause doubt about the test validity. One of these factors would be the sample minimal number (S) needed to give more strength to the results. Thus, with the intention of adding information for a better use of

the hierarchical Bayesian model of Poisson-Gamma in reduced mark-recapture sampling, evaluating this model to check the population size of limnic decapod is proposed, comparing these results with the classical analyzes (Schnabel and Schumacher-Eschmeyer tests premises are described in the box 1). Therefore, the study objective was investigate the population size of a freshwater eglid species, *Aegla longirostri*, using the Bayesian Poisson-Gamma estimator to estimate the population, and compare this results to the classics estimator Schnabel and Schumacher-Eschmeyer.

2- MATERIALS AND METHODS

2.1. Area of study

Sanga do Caranguejo (29°38'21"S; 53°32'02"W) (Anexo 1) is a first order stream, located in the central region of Rio Grande do Sul, Brazil, and inserted in the basin of the Laguna dos Patos. Only in this basin, we found 21 species of aeglids, however, the species used to this study also occur in Baixo Uruguai basin. Additionally, we found *A. longirostri* for 33.035 km² along southern Brazil, characterizing wide distribution in face of the high endemic distribution pattern found in other species (Senra-Gonçalves, unpublished data).

The studied area is cover by forest, inserted in a transition belt between the Rain Forest and Pampas biomes (MMA, 2000). According to Köppen climate classification, the region is the fundamental type Cfa, characterized as humid subtropical (Peel et al., 2007). The annual mean temperature is 19.1°C, and the rainfall is distribute throughout the year, with average annual rainfall of 1712.4 mm (Heldwein et al., 2009). The section studied has a length approximately 160 meters, with the presence of riparian vegetation. The stream has backwater and rapids sites, the substrate is mostly rocky with the presence of litter and sediment deposit (especially in the backwaters), and *A. longirostri* is present throughout the length.

2.2. Study design

For capturing the anomurans, 15 covo type collectors were used (50 X 20 X 10 cm) without bait, randomly distributed in the stream, occupying places of backwater and rapids in

the center and the margins. Some collectors were in contact with the substrate and other suspended, but all were submerged. At both ends of the section, a 4 mm mesh network was fixed to prevent migration of the individuals, one of the premises for the use of estimators of population size (Box 1).

Two sampling periods of capture, marking and recapture were performed, one in the spring (October 2010), with seven days sampled, and one in the fall (April 2011), with five days sampled. These sampling periods were chosen because they have mild environmental conditions that foster greater activity of the crustaceans; at these times they leave their refuge places to forage, mate (Colpo et al., 2005), etc. Daily, in the morning, we recorded the individuals captured in the collectors, proceeding to mark them with non-toxic colored ink, checking the sex, measuring the carapace shield (measured from the rostrum until the cervical groove) and marking action using different colors for captured animals in each sample day. Because it is a premise of the analyses, juveniles were excluded from testing. All captures and recaptures recorded the animals already had been marked during the sample period in question were not remarked. After this, all individuals returned to the stream at the same location where they were captured.

2.3. Environmental variables

During the period of the sampling days of study, data for air temperature and water (Incoterm L. mercury thermometer), pH (Oaklon), dissolved oxygen (Lutron), conductivity (conductivity gauge Marte model MB11) and speed of the water were collected daily (Table 1). These variables were measured so that one could have an overview of how the area was during the climate season during the study. The average temperature remained from 21.8 °C to 22.93 °C and rainfall from 7.2 to 1.7 mm, spring and fall, respectively (Table 1). The other variables measured remained with averages in the range called "comfortable" for these populations

(Dalosto and Santos, 2011). A one-way ANOVA was performed to test if there was a difference in the environmental variables between the seasons studied.

Table 1. Average values (\pm standard deviation) of the environmental variables recorded in spring 2010 and fall 2011. *Variables that presented a significant difference between the seasons studied ($p < 0.05$). **The rainfalls were provided by the weather station at Universidade Federal de Santa Maria for the period of 15 days, in which the study period is inserted.

Environmental variables	Spring	Fall
Conductivity ($\mu\text{S}/\text{cm}$)*	22.82 (\pm 2.17)	33.58 (\pm 1.18)
Dissolved oxygen (mg/L)	7.11 (\pm 0.55)	6.65 (\pm 1.14)
pH*	6.49 (\pm 0.17)	5.97 (\pm 0.09)
Water temperature ($^{\circ}\text{C}$)*	16.79 (\pm 0.76)	19.82 (\pm 0.21)
Air temperature ($^{\circ}\text{C}$)	21.8 (\pm 2.33)	22.93 (\pm 1.15)
Water speed (m/min)	7.07 (\pm 2.42)	11.30 (\pm 3.84)
Rainfall (mm)**	7.2	1.7

2.4. Modelling

Data of capture-recapture underwent proportion analysis of capture for each sampling day in order, to see if these data supplied assumptions of classical analyzes of population size (Box 1). This proportion (pr) is obtained dividing the number of animals recaptured (R_i) on the day by the number of animals captured (C_i) on the same day ($pr = R_i/C_i$). To verify the population size, the Schnabel, Schumacher-Eschmeyer and Bayesian estimators were used. In addition, the calculation of density of individuals per square meter was performed; for this, the data obtained with the classical and Bayesian analyzes were considered and the width and length of the stream in the section studied.

2.4.1. Classical models: The classical analyzes were performed in the Krebs software, version 5.2 (1998). These analyzes follow the principles of Petersen's analysis, where the object of study is a closed population, i. e., it is assumed that the population has a constant size during the sample period. Thus, data of recruitment, mortality and migration were drawn from the analysis

(premises for closed population). These analyzes involve selecting a sample of size n_1 from a population, marking it and returning it to the population. These procedure is performed S times ($S \geq 2$), whose sizes are given by the vector (n_1, n_2, \dots, n_s) .

2.4.1.1. *Model of Schnabel (1938)* is about several samples as a series of Petersen's samples. Obtaining an estimate of the population as a weighted average of the Petersen estimates. The model is given by:

$$\hat{N} = \frac{\sum(C_t M_t)}{\sum R_t + 1}$$

2.4.1.2. *Schumacher-Eschmeyer (1943)* the points are plot on a graph where the "x" axis corresponds to the M_j , i. e., the previously set number of individuals, while the "y" axis corresponds to R_j/C_j , i. e., the proportion of animals marked in the sample "j". Thus, the plotted points should fall on a straight line of slope passing by the origin. The model is given by:

$$\hat{N} = \frac{\sum_{t=1}^S (C_t M_t^2)}{\sum_{t=1}^S (R_t M_t)}$$

2.4.2. *Bayesian model of population size:*

The model used by us begins with the likelihood function of the model capture-recapture with S stages of marking proposed by Castledine (1981), which is given by:

$$L(N, \mathbf{p}|D) \propto \binom{N}{r} \prod_{j=1}^S p_j^{n_j} (1 - p_j)^{N-n_j} \quad (1)$$

where, N shows the population size, S shows the number of samples drawn, p_j shows the probability of any animal to be captured in j -*nth* sample, n_j shows the number of animals in the j -*nth* sample, m_j shows the number of animals marked in the j -*nth* sample,

$$N \geq r, \text{ onde } r = \sum_{j=1}^S n_j - \sum_{j=1}^S m_j, 0 \leq p_j \leq 1, j = 1, 2, \dots, S. \quad (2)$$

The parameters of the previous model are estimated using the Bayes' paradigm. Therefore, to apply the Bayesian approach, it is necessary to specify the *a priori* distributions

for the N and \mathbf{p} parameters $= (p_1, \dots, p_j)$. In this work is assumed for N an a priori Poisson distribution truncated at zero with parameter λ . Therefore, the a priori probability density function for N is given by,

$$\pi(N) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^N}{N! (1 - e^{-\lambda})}, N = 1, 2, \dots,$$

and

$$\pi(\lambda) = \frac{b^a}{\Gamma(a)} \lambda^{a-1} \exp\{-\lambda b\},$$

in which a and b are known values. Values of a and b near zero indicate little a priori information about parameter λ . While for parameter p_j is assumed a Beta a priori distribution. Therefore, the p probability density function is given by,

$$\pi(\mathbf{p}) = \prod_{j=1}^s \frac{1}{B(\alpha, \beta)} p_j^{\alpha-1} (1 - p_j)^{\beta-1}.$$

Considering the a priori distributions of N , \mathbf{p} , λ , previously specified, and combining this information with the likelihood function (1), the posterior distribution of these parameters is obtained from the Bayes' theorem. Therefore,

$$\pi(\mathbf{p}, N, \lambda | D) \propto \frac{\lambda^{N+a-1} e^{-\lambda(1+b)}}{(1 - e^{-\lambda})(N - r)!} \prod_{j=1}^s p_j^{nj+\alpha-1} (1 - p_j)^{N-nj+\beta-1}.$$

It is worth highlighting that the posterior distribution in (2) does not show a closed form and it is necessary to resort to the MCMC methods, in order to approach it. Some references recommended for the MCMC methods review are Gaman and Lopes (2006) and, Robert and Casella (2004).

From the joint posterior distribution in (2) are the following complete conditional distributions, necessary for the Gibbs Sampling algorithm: the complete conditional distribution of $N - r$ is given by:

$$N - r | p, \lambda, D \sim \text{Poisson} \left(\lambda \prod_{j=1}^s (1 - p_j) \right).$$

The complete conditional distribution of $p = (p_1, p_2, \dots, p_s)$ is given by:

$$\pi(p|N, \lambda, D) \propto \prod_{j=1}^s p_j^{n_j + \alpha - 1} (1 - p_j)^{N - n_j + \beta - 1}, j = 1, 2, \dots, s.$$

The complete conditional distribution of λ is given by:

$$\lambda | N, p, D \propto \frac{\lambda^{N + \alpha - 1} e^{-\lambda(1 + \beta)}}{1 - e^{-\lambda}}.$$

Thus, the model here used was implemented in the R environment (see appendix). In obtaining the posterior distribution of parameters, 100,000 samples were generated, of which the first 50,000 were discarded (heating period). Subsequently, the remaining 50,000 samples in 10 of 10 samples were selected, resulting in the total 5,000 samples from the posterior distribution.

Box 1: Assumptions for statistical tests of population size used in more recent studies (Krebs, 1998; Paula, 2009a; Gotelli and Ellison, 2011).

Estimator	Assumption
Petersen	<ul style="list-style-type: none"> • Closed population, where "N" is constant; • It has only one episode of capture and one of recapture; • All animals have the same chance of being caught in all sample; • The marking does not affect their ability to be captured again; • The animals do not lose the marks in the time interval between samplings; • All animals marked and recaptured in the second sample are counted. <p>* The use of juveniles is not admitted in the analysis, unless the interest is to analyze recruitment;</p>
Schnabel	<ul style="list-style-type: none"> • Closed population, where "N" is constant; • All animals have the same chance of being caught in the first sample; • The marking does not affect their ability to be captured again; • The animals do not lose the marks in the time interval between samplings; • All animals marked and recaptured in the following samplings are counted.
Schumacher – Eschmeyer	<ul style="list-style-type: none"> • Closed population, where "N" is constant; • All animals have the same chance of being caught in the first sample; • The marking does not affect their ability to be captured again; • The animals do not lose the marks in the time interval between samplings; • All animals marked and recaptured in the following samplings are counted.
Hierarchical Bayesian of Poisson-Gamma	<ul style="list-style-type: none"> • Closed or Open population; • Random variables with known distribution; • Specify the a priori probability; • In a given sample, all animals have the same probability of being caught, disregarding the history of the animal (if it has already been captured or not); • The animals behave independently; • The marks do not affect the catchability of the animal;

	<ul style="list-style-type: none"> • The animals do not lose the marks in the time interval between samplings; • All marked animals that are recaptured are recorded; • There is independence between the captures of the animals in the samplings; • There is independence among the sampling days; • Juveniles are removed from the analysis.
--	--

3- RESULTS

During the study period, 445 adults were captured, being 343 in spring and 102 in the fall. A total of 87 individuals were recaptured, 62 in spring and 25 in fall (Table 2). The proportion of recapture ranged from 0.04 to 0.36 in the spring, and from 0.21 to 0.63 in the fall.

Table 2. Number of adult Aeglidæ captured, marked and recaptured in each sampling day, in two sampling periods.

Sampling day	Captures (C _t)	Recaptures (R _t)	New markings	Sum of markings	R _t /C _t
SPRING (2010)					
1	62	0	62	62	0
2	52	2	50	112	0.04
3	75	5	70	182	0.07
4	56	12	44	226	0.21
5	63	14	49	275	0.22
6	52	19	33	308	0.36
7	45	10	35	343	0.22
Total	405	62	343		
FALL (2011)					
1	28	0	28	28	0
2	29	5	24	52	0.21
3	21	4	17	69	0.23
4	18	4	14	83	0.28
5	31	12	19	102	0.63
Total	127	25	102		

Classical analyzes

When analyzing the data collected with the classical estimators, there was a variation in population size between the two sampling times for the same population of Aeglidae. In the spring, it is estimated that the population has an average size of 1028.8 or 1005, declining to 236 or 234 in the fall, according to the estimators of Schnabel and Schumacher-Eschmeyer, respectively (Table 3).

Bayesian Model of Poisson-Gamma

In this analysis, the population sizes also showed variation between the two sampling seasons. In the spring, the population was estimated at 950.13 animals, and in the fall the estimate was of 210.08 animals (Table 3).

Population density

Calculations of population density (individuals per square meter) was accomplished the classic estimators population size (Schnabel and Schumacher-Eschmeyer) and of the Bayesian estimator. With the data from the classic population estimators, the adult average population density was of 9.75 ind.m⁻² in the spring and 2.25 ind.m⁻² in the fall. As for the Bayesian estimator data, the population density was of 9.11 ind.m⁻² in the spring and 2.01 ind.m⁻² in the fall (Table 3).

Table 3. Estimation of the population and density size (ind.m⁻²) of *Aegla longirostri* using the estimators of Schnabel, Schumacher-Eschmeyer and the Poisson-Gamma Hierarchical Bayesian model, in two sampling climate seasons. C.I.: Credibility interval.

ANALYSIS	POPULATION SIZE		DENSITY (N/m ²)	
	SPRING (C.I.)	FALL (C.I.)	SPRING	FALL
Schnabel	1028.8 (787.9 to 1482.2)	236.0 (163.8 to 351.9)	9.87	2.26
Schumacher- Eschmeyer	1005 (771 to 1445)	234 (175 to 351)	9.64	2.24
Bayesian	950.13 (777 to 1159)	210.08 (162 to 276)	9.11	2.01

4- DISCUSSION

In the present study, it was found that there is a similarity in results when the classical analysis and Bayesian analysis are compared, confirming the hypothesis that using one uninformative *a priori* we are letting the Bayesian result more similar to the classics methods. Moreover, the results showed a little overlap on the credibility intervals among the tested methods. The Bayesian approach with uninformative *a priori* provides a useful tool for estimating the population size in relation to the capture-recapture model, especially when the capture probabilities and the number of sampling occasions are sufficient (Wang et al. 2007).

The classical analyzes have in their denominator the sum of recaptures, and in the numerator the multiplication of the captured animals with animals already marked (Gotelli and Ellison, 2011; Krebs, 1998). Thus, a high capture of individuals coupled to a low recapture tends to be associated with a high population size. The data used for the analysis show us that the classic estimators, by performing the estimative in a direct form, result in higher values than the Bayesian method. However, it is clear exist overlap of the confidence intervals, as well as, the similarity used in population estimative, among the three tested methods. Probably, the similarity when we compare the methods is due to the use to an uninformative *a priori*, and following Wang et al. (2007), the Bayesian estimator, using the uninformative *a priori*, become resembling to the other two tested methods.

However, the Bayesian method is more interesting because the incorporation of population information previously inside the equation (Brum et al., 2011; Musal et al., 2009; Lord and Miranda-Moreno, 2007; Rivot et al., 2004), being to this way an extreme useful tool to monitoring fauna. Indeed, when Wang et al. (2007) cited that using uninformative *a priori* the test remain strong, but producing estimates close to the classic tests, and still considering the sample numbers to not bias the estimates (Wang et al., 2007; Maunder et al., 2004). In our study was possible identify, for stable freshwater crustacean population, that five days of sample was enough to estimate the population size using the Bayesian method.

Relate to the studied population, we observed considerable differences between two sample periods. The spring showed high individual density per square meter than autumn. In Bueno et al. (2007) and Bueno et al. (2014), studied *Aegla franca* and *Aegla perobae*, respectively, we found only in the second species fluctuation in population size. The population of *A. franca* estimated by Bueno et al. (2007) ranged from 212 to 198 individuals to summer and from 218 to 202 individuals in the winter for an area of approximately 76 m², according to the methods of Schumacher–Eschmeyer and Schnabel, respectively. For *A. perobae*, the

population estimated range from 1286 individuals, in autumn 2009, to 123 individuals in the summer 2011, and recovering it in the winter 2012, when the population was 383 individuals.

In Bueno et al. (2014), and in a less level in Bueno et al. (2007), was possible identify that the studied population of *A. longirostri* demonstrated a population fluctuation in two sample periods. Natural fluctuation could be direct relate to the environmental factors and indirect related to population dynamic (Bertelsen, 2013; Bas et al., 2009; Smith et al., 2000). Furthermore, besides this external factors like anthropic actions (Bueno et al., 2014; Magris et al., 2010; Bond-Buckup et al., 2008). In regions where seasons are well defined (subtropical or temperate) there is a reduction in the number of animals in the warmer periods, when many streams have water flow severely reduced and there is a rise in water temperature, and after these periods the populations can be restored (Colpo et al., 2005; Bueno and Bond-Buckup, 2000). This was also observed in this study, since the summer is usually hot and dry in southern Brazil, extending to middle of fall with low levels of precipitation (Britto et al., 2008). This fact was usually reversed in the winter when there is a higher incidence of rain, drop in temperature, and therefore a population increase in this study was perceived by the larger population size in spring.

In short, all techniques studied showed similar estimates and the proposed Bayesian method has proved suitable for small sample sizes. However, a point that should be considered before choosing the test used is the focus of the study, as was raised by Buckland et al. (2000) who discussed the main tests for studies of population density and their applications. In the future, the results presented here can be used as a priori information for further studies on population size and density of Aeglidae crustaceans.

5- ACKNOWLEDGMENTS

To CAPES for the scholarship granted to JSB and GBC, and to CNPQ for a researcher fellowship to SS. To our colleagues of the carcinology laboratory of the UFSM for their help in the fieldwork. All individuals were sampled, maintained, and returned to the natural environment under license from IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente) number 14180-1, granted on December 4, 2007 and according to the applicable statutes (Federal law number 5197, of January 3, 1967; Resolutions: number 16 of March 4, 1994 and number 332 of March 13, 1990).

6- REFERENCES

- Andrade, HA, Kinas PG. Inferência em ecologia: comentários e um exemplo. *Atl. Rio Grande* 2008; 30:147-160.
- Arenas J. La Cordillera de la Costa como refugio de la fauna dulcícola preglacial. *Arch. de Biol. y Med. Exp.* 1974; 10: 1-40.
- Bas C, Luppi T, Spivak E, Schejter L. Larval dispersion of the estuarine crab *Neohelice granulata* in coastal marine waters of the Southwest Atlantic. *Est. Coast. Shelf Scie.* 2009; 83: 569–576.
- Bell MC, Eaton DR, Bannister RCA, Addison JT. A mark-recapture approach to estimating population density from continuous trapping data: application to edible crabs, *Cancer pagurus*, on the east coast of England. *Fish Res* 2003; 65:361-378.
- Bertelsen RD. Characterizing daily movements, nomadic movements, and reproductive migrations of *Panulirus argus* around the Western Sambo Ecological Reserve (Florida, USA) using acoustic telemetry. *Fish. Res.* 2013;144: 91-102.
- Bond-Buckup G. Biodiversidade dos Campos de Cima da Serra. Porto Alegre: Libretos; 2008.

- Bond-Buckup, G, Buckup, L. A família Aeglidae (Crustacea, Decapoda, Anomura). Arq. de Zoo. 1994; 32: 159-347.
- Britto FP, Barletta R, Mendonça M. Regionalização sazonal e mensal da precipitação pluvial máxima no estado do Rio Grande do Sul. Rev. Bras. de Clim. 2008; 83-89.
- Brun M, Abraham C, Jarry M, Dumas J, Lange F, Prévost E. Estimating an homogeneous series of a population abundance indicator despite changes in data collection procedure: A hierarchical Bayesian modelling approach. Ecol Model 2011; 222:1069-1079.
- Buckland S T, Goudie I, Borchers D. Wildlife population assessment: past developments and future directions. Biometrics 2000; 56:1-12.
- Bueno AAP, Bond-Buckup G. Dinâmica populacional de *Aegla platensis* Schmitt (Crustacea, Decapoda, Aeglidae). Rev. Bras. de Zoo. 2000; 17:43-49.
- Bueno SLS, Shimizu RM, Rocha SS. Estimating the population size of *Aegla franca* (Decapoda: Anomura: Aeglidae) by mark-recapture technique from an isolated section of Barro Preto stream, county of Claraval, state of Minas Gerais, Southeastern Brazil. J. Crustac. Biol. 2007; 27:553-559.
- Bueno SLS, Takano BF, Cohem FPA, Moraes JCB, Chiquetto-Machado PI, Vieira LCM, Shimizu RM. Fluctuations in the population size of the highly endemic *Aegla perobae* (Decapoda: Anomura: Aeglidae) caused by a disturbance event. J. of Crust. Biol. 2014; 34(2):165-173.
- Cassini MH, Fasola L, Chehébar C, Macdonald DW. Scale-dependent analysis of an otter-crustacean system in Argentinean Patagonia. Naturwissenschaften 2009; 96: 593-599.
- Castledine BJ. A Bayesian Analysis of Multiple-Recapture Sampling for a Closed Population. Biometrika 1981; 68:197-210.

- Cogo GB, Santos S. The role of aeglids in shredding organic matter in neotropical streams. *J. of Crust. Biol.* 2013; 33: 519-526.
- Colpo KD, Ribeiro LO, Santos S. Population biology of the freshwater anomuran *Aegla longirostri* (Aeglidae) from south brazilian streams. *J. Crustac. Biol.* 2005; 25:495-499.
- Deming, ME., Stephan, FF. On a least squares adjustment of a sampled frequency table when the expected marginal totals are known. *Ann. Math. Statist.* 1940; 11, 427-444.
- Fienberg, SE. An iterative procedure for estimation in contingency tables. *Ann. Math. Statist.* 1970; 41:907-917.
- Gameran D, Lopes H F. Markov Chain Monte Carlo: Stochastic simulation for Bayesian inference. 2th ed. Chapman & Hall/CRC, 2006.
- Ghosh SK, Norris JL. Bayesian capture–recapture analysis and model selection allowing for heterogeneity and behavioral effects. *J. Agric. Biol. Envir. S.* 2005; 10:35-49.
- Goodman, LA. The multivariate analysis of qualitative data: interactions among multiple classifications. *J. Amer. Statist. Ass.* 1970; 65:226-256.
- Gotelli NJ, Ellison A M. A Primer of Ecological Statistics. 1th ed. Sinauer Associates, Inc., 2011.
- Heldwein AB, Buriol GA, Streck NA. O clima de Santa Maria. *Ciê. e Amb.* 2009; 38: 43-58.
- Jolly GM. Explicit Estimates from Capture–Recapture Data With Both Death and Immigration–Stochastic Model. *Biometrika*, 1965; 52:225–247.
- Knaepkens G, Bervoets L, Verheyen E, Eens M. Relationship between population size and genetic diversity in endangered populations of the European bullhead (*Cottus gobio*): implications for conservation. *Biol. Conserv.* 2004; 115:403-410.

- Krebs CJ. *Ecological Methodology*. 2 th ed. New York: Benjamin-Cummings Pub Co; 1998.
- Kinas PG, Andrade HA. Bayesian statistics for fishery stock assessment and management: a synthesis. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences* 2007; 2:103-112.
- Lee SM, Hwang WH, Huang LH. Bayes estimation of population size from capture-recapture models with time variation and behavior response. *Stat. Sinica*. 2003; 13:477-494.
- Leite JG, Rodrigues J, Milan LA. A Bayesian analysis for estimating the number of species in a population using nonhomogeneous Poisson process. *Statistics & Probability Letters* 2000; 48:153-161.
- Lord D, Miranda-Moreno LF. Effects of low sample mean values and small sample size on the estimation of the fixed dispersion parameter of Poisson-gamma models for modeling motor vehicle crashes: a Bayesian perspective. *Saf. Sci.* 2007;
- Magris RA, Bond-Buckup G, Magalhães C, Mantelatto FL, Reid JW, Loureiro LMAE. *et al.* Quantification of extinction risk for crustacean species: an overview of the National Red Listing process in Brazil. *Nauplius*, 2010; 18: 129–135
- Maunder MN. Population viability analysis based on combining Bayesian, integrated, and hierarchical analyses. *Act. Oec.* 2004; 26:85-94.
- Musal RM, Soyer R, McCabe C, Kharroubi SA. Estimating the population utility function: A parametric Bayesian approach. *Eur. J.of Oper. Res.* 2012; 218:538-547.
- Parra GJ, Corkeron PJ, Marsh H. Population sizes, site fidelity and residence patterns of Australian snubfin and Indo-Pacific humpback dolphins: Implications for conservation. *Biol. Conser.* 2006; 129:167-180.
- Paula M, Almeida GO, Guedes ACS. O uso das distribuições Poisson e Gama na estimação do tamanho populacional animal via modelo Bayesiano. *Rev. Cient.da UFPA* 2009a; v7,nº 01.

- Paula M, Diniz CAR, Leite JG. Modelo bayesiano hierárquico de captura-recaptura com distribuição Poisson-Gama. *Tend. Mat. Apl. Comp.* 2009b; 10:191-202.
- Peel MC, Finlayson BL, McMahon TA. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 2007; 11: 1633–1644.
- Rivot E, Prévost E, Parent E, Baglinière JL. A Bayesian state-space modelling framework for fitting a salmon stage-structured population dynamic model to multiple time series of field data. *Ecol. Model.* 2004; 179:463-485.
- Robert CP, Casella G. *Monte Carlo Statistical Methods*. 2th ed. New York: Springer- Verlag, 2004.
- Santos S, Ayres-Peres L, Cardos RCF, Sokolowicz CC. Natural diet of the freshwater anomuran *Aegla longirostri* (Crustacea, Anomura, Aeglidae). *J. NAT. HIST.* 2008; 42(13-14):1027-1037.
- Santos S, Bond-Buckup G, Buckup L, Pérez-Losada M, Finley M, Crandall K. Three new species of *Aegla* (Anomura) freshwater crabs from the upper Uruguay River Hydrographic Basin in Brazil. *J. of Crust. Biol.* 2012; 32(4):529-540.
- Santos S, Jara, CG, Bartholomei-Santos ML, Pérez-Losada M, Crandall KA. New species and records of the genus *Aegla* Leach, 1982 (Crustacea, Anomura, Aeglidae) from the West-Central region of Rio Grande do Sul, Brazil. *Nauplius* 2013; 21(2):211-223.
- Savaris M, Lampert S, Trevisan A, Masunari S. Opportunistic predation of fish by anomuran crabs (Crustacea, Anomura, Aeglidae) in rivers of southern Brazil. *Biota Neotr.* 2012; 12(4):249-251.
- Seber G A F. A Note on the Multiple Recapture Census. *Biometrika*, 1965;52: 249–259.

Silva KBR, Leite JG, Tanaka NI. Um modelo bayesiano para estimar o tamanho de uma população fechada. *Rev. Bras. Biom.* 2007; 25:135-156.

Smith IP, Collins KJ, Jensen AC. Digital electromagnetic telemetry system for studying behavior of decapod crustaceans. *J. of Exp. Mar. Bio. Ecol.* 2000; 247: 209-222.

Tobias JA, Seddon N. Estimating population size in the subdesert mesite (*Monias benschi*): new methods and implications for conservation. *Biol. Conser.* 2002; 108:199-212.

Wang X, He CZ, Sun D. Bayesian population estimation for small sample capture-recapture data using noninformative priors. *J. of Stat. Plan. and Inf.* 2007; 137:1099-1118.

**CAPÍTULO 2: SUBSTRATE SELECTION BY *AEGLA LONGIROSTRI*
(CRUSTACEA, ANOMURA) IN NEOTROPICAL STREAMS**

Artigo formatado segundo as normas da revista "Marine and Freshwater Research" ISSN
(1323-1650) Fator de Impacto (JCR, 2012) =1.982, Qualis CAPES Estrato B1 -
SUBMETIDO

Substrate selection by *Aegla longirostri* (Crustacea, Anomura) in Neotropical streams

Baumart, J.S.^{1*}, Marchiori, A.B.¹, Santos, S.¹

1- Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, nº1000. Programa de Pós Graduação em Biodiversidade Animal, Prédio 17, Sala 1140E. Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brazil. CEP: 97105-900. Fone/Fax: 55- 55 3220-8465

*Correspondence author: jobaumart@gmail.com

ABSTRACT

The selection of substrate by organisms plays an important role in the community structure and management. We investigated the substrate preference in *Aegla longirostri* through two different approaches. (1) Males, females, and juveniles were induced to choose among six kinds of substrate (Rock, Gravel, Sand, and combinations) arranged on PVC pipes, and placed on the riverbed. The anomurans were placed separately in each pipe for 24, 48, and 72 hours, when the selected substrate was recorded. The data were analyzed in order to verify the preference for any microhabitat, as well as the preference changing over time. (2) We performed a field investigation through manual sampling, considering the same substrates as in the prior experiment. The individuals sampled were classified as males, females, and juveniles (J1, J2, and J3, according to the increase of carapace length). The results showed no segregation by sex or change in substrate preference over time. Both approaches revealed that adults and J3 prefer substrates comprising rock and its combinations, which form more heterogeneous substrates. Differently from J3, J1 and J2 prefer sandy substrate, which shows preference changing according to recruitment. The identification of the preferred areas is a great advance toward using this species in models of conservation studies.

Keywords: Freshwater, climate change, conservation, crustaceans, dispersal, ecology, limnology.

1- INTRODUCTION

Terrestrial and aquatic organisms inhabit several habitat types and are extremely dependent on the physical structures in which they live (Pulliam and Danielson, 1991). The adequate habitat availability has a direct influence on the community management and structure because it affects colonization by organisms, their growth, food acquisition, and reproduction

(Tokeshi and Arakaki, 2012). Thus, the distribution of each individual on the environment can be highly determined by the active selection among habitats (Pulliam and Danielson, 1991).

The presence of different physical habitat structures creates conditions for the occurrence of microhabitats that can provide refuge to animals at lower trophic levels, decrease the efficiency of predators, and affect the community dynamics (Crowder and Cooper, 1982). The distribution of animals among habitats and microhabitats can be determined by structural and functional features, and the organisms tend to occupy sites where the physical-chemistry conditions are sustainable, the resources are available, and the predation risk is low (Poff, 1997; Townsend *et al.*, 2003). The micro-habitats availability in the environment contributes to a high organism abundance, which results in a high organism density in suitable substrates, and a possible increase in fitness; in other words, the efficiency to convert resources into offspring (Dexter *et al.*, 2011; Miller *et al.*, 2011).

The animal density in each area can be influenced by the habitat and microhabitat occupation. In terrestrial environments, Dexter *et al.*, (2011) reported that the increase in the population density of the marsupial species *Perameles nasuta* can force them to occupy habitats with lower food availability, but with more possibilities of refuges, which creates a fluctuation in the population size over time. In the case of eggs and juveniles, the greater density in the same habitat can bring competition and predation risks, but the choice of adequate habitats takes into account the refuge and interstitial space to the environment, which benefit and protect smaller organisms (Martin *et al.*, 2011; Miller *et al.*, 2011).

In lotic aquatic environments, the choice of a microhabitat can contribute to the avoidance of injuries that are caused by the water physical strength and, at the same time, ensures that the animals take advantage of the benefits from the water flow, such as well water oxygenation and organic matter transportation (Tokeshi and Arakaki, 2012). In freshwater fishes, migrations between the different microhabitats found in stream riverbanks, such as pools and runny waters, can work as a strategy for survival during the dry season (Hodges and Magoulick, 2011). The substrate choice in the aquatic environment is also influenced by food availability. Organisms with lower mobility potential can filter the food particles through the water flow and, therefore, they are more likely to choose microhabitats that enable a higher filtration rate (Frandsen and Dolmer, 2002; Tokeshi and Arakaki, 2012).

Among crustaceans, microhabitat preferences have been investigated mainly in marine environments, with a large focus on the larval and juvenile stages of different species (Stevens

and Kittaka, 1998; Moksnes, 2002; Tapella *et al.*, 2009; Pardo *et al.*, 2010; Pirtle and Stoner, 2010), while freshwater studies are rare (Gergs *et al.*, 2008). The crustaceans of the superfamily Aegloidea Dana, 1852, are endemic to southern South America and are unique anomurans in continental waters (Bond-Buckup and Buckup, 1994). They are opportunistic omnivorous, feeding on insect larvae, debris, and decaying leaves, and being preyed on by other animals such as fishes, birds, frogs, and otters (Arenas, 1974; Santos *et al.*, 2008; Cassini *et al.*, 2009; Cogo and Santos, 2013). These anomurans have benthonic habits and direct development, with the juveniles hatching in the resemble form as the adults, without free-swimming larval stages (Bond-Buckup *et al.*, 1996; Moraes and Bueno, 2013). The absence of larval stages tends to decrease the capacity of *Aegla* to disperse and, therefore, there is probably a necessity of active habitat selection even by juveniles (Stevens and Kittaka, 1998; Tapella, 2009; Stoner, 2009).

There is a set of information that points to a possible active selection of microhabitats by aeglids, for instance their necessity of high oxygenated waters to live (Dalosto and Santos, 2011), and the searching for areas with decaying leaf fragments (Bücker *et al.*, 2008). These features, added to the restricted distribution that is common for many species, make these organisms vulnerable in terms of conservation. However, studies proving the real preference of aeglids for the different substrate types found along the streams where they occur are scarce (Bond-Buckup *et al.*, 2008).

Considering that, the aeglids tend to show selectivity regarding the environment are they capable of choosing a specific microhabitat or is their distribution in the environment at random? What are the preponderant factors of a possible microhabitat choice? Considering their environment restrictions, could we use these freshwater crustaceans as reference models for the creation/maintenance of conservation areas, such as natural reserves? In trying to answer some of these questions, we used the species *Aegla longirostri* Bond-Buckup and Buckup, 1994, that occurs in the northeast, central, and east of Rio Grande do Sul (RS) State, Brazil (Bond-Buckup and Buckup, 1999), to test how these animals are distributed in the environment in relation the physical substrate features.

2- MATERIAL AND METHODS

The field works were conducted in two streams in the RS State, Brazil, during the spring of 2011. Stage 1: Choice induction – Divisa Stream tributary, in São João do Polêsine County,

Vale Vêneto District (29°38'33"S; 53°32'02"W); Stage 2: Field investigation – Vacacaí-Mirim River tributary (29°40'13"S; 53°45'26"W), Santa Maria City. Both water bodies are part of the Jacuí River watersheds and have the same sedimentology features.

This study was organized in two stages:

In Stage 1, the animals were induced to make a microhabitat choice. This stage used nine PVC channels (1 meter in length, 200 mm in diameter, cut in half), with the top surface and extremes closed with a 1 mm mesh. The interior of the channels was divided into six compartments (15 cm each), with a 10 cm width platform between the third and fourth compartments. A different kind of substrate was placed in each compartment. The substrates chosen were the most frequented at the study site: S = Sand (<2 mm); G = Gravel (between 2 mm and 3 cm); R = Rock (>3 cm); and the combinations Sand + Gravel (S+G); Sand + Rock (S+R); and Gravel + Rock (G+R) (Anexo 1). To avoid trending, the sequences of sediments were randomized in each channel, before starting each experiment.

A total of 18 males, 18 females, and 18 juveniles in intermolt (Table 1) were used in this stage, each animal placed separately in each channel for 24, 48, and 72 hours. The channels were placed in the environment in similar sites, totally covered by water. At the end of each experiment (intervals), the mesh was open, the animals located and the substrate where they were located was then recorded as preferential. After the recording, the animal was released into the natural environment. In each channel, six males, six females, and six juveniles (definition in Table I) were analyzed for 24 hours, and another animal group for 48 hours, and the last group for 72 hours.

The study was conducted in sequence, which means, nine individuals each time, three males, three females, and three juveniles, in order to obtain the maximum number of replication indicated before. This methodology was adapted after Tapella *et al.* (2009). Each individual was considered a sample unit, since the animals were placed individually in each channel, and were not reused. The data was analyzed using a variance analysis (two-way ANOVA) and the means separated by a t-test ($p < 0.05$) to verify the preference by aeglids for any microhabitat, as well as the preference changing during the study time. In both stages, abiotic factors were measured, such as dissolved oxygen, pH, water temperature, and did not show any significant difference among the microhabitats.

The Stage 2 consisted of manual samplings using a Surber (Hauer and Resh, 2006) (Fig. Anexo 2) (35cmX35 cm), where the substrate inside the quadrant was upturned and the animals

detected were collected. The sampling sites were selected according to the substrates found in the channel stream, which means: Sand, Gravel, Rock, and their combinations. We made three sampling replications per substrate. In the lab, all aeglids were measured and sexed. Individuals smaller than 14.5 mm were classified as juveniles (considering the reference that states that animals smaller than the smallest ovigerous female are juveniles, e.g. Colpo *et al.*, 2005). This size class was grouped into three categories: J1 (<3 mm), J2 (from 3.01 mm to 8 mm) and J3 (from 8.01 mm to 14.5 mm) (Table 1). The juvenile size classes were separated due to different choices of microhabitat related to the development phases until the animal reaches the adult stage – ontogeny (Casariego *et al.*, 2011). After the data quantification, the anomurans were released into the environment. The data obtained was analyzed through a one-way ANOVA and the means separated by a t-test ($p < 0.05$) to confirm the differences in *A. longirostri* abundances among the substrates and to check the microhabitat preferences related to the animal size and sex.

Table I: *Aegla longirostri*: Mean sizes (carapace length – CL) of the animals used in the substrate experiment (Stage 1: Divisa Stream tributary), and of the registered specimens in field at Stage 2 (Vacacaí-Mirim River tributary), RS, Brazil.

	CL(mm)	sd
Stage 1 (Choice induce)		
Juvenile	11.08	± 0.58
Male	21.23	± 2.35
Female	18.01	± 1.84
Stage 2 (Field investigation)		
Juvenile 1	<3	-
Juvenile 2	7.33	± 0.36
Juvenile 3	11.13	± 1.57
Male	20.04	± 2.79
Female	16.92	± 1.87

3- RESULTS

There was a higher abundance of aeglids in four of the six provided types of substrate: G, R, S+R, Gravel and Rock (Fig. 1), occurring statistical similarities among them. The two other sediments, Sand and S + G, were similar and significantly different from the others ((S≠G: $t=2.23$, $p=0.04$; S≠R: $t=3.91$, $p=0.0029$; S≠(S+G): $t=2.23$; $p=0.04$; S≠(G+R): $t=2.79$, $p=0.01$; R≠(S+G): $t=3.35$, $p=0.0073$). The variables time of choice, sex, and animal size did not show a significative relation to the substrate choice.

During the field observations (Stage 2), 70 individuals were collected, and none of them were found in Sand or Gravel (Fig. 2). The ANOVA result showed that the specie' abundance was higher in substrates composed by Rock, which means, Rock, S + R, and G + R. There was no difference in individual frequencies in the last two treatments, but both are significantly different from the Rock and S + G treatments ($p<0.05$). About the relation between the size and sex of the anomuras and the substrate choice, it was observed that just J1 presented different choices. The substrates with Sand presence were preferred by this size class, which means S + G and S + R ($p<0.01$).

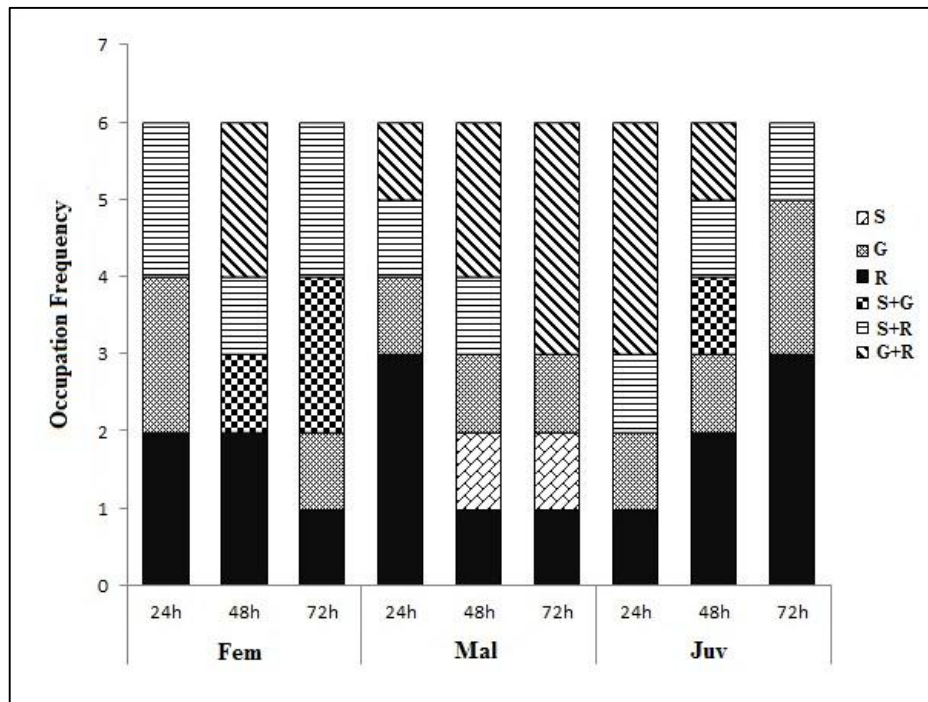


Figure 1: *Aegla longirostri* – Substrate choice with the respective occupation frequencies, obtained experimentally in a natural environment, south Brazil. S: Sand; G: Gravel, R: Rock; S+G: Sand + Gravel; S+R: Sand + Rock; G+R: Gravel + Rock. Juv: Juvenile; Fem: Females; Mal: Males.

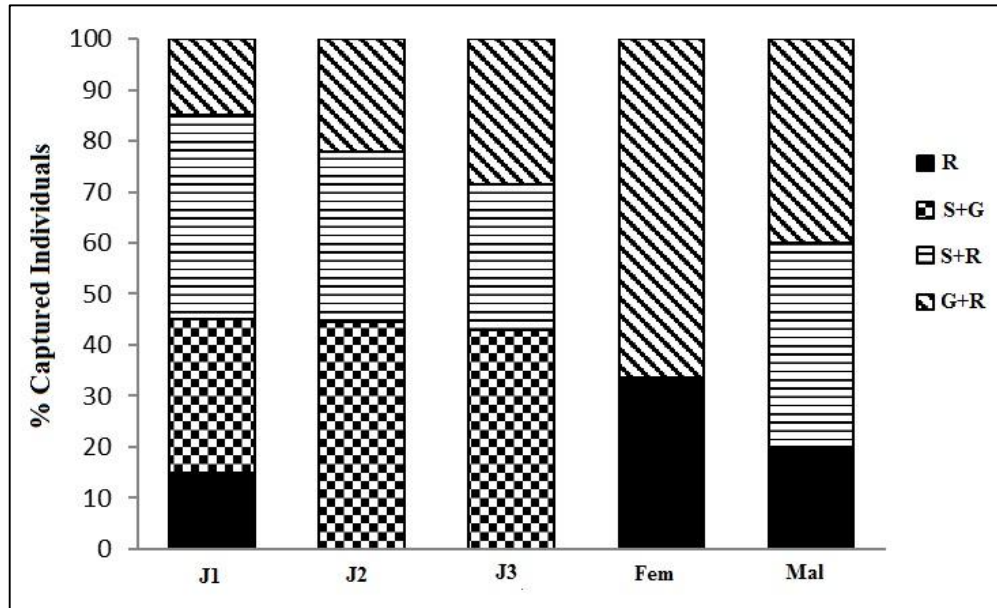


Figure 3: *Aegla longirostri* – Percentage of collected individuals in each type of evaluated substrate (microhabitat), to stream in south Brazil. R: Rock; S+G: Sand + Gravel; S+R: Sand + Rock; G+R: Gravel + Rock. J1: Juvenile 1, J2: Juvenile 2, J3: Juvenile 3; Fem: Female; Mal: Male.

4- DISCUSSION

Usually, the preferential habitat choice is linked to several factors, such as the reduction of predation risks and facility for foraging, considering the needs of the animal in each developmental phase (Ref). The choice for a more complex environment, by the adults of aeglids was expected, since this substrate shows more suitable conditions to their survival, especially considering the availability of refuge sites (Linnane *et al.*, 2000).

Such pattern is also seen in other marines and/or estuarine crustaceans, which seek sites with compositions that match their necessities (Long *et al.*, 2012; Tapella *et al.*, 2012; Casariego *et al.*, 2011; Sforza *et al.*, 2010; Tapella *et al.*, 2009). Juveniles of the crab *Paralithodes camtschaticus* choose habitats that provide higher protection when in the presence of predators, and these sites are usually composed of broken shells (Long *et al.*, 2012). Another crab that has its distribution regulated by predation is *Neohelice (Chasmagnathus) granulata*, where adults have more chances of survival when choosing wetland areas with vegetation, while the juveniles have more success in muddy areas (Casariego *et al.*, 2011). For *Callinectes danae*,

the choice for the preferential habitat will follow a salinity criteria, where males and juveniles will search for places where the salinity is low, and the females will search for shallower areas (Sforza *et al.*, 2010).

In our study, it was possible to observe that the aeglids tend to shelter themselves in areas with a higher rock and/or gravel supply, as these substrates are more heterogeneous and bring more benefits and protection to the animals (Frandsen and Dolmer, 2002). In low order streams, there are a direct relation between water flow and the oxygen availability, a factor that has a great influence on aeglids survivors due to their high metabolic rates (Dalosto and Santos, 2011). Thus, rocky substrates could help to supply the needs of these animals, ensuring suitable conditions to the individual metabolism. Another important question about the choice for rocky and gravel areas refers to the predation. Aeglids have dark colored carapace and their predators are visual animals (Arenas, 1976). Therefore, in this type of substrate, the animals would be less visible to potential predators, which could confer a high success of survival (Everett and Ruiz, 1993). Furthermore, these areas can also act as barriers, retaining decaying organic matter, which is used as food by these crustaceans (Cogo and Santos, 2013).

Unlike what was expected, the aeglids did not show spatial sexual segregation, as reported for other crustaceans (Casariego *et al.*, 2011; Sforza *et al.*, 2010). This result indicates that the males and females of aeglids require a very similar microhabitat necessity. According to Sforza *et al.* (2010), the spatial sexual segregation can be related mainly to the parental care of the offspring during the reproductive stage, where the females search for other refuge sites in order to protect the eggs and the newly hatched animals. In this study, we did not register ovigerous females, so there is no parameter to discard the possibility of segregation to this category. Although it is not scientifically proved, there are reports of ovigerous females of the genus *Aegla* looking for areas with less flow near the stream riverbanks, where there is a predominance of gravel and small rocks (Santos, personal communication). The absence of spatial sexual segregation registered to adults, without the ovigerous females' inclusion, could be a triggering factor to increase the intraspecific competition. It could occur mainly in stressful events, such as a drought or an increase of density, which results in agonistic behaviors (Ayres-Peres *et al.*, 2011) or even dispersion events (Griffith and Peres-Neto, 2006).

On the other hand, juveniles in the first instars of development need sites where they can hide in order to avoid predation, including by conspecifics (Aziz and Greenwood, 1982; Everett and Ruiz, 1993; Tapella *et al.*, 2009; Tapella *et al.*, 2012). Thus, juvenile aeglids in the J1 phase

refuge in areas with high sand availability would not supply the adult needs. Juveniles in the J2 phase fitted an intermediate condition, while the juveniles in the J3 phase showed the same preferences of the adults. It is important to note that the areas with sandy and/or gravel substrate were usually found close to the stream riverbanks. In these sites, there is a high possibility of collecting ovigerous females and juveniles, since these sites have a high deposition of organic matter, which is used as food by these crustaceans (Cogo and Santos, 2013).

The results showed a high spatial segregation among the juvenile aeglids smaller than 8 mm (J1 and J2) and the others (J3), representing substrate preference changings according to the recruitment, which also occurs in *Neohelice granulata*, reported by Casariego *et al.* (2011). In *Panulirus argus*, the survival in the early stages is directly related to the habitat quality (substrate), including food supplement and shelter availability (de Lara *et al.*, 2005).

The present results indicate that there is a microhabitat preference by aeglids that prefer sandy substrates in the juvenile phase and rocky substrates in the adult phase. The possible identification of preferred areas is a great advance toward using these animals in models of conservation studies. Since these areas are identified, the management/restoration is possible through a gradient of different habitats, allowing for the protection and enhancement of the natural breeding success. However, it is important to conduct complementary studies that consider the dispersal capacity, as well as the home range used by these animals. With this information, this genus can be used in conservation efforts, as well as in the maintenance/proposal of ecological reserves, once these animals have unique characteristics that enable objective responses.

5- ACKNOWLEDGEMENTS

To CAPES for scholarships granted to JSB and ABA; and to CNPQ for a productivity fellowships granted to SS. To our colleagues of the Carcinology laboratory of the UFSM for their help in the fieldwork. All individuals were sampled, maintained, and returned to the natural environment under license from IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente) number 14180-1, granted on December 4, 2007 and according to the applicable statutes (Federal law number 5197, of January 3, 1967; Resolutions: number 16 of March 4, 1994 and number 332 of March 13, 1990).

6- REFERENCES

- Arenas, R. L. (1976). La cordillera de la costa como refugio de la fauna dulcícola preglacial. *Archivos de Biología y Medicina Experimentales* **10**, 1-40.
- Ayres-Peres, L., Araújo, P. B., and Santos, S. (2011). Description of the agonistic behavior of *Aegla longirostri* (Decapoda: Aeglidae). *Journal of Crustacean Biology* **31(3)**, 379-388.
- Aziz, K. A., and Greenwood, J. G. (1982). Response of juvenile *Metapenaeus bennettiae* Racek & Dall, 1965 (Decapoda, Penaeidae) to sediments of differing particle size. *Crustaceana* **43(2)**, 121-126.
- Bond-Buckup, G., and Buckup, L. (1994). A família Aeglidae (Crustacea, Decapoda, Anomura). *Arquivos de Zoologia* **32**, 159-347.
- Bond-Buckup, G., and Buckup, L. (1999). A família Aeglidae (caranguejos anomuros de água doce). In: 'Os Crustáceos do Rio Grande do Sul'. (Eds. L. Buckup and G. Bond-Buckup) pp. 362-382 (Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Porto Alegre, Brazil).
- Bond-Buckup, G., Bueno, A. A. P., and Keunecke, K. A. (1996). Primeiro estágio juvenile de *Aegla prado* Schmitt (Crustacea, Decapoda, Anomura, Aeglidae). *Revista Brasileira de Zoologia* **13(4)**, 1049-1061.
- Bond-Buckup, G., Jara, C. G., Pérez-Losada, M., Buckup, L., and Crandall, K. A. (2008). Global diversity of crabs (Aeglidae: Anomura: Decapoda) in freshwater. *Hydrobiologia* **595**, 267-273.
- Bücker, F., Gonçalves, R., Bond-Buckup, G., and Melo, A. S. (2008). Effect of environmental variables on the distribution of two freshwater crabs (Anomura: Aeglidae). *Journal of Crustacean Biology* **28(2)**, 248-251.
- Casariego, A. M., Alberti, J., Luppi, T., Daleo, P., and Iribarne, O. (2011). Habitat shifts and spatial distribution of the intertidal crab *Neohelice (Chasmagnathus) granulata* Dana. *Journal of Sea Research* **66**, 87-94.

- Cassini, M.H., Fasola, L., Chehébar, C., and Macdonald, D.W. (2009). Scale-dependent analysis of an otter–crustacean system in Argentinean Patagonia. *Naturwissenschaften*, **96**(5), 593-599.
- Cogo, G. B., and Santos, S. (2013). The role of aeglids in shredding organic matter in Neotropical streams. *Journal of Crustacean Biology* (online first).
- Colpo, K. D., Ribeiro, L. O., and Santos, S. (2005). Population biology of the freshwater anomuran *Aegla longirostri* (Aeglidae) from South Brazilian streams. *Journal of Crustacean Biology* **25**(3), 495-499.
- Crowder, L. B., and Cooper, W. E. (1982). Habitat structural complexity and the interaction between bluegills and their prey. *Ecology* **63**(6), 1802-1813.
- Dalosto, M., and Santos, S. (2011). Differences in oxygen consumption and diel activity as adaptations related to microhabitat in Neotropical freshwater decapods (Crustacea). *Comparative Biochemistry and Physiology: Part A* **160**, 461-466.
- de Lara, V. C. F., Butler, M., Hernández-Vazquez, S., del Prío, S. G., and Zaragoza, E. S. (2005). Determination of preferred habitats of early benthic juvenile California spiny lobster, *Panulirus interruptus*, on the Pacific coast of Baja California Sur, Mexico. *Marine and Freshwater Research* **56**(7), 1037–104.
- Dexter, N., Hudson, M., Carter, T., and Macgregor, C. (2011). Habitat-dependent population regulation in an irrupting population of long-nosed bandicoots (*Perameles nasuta*). *Austral Ecology* **36**, 745-754.
- Everett, R. A., and Ruiz, G. M. (1993). Coarse woody debris as a refuge from predation in aquatic communities. An experimental test. *Oecologia* **93**, 475-486.
- Frandsen, R. P., and Dolmer, P. (2002). Effects of substrate type on growth and mortality of blue mussels (*Mytilus edulis*) exposed to the predator *Carcinus maenas*. *Marine Biology* **141**, 253–262.
- Gergs, R., Hanselmann, A. J., Eisele, I., and Rothhaupt, K. (2008). Autecology of *Limnomysis benedeni* Czerniavski, 1882 (Crustacea: Mysida) in Lake Constance, Southwestern Germany. *Limnologica* **38**, 139-146.

- Griffith, D. A., and Peres-Neto, P. R. (2006). Spatial modeling in ecology: the flexibility of eigenfunction spatial analyses. *Ecology* **87**(10), 2603-2613.
- Hauer, F.R., Resh, V. Macroinvertebrates In: Hauer, F.R.; Lambeti, G.A. (Org.). *Methods in stream ecology*. Oxford, Elsevier. p.435-464, 2006.
- Hodges, S. W., and Magoulick, D. D. (2011). Refuge habitats for fishes during seasonal drying in an intermittent stream: movement, survival and abundance of three minnow species. *Aquatic Sciences* **73**, 513-522.
- Linnane, A., Mazzoni, D., and Mercer, J. P. (2000). A long-term mesocosm study on the settlement and survival of juvenile European lobster *Homarus gammarus* L. in four natural substrata. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **249**, 51-64.
- Long, W. C., Popp, J., Swiney, K. M., and Van Sant, S. B. (2012). Cannibalism in the red king crab, *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815): Effects of habitat type and predator density on predator functional response. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **422**, 101-106.
- Martin, D. R., Powell, L. A., and Pope, K. L. (2011). Habitat selection by adult walleye during spawning season on irrigation reservoir: a patch occupancy modeling approach. *Environmental Biology of Fishes* **93**, 589-598.
- Miller, S. L., Shima, J. S., and Phillips, N. (2011). Effects of microhabitat availability on estimates of density of a reef fish: implications for assessments of marine protected areas. *Hydrobiologia* Impress. DOI 10.1007/s10750-011-0911-1
- Moraes, J. C. B., and Bueno, S. L. S. (2013). Description of the newly-hatched juvenile of *Aegla paulensis* (Decapoda, Anomura, Aegliidae). *Zootaxa* **3635**(5), 501 -519.
- Moksnes, P. (2002). The relative importance of habitat-specific settlement, predation and juvenile dispersal for distribution and abundance of young juvenile shore crabs *Carcinus maenas* L. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **271**, 41-73.
- Pardo, L. M., Cardyn, C. S., Mora, P., and Wahle, R. A. (2010). A new passive collector to assess settlement rates, substrate selection and predation pressure in decapod crustacean larvae. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **393**, 100-105.

- Pirtle, J. L., and Stoner, A. W. (2010). Red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) early post-settlement habitat choice: Structure, food, and ontogeny. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **393**, 130-137.
- Poff, N. L. (1997). Landscape filters and species traits: towards mechanistic understanding and prediction in stream ecology. *Journal of the North American Benthological Society* **16(2)**, 391-409.
- Pulliam, H. R., and Danielson, B. J. (1991). Sources, sinks, and habitat selection: a landscape perspective on population dynamics. *The American Naturalist* **137**, 50-66.
- Santos, S., Ayres-Peres, L., Cardoso, R. C. F., and Socolowicz, C. C. (2008). Natural diet of the freshwater anomuran *Aegla longirostri* (Crustacea, Anomura, Aeglidae). *Journal of Natural History* **42(13-14)**, 1027-1037.
- Sforza, R., Nalesso, R. C., and Joyeux, J. C. (2010). Distribution and population structure of *Callinectes danae* (Decapoda: Portunidae) in a Tropical Brazilian Esstuary. *Journal of Crustacean Biology* **30(4)**, 597- 606.
- Stevens, B. G., and Kittaka, J. (1998). Postlarval settling behaviour, substrate preference, and time to metamorphosis for the red king crab *Paralithodes camtschaticus*. *Marine Ecology Progress Series* **167**, 197-206.
- Stoner, A. W. (2009). Habitat-mediated survival on newly settled red king crab in the presence of a predatory fish: Role of habitat complexity and heterogeneity. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **382**, 54-60,
- Tapella, F., Romero, M. C., Stevens, B. G., and Buck, C. L. (2009). Substrate preferences and redistribution of blue king crab *Paralithodes platypus* glaucothoe and first crab on natural substrates in laboratory. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **372**, 31-35.
- Tapella, F., Sotelano, M. P., Romero, M. C., and Lovrich, G. A. (2012). Experimental natural substrate preference of southern king crab *Lithodes santolla* larvae. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **411**, 70-77.
- Tokeshi, M., and Arakaki, S. (2012). Habitat complexity in aquatic systems: fractals and beyond. *Hydrobiologia* **685**, 27-47.

Townsend, C. R., Dolédec, S., Norris, R., Peacock, K., and Arbuckle, C. (2003). The influence of scale and geography on relationships between stream community composition and landscape variables: description and prediction. *Freshwater Biology* **48**, 768-785.

**CAPÍTULO 3 ANÁLISE DE UTILIZAÇÃO DE ÁREA DE RIO POR
*AEGLA LONGIROSTRI.***

Artigo formatado segundo as normas da MDT 2010 - UFSM

Análise de utilização de área de rio por *Aegla longirostri*

Joele Baumart, Sandro Santos

RESUMO

Estudos visando elucidar os padrões de área de vida de animais são importantes para que se possam estabelecer regiões de conservação, além de trazerem informações mais precisas sobre o comportamento de forrageio e uso de área de determinadas espécies. Técnicas de telemetria representam uma importante ferramenta nestes estudos, pois são métodos pouco invasivos e que garantem informações precisas sobre o deslocamento e a posição dos animais monitorados, apresentando vantagens significativas em relação às técnicas mais convencionais, como marcação e recaptura. Neste contexto, o objetivo desse estudo foi investigar se há padrões de uso de área de riacho em um invertebrado de água doce, o caranguejo anomuro *Aegla longirostri*, e como esses padrões se apresentam. O estudo foi conduzido em um riacho de primeira ordem (29°38'33"S; 53°32'02"W), localizado próximo à cidade de Santa Maria, na região central do Rio Grande do Sul, Brasil. Para o estudo de telemetria utilizou-se um rádio-transmissor do modelo BD-2N, cujo sinal foi captado por um receptor modelo TRX-16S equipado com uma antena Yagi de três elementos. Dez machos adultos de *A. longirostri* foram monitorados durante sete dias em horários pré-definidos (13h, 19h, 22h, 1h, 4h e 7h), durante a estação da primavera. A análise espacial dos dados foi realizada por meio do software Ranges8 (versão 2.9, Anatrack Ltd., Wareham, UK). Notou-se uma certa fidelidade dos animais monitorados por uma área restrita do riacho, a qual foi estimada como sendo sua área de vida. O tamanho das áreas de vida variou entre 8,41 e 45,49 metros do trecho de riacho. Essas estimativas estão alicerçadas nos deslocamentos totais dos animais durante os sete dias amostrais, e a frequência com que cada indivíduo frequentou determinado local. Com os resultados obtidos, é possível concluir que os eglídeos caminham ativamente no leito do riacho, tendendo a se manterem restritos à uma determinada área, podendo ser considerados fiéis à sua área de vida.

ABSTRACT

Studies toward elucidating home range patterns of animals are important to establish conservation regions, beyond getting more precise information about the foraging behavior and area use of certain species. Telemetry techniques represent an important tool for these studies, because these methods are less invasive and guarantee accurate information about the displacement and monitored animal position, showing significant advantages related to conventional techniques, as mark and recapture. In this context, the study aimed to investigate whether a freshwater invertebrate, the anomuran crab *Aegla longirostri*, has some pattern in stream area use and how these patterns are featured. The study was conducted at “Sanga dos Caranguejos” (29°38’33”S; 53°32’02”W), a first order stream, located near Santa Maria City, central region of Rio Grande do Sul State. A radio transmitter was used, model BD-2N, and its signal was captured by a receptor model TRX-16S, equipped with a three-element Yagi antenna. Ten adult males of *A. longirostri* were monitored seven days in pre-defined times (1pm, 7pm, 10pm, 1am, 4am and 7am), during the spring season. A spatial analysis was conducted in Ranges8 Software (version 2.9, Anatrack Ltd., Wareham, UK). This software was chosen because it allows to estimate a linear home range, ideal to animals living in low order streams. The monitored animals were loyal to a restricted area in the stream, which was estimated as its home range. The home range size varied between 8.41 and 45.49 meters at the stream path. These estimates are grounded in the animals’ total displacements during the seven sampling days, It was found that the eglids walk actively on the riverbed, tending to keep restricted to a determined area, so that they may be considered loyal to its home range.

1-INTRODUÇÃO

Há tempo sabe-se da importância do entendimento dos padrões de movimentação na dinâmica das populações (SMOUSE et al. 2010), porém, apenas recentemente uma abordagem espacial mais explícita da movimentação e suas implicações tem sido levada em consideração (SMITH et al., 2000; MORALES & ELLNER, 2002; KOKKO & LÓPEZ- SEPULCRO, 2006; SMOUSE et al., 2010). Tais padrões de movimentação de indivíduos (migrações diárias) e populações (dispersão) podem refletir as respostas ecológicas e de crescimento para a heterogeneidade ambiental (LEVIN et al, 1984; COHEN & LEVIN, 1991; BEYER et al. 2010).

Ao analisarmos a nível individual, dentro de uma população, os animais podem realizar deslocamentos diários, sendo estes deslocamentos normalmente para a atividade de forrageio, em algumas espécies essa movimentação segue um padrão sazonal, ou seja, sempre no mesmo período os indivíduos saem de seus refúgios para se alimentar, retornando logo após saciados (LEVIN et al, 1984; LUCAS & BARAS, 2001). Esse tipo de movimentação é chamada de movimentação sazonal diária. Quando investigamos uma espécie mais amplamente, é possível perceber que além dessa movimentação em busca de alimento, também é possível identificar deslocamentos relacionados com as fases reprodutivas, podendo ser elas de machos em busca de parceiras, ou ainda de fêmeas indo para outras regiões para poderem liberar sua prole em locais mais adequados para a sobrevivência destes (COHEN & LEVIN, 1991; LUCAS & BARAS, 2001; BERTELSEN, 2013). Além dessas movimentações que podemos chamar de migrações, já que os indivíduos saem mas voltam pra um local de origem, há também a dispersão, que é o processo pelo qual um grupo de indivíduos de uma população sai desta, e parte para colonizar uma nova área (COHEN & LEVIN, 1991; LUCAS & BARAS, 2001), mais detalhes sobre esse tipo de movimentação será discutido no próximo capítulo (Capítulo 4- Dispersão de eglídeos juvenis).

No meio aquático a movimentação estará intimamente conectada com as condições ambientais, já que a exploração de novas áreas de forrageio/acasalamento estará ligada a densidade de predadores e a presença de refúgios nesse caminho, bem como às condições físico-químicas tanto da região de origem quanto da região a ser explorada (BARBARESI et al. 2007; JØRGENSEN et al. 2007; BENVENUTO et al. 2008). A busca por tais áreas pode influenciar a distribuição da espécie, a competição interespecífica e a reação comportamental frente a um invasor, culminando em uma última análise na aptidão desse indivíduo (BEYER et al. 2010). Dessa forma, os movimentos de animais estão relacionados tanto à aquisição dos recursos primários (por exemplo, comida, abrigo e parceiros para acasalamento) como para

evitar predadores, fontes de estresse, temperaturas extremas e desidratação (BARBARESI et al., 1997; SMITH et al., 2000; BEYER et al. 2010).

Dessa forma, com o auxílio de dados sobre a movimentação de indivíduos é possível estimar a área de vida deles. Em ecologia espacial considera-se a área de vida de um animal como a medida do espaço utilizado por ele para realizar suas atividades básicas (WOLCOTT, 1995; BENVENUTO et al. 2008; SCOPEL et al., 2009). Essas características podem ser altamente informativas para se compreender tanto a biologia de um organismo em particular quanto os processos ecológicos de maior escala (HIRSCH et al., 2013). Portanto, os padrões de compreensão do movimento de animais em ambientes naturais podem ajudar a elucidar as estratégias utilizadas para lidar com as pressões competitivas (SCHOFIELD, 2010).

Atualmente, a forma mais eficiente de proteger uma espécie é protegendo o seu hábitat (BENVENUTO et al., 2008), e para isso é importante identificarmos como essas espécies usam a área onde estão inseridas. Em estudos realizados por Bertelsen (2013), com a lagosta *Panulirus argus*, em uma área de reserva no sul da Flórida, foi constatado, através dos dados de monitoramento por telemetria, que a área na qual a reserva estava inserida não era suficiente para a espécie em questão, já que ela necessitava deslocar-se para fora da área protegida para liberar seus ovos. Em consequência desse deslocamento havia uma maior probabilidade de captura de fêmeas por pescadores, o que poderia, a longo prazo, reduzir a viabilidade da população (BERTELSEN, 2013). Na África do Sul, para crustáceos de água doce, foram utilizados dados de movimentação para incluir espécies dentro de categorias da IUCN, tais dados levavam em consideração a estimativa segundo a regra do mínimo polígono convexo (MCP) para dessa forma definir a área de ocorrência das espécies (SIMAIKA & SAMWAYS, 2010).

Dentre os crustáceos dulcícolas, destacamos a superfamília Aegloidea Dana, 1852, endêmica do Sul da América do Sul que constituem o único grupo de anomuros que ocorre em águas continentais (BOND-BUCKUP & BUCKUP, 1994). Tal família apresenta uma grande importância ecológica nos ambientes que coloniza, visto ser uma espécie chave no processo de decomposição da matéria orgânica, se alimentando de larvas de insetos e folhas em decomposição, e servindo de alimento para outros animais como peixes, aves, rãs e lontras (ARENAS, 1974; SANTOS et al., 2008; CASSINI et al. 2009; COGO & SANTOS, 2013). São animais de hábito bentônico (BOND-BUCKUP et al., 1996), e podem ser considerados caminhadores ativos (AYRES-PERES et al., 2011), informação obtida através de estudo que também utilizou a técnica de rádio telemetria.

Com o intuito de explicar como ocorrem as migrações diárias e outros padrões de movimentação foi realizado este estudo. Dessa forma nossos objetivos foram (i) determinar o quanto do riacho cada eglídeo adulto utiliza para realizar suas atividades diárias (área de vida); (ii) testar se há algum padrão na movimentação diária desses animais.

2- MATERIAL E MÉTODOS

2.1-ÁREA DE ESTUDO

O estudo da área de vida do eglídeos *Aegla longirostri* foi realizado em uma área do Município de São João do Polêsine, no distrito de Vale Vêneto (29°38'33"S; 53°32'02"W) às margens de um tributário de primeira ordem do Arroio da Divisa, o qual está inserido na bacia hidrográfica do Rio Jacuí. Foi monitorado uma extensão de cerca de 200 metros do riacho, nesse trecho do riacho verificamos a presença de áreas com vegetação ripária densa, áreas com gramínea, e áreas com vegetação ripária esparsa (Figura 1, Anexo 1). O leito do riacho apresentava um contínuo entre áreas rochosas, seguido de áreas com cascalho e areia, e áreas com predomínio de areia. Em toda a extensão do riacho havia “bancos (bolsões)” de folhas em decomposição. Durante o período de estudo, fatores ambientais, tais como: oxigênio dissolvido, e velocidade da correnteza foram mensurados diariamente em três pontos específicos do riacho, e a temperatura do ar e da água foram mensurados em três pontos em cada um dos horários de monitoramento (Tabela 1).

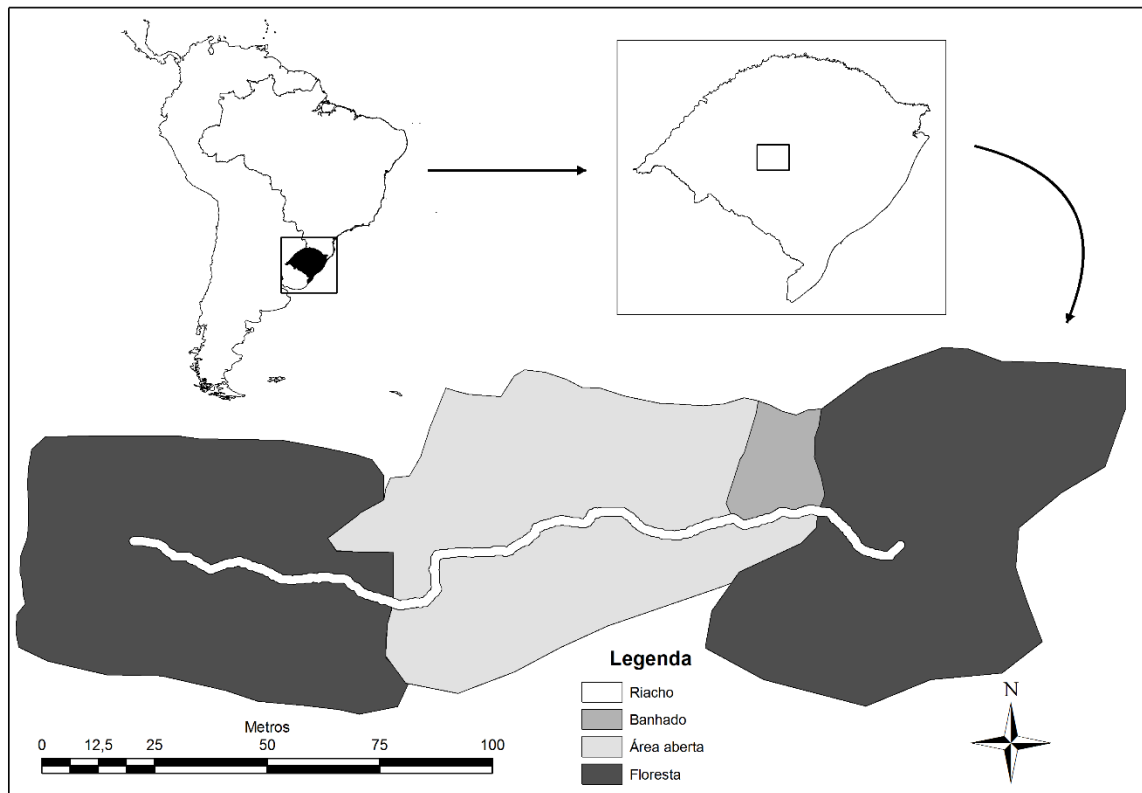


Figura 1: Área de estudo, Sanga dos Caranguejos, localizada na região Central do Rio Grande do Sul, Brasil. Estudo de monitoramento de indivíduos machos de *Aegla longirostri* conduzido durante as primaveras de 2010 e 2011. Tons de cinza indicam diferentes formações vegetais da área.

2.2- CAPTURA E MARCAÇÃO DE EGLÍDEOS

Os animais foram coletados por meio de armadilhas. Um total de dez (10) animais machos em intermuda foram utilizados, sendo cinco no primeiro período experimental (primavera de 2010) e cinco no segundo (primavera de 2011). Todos eglídeos foram mensurados quanto o Comprimento do Cefalotórax, medida realizada do rostro ao sulco cervical, (CC - mm), pesados e sexados, para que fossem utilizados apenas indivíduos com tamanho e peso aptos a comportar os transmissores (Tabela 2). Segundo dados de outros estudos transmissores (“tags”) pesando até 10% do valor da massa do corpo do animal não interferem em sua atividade, comportamento e/ou sobrevivência (ROBINSON *et al.*, 2000; BUBB *et al.*, 2002 e 2004; GUERRA-CASTRO *et al.*, 2007), assim, este critério foi utilizado para definir o peso mínimo dos animais utilizados nos experimentos.

Após a captura e tomada dos dados biométricos, os eglídeos foram secos para que os transmissores pudessem ser colados no cefalotórax dos espécimes, utilizando-se cianoacrilato adesivo (cola não tóxica) (Figura 2 / Anexo 3). Os transmissores compreenderam o modelo BD-2N, que apresentam uma vida útil de aproximadamente 12 dias, peso entre 0,30 e 0,40 g, com um alcance de 50 a 100 metros, e as frequências que foram utilizadas foi de 148 a 151 MHz. Os transmissores foram adquiridos da empresa Holohil Systems Ltd. Os sinais foram recebidos por um receptor analógico, modelo TRX-16S, com uma antena Yagi de três elementos da Wildlife Material International, Inc. Apesar da vida útil da bateria dos transmissores adquiridos serem de 12 dias, nos dois períodos amostrais trabalhou-se com sete dias de monitoramento de dados, como margem de segurança.

Após à soltura, que ocorreu nos mesmos pontos onde cada animal foi capturado, os eglídeos foram observados em relação aos movimentos à montante e/ou à jusante em relação ao ponto de soltura (Figura 2B), também registrou-se a área de deslocamento dos animais. A escolha dos horários de monitoramento foi fundamentado no estudo realizado por Sokolowicz et al. (2007) e Ayres-Peres et al. (2011), nos quais foi verificado que os eglídeos possuem uma atividade nictimeral bem marcada, sendo o pico de maior movimentação à noite, permanecendo imóveis a maior parte do dia. Assim os horários de monitoramento foram estabelecidos de 6 em 6 horas durante o período diurno (iniciando as 7 horas da manhã) e de 3 em 3 horas no período crepuscular e noturno (iniciando às 19 horas), com os seguintes horários de registro de dados: 13h, 19h, 22h, 01h, 04h e 07h. Antes de iniciar o estudo, toda a extensão do riacho utilizado foi marcado de metro a metro, dessa forma, durante o estudo tomávamos nota do ponto onde o indivíduo estava e onde ele foi encontrado para cada horário. Assim era possível saber o quanto ele deslocou entre um horário e outro.



Figura 2: Indivíduo de *Aegla longirostri*, com o transmissor aderido no cefalotórax, logo após a captura e verificação dos dados biométricos.

2.3- ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para testar se houve diferenças nas movimentações entre os dois períodos amostrais utilizamos uma análise de variância (ANOVA one-way), seguida por um teste t ($p < 0.05$), essa mesma análise foi realizada para verificar se houve diferença nas distâncias percorridas subindo ou descendo o riacho (jusante ou montante), partido do ponto onde foram coletados/soltos; para ambas análises utilizamos as médias de deslocamento totais de cada indivíduo monitorado. Foi feita uma regressão linear para verificar se a área de vida tinha relação com o tamanho e/ou peso dos indivíduos monitorados. Também realizamos uma análise de correlação de Pearson para testar se algum fator ambiental poderia estar influenciando, significativamente, na movimentação desses indivíduos, os dados ambientais também foram submetidos a uma ANOVA (one-way) para verificar a similaridade ambiental entre os anos. Todos os testes foram realizados no ambiente R 2.9, através do pacote Vegan (OKSANEN et al., 2011). Os indivíduos também foram testados quanto à presença de atividade nictimeral em ambiente natural (atividade (movimentação em metros) concentrada em certos momentos do dia) por meio de

um teste de Rayleigh Z, realizado no software Oriana 4.0 (KOVACH, 1994). Valores de p inferior a 0,05 indicam a presença de atividade circadiana preferencial em horários determinados.

2.3.1- ANÁLISE ESPACIAL

Para estimar a área de riacho utilizada pelos eglídeos calculamos a área de vida linear utilizando para isso o teste de trajetória linear (Midline Linear Ranges), teste este realizado no software Ranges 8 (KENWARD et al., 2.9 version, Anatrack Ltd, Wareham, UK). No ArcGis (versão 10.1 ESRI ®) sobreposmos as trajetórias dos indivíduos marcados para, dessa forma, verificar a existência de compartilhamento de área de vida entre eles.

3- RESULTADOS

Ao compararmos os deslocamentos médios diários dos indivíduos monitorados nos dois anos, verificamos que não houve diferença entre as distâncias percorridas por eles ($F= 0.0043$; $p=0.9474$). Também não encontramos diferenças entre os deslocamentos a jusante/montante em nenhuma das duas épocas amostrais (2010: $F=0.6231$, $p=0.5423$; 2011: $F=2.5756$, $p=0.1450$), esses resultados são apresentados na Figura 3.

Da mesma forma, ao compararmos os dados ambientais dos dois anos, apenas a velocidade da correnteza mostrou-se diferente entre os anos amostrados ($t=6.4437$, $p<0.001$), sendo que o segundo ano apresentou uma velocidade de correnteza maior que no primeiro (Tabela 1). A matriz de correlação, que nos indica a relação dos fatores ambientais e deslocamento dos indivíduos, é apresentada na Tabela 2, onde ressaltamos a correlação entre a temperatura do ar com a temperatura da água, e com o teor de oxigênio dissolvido na água.

Com exceção de dois indivíduos, um no primeiro ano e outro no segundo, todos os demais apresentaram uma atividade circadiana marcante entre 22h e 4h (Tabela 3). Com relação a utilização da área do riacho, o teste estimou a menor área de vida em 8,41m e o indivíduo com maior área de vida utilizou cerca de 45,49 m do comprimento do riacho (Tabela 2). Sendo a área de vida média estimada em 27,75 ($\pm 12,38$) metros lineares. Não encontramos relação entre a área de vida estimada e o peso/ tamanho dos indivíduos monitorados. Além disso, foi possível observar que há sobreposição da área de deslocamento dos indivíduos adultos monitorados (Figura 4 A e B).

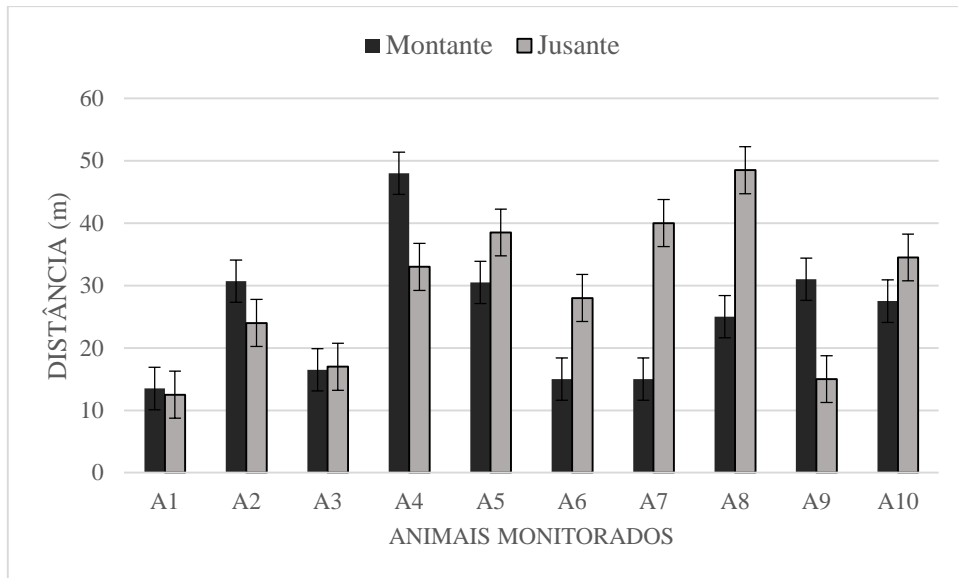


Figura 3: Direção de caminhada dos indivíduos de *Aegla longirostri* monitorados, partido do ponto de origem. Distâncias máximas e mínimas dadas em metros. Monitoramento realizado em Outubro de 2010 (do A1 ao A5), e em Outubro de 2011 (do A6 ao A10), estudo realizado na “Sanga dos Caranguejos”, Região Central do Rio Grande do Sul, Brasil. As barras indicam o erro padrão.

Tabela 1. Valores ambientais médios para cada período de estudo, com os respectivos coeficientes de correlação de Pearson (r) entre as variáveis estudadas. Valor em negrito significa correlações significativas com $p < 0.05$. Dados medidos em riacho de primeira ordem, localizado na região central do Rio Grande do Sul, Brasil, durante a primavera de 2010 e 2011. T°C Ar: temperatura em graus Celsius do ar; T°C H₂O: temperatura em graus Celsius da água; O₂D: oxigênio dissolvido; Vel.C.: velocidade da correnteza (m/s); Desloc.: média dos deslocamentos dos indivíduos monitorados.

2010						
	Média	T°C Ar	T°C H ₂ O	O ₂ D	Vel. C.	Desloc.
T°C Ar	15.16	1	---	---	---	---
T°C H ₂ O	15.47	0.9050	1	---	---	---
O ₂ D	6.84	-0.3589	-0.0853	1	---	---
Vel. C.	9.27	-0.2164	-0.0725	0.3232	1	---
Desloc.	---	-0.4799	-0.6915	-0.4325	-0.4458	1
2011						
	Média	T°C Ar	T°C H ₂ O	O ₂ D	Vel. C.	Desloc.
T°C Ar	16.98	1	---	---	---	---
T°C H ₂ O	15.83	0.9735	1	---	---	---
O ₂ D	5.85	-0.9038	-0.9068	1	---	---
Vel. C.	4.76	-0.1115	-0.1432	-0.2118	1	---
Desloc.	---	-0.4541	-0.3869	0.1808	0.0454	1

Tabela 2. Dados biométricos dos indivíduos equipados com transmissores, durante os dois períodos amostrais, com sua área de vida linear (m) estimada. Estudo realizado em riacho de primeira ordem, “Sanga dos Caranguejos”, região Central do Rio Grande do Sul, Brasil. Indivíduos de *Aegla longirostri* monitorados do 1 ao 5 na primavera de 2010; e do 6 ao 10 monitorados na primavera de 2011.

Indivíduo monitorado	CC(mm)	Peso (g)	Área de vida linear	Distância percorrida (m)
1	23,16	4,80	12,00	33,00
2	26,53	6,00	35,49	41,90
3	24,65	6,60	8,41	40,00
4	23,74	5,20	45,49	84,00
5	26,69	6,80	25,24	67,50
6	21,58	4,10	26,66	43,50
7	25,30	6,40	43,90	46,00
8	22,81	4,10	30,07	65,50
9	22,55	4,50	32,07	29,00
10	23,12	4,80	18,24	56,00
Média (± SD)	23,94 ± 1,81	5,33 ± 1,03	27.75 ± 12,38	

Tabela 3. Atividade circadiana de *Aegla longirostri* no ambiente natural, indivíduos monitorados por rádio telemetria, em riacho de primeira ordem, “Sanga dos Caranguejos”, região Central do Rio Grande do Sul, Brasil. Indivíduos monitorados do 1 ao 5 na primavera de 2010; e do 6 ao 10 monitorados na primavera de 2011. Valores de p em negrito representam diferença significativa ($p < 0,05$) utilizando o Teste de Rayleigh, indicando o horário de maior atividade (movimentação).

Indivíduo monitorado	Vetor médio	Rayleigh's Z	Rayleigh's p
1	04:59 (74,819°)	1,929	0,146
2	01:39 (24,793°)	29,289	< 1E-12
3	22:51 (342,877°)	7,572	4,07E-04
4	22:53 (343,489°)	4,20E+01	< 1E-12
5	22:54 (343,699°)	22,924	1.11E-10
6	23:23 (350,814°)	1,45E+00	0,236
7	02:17 (34,396°)	10,158	3,88E-05
8	03:52 (58,21°)	1,21E+01	5,46E-06
9	21:55 (329°)	4,392	0,012
10	23:19 (349,82°)	11,183	1,39E-05

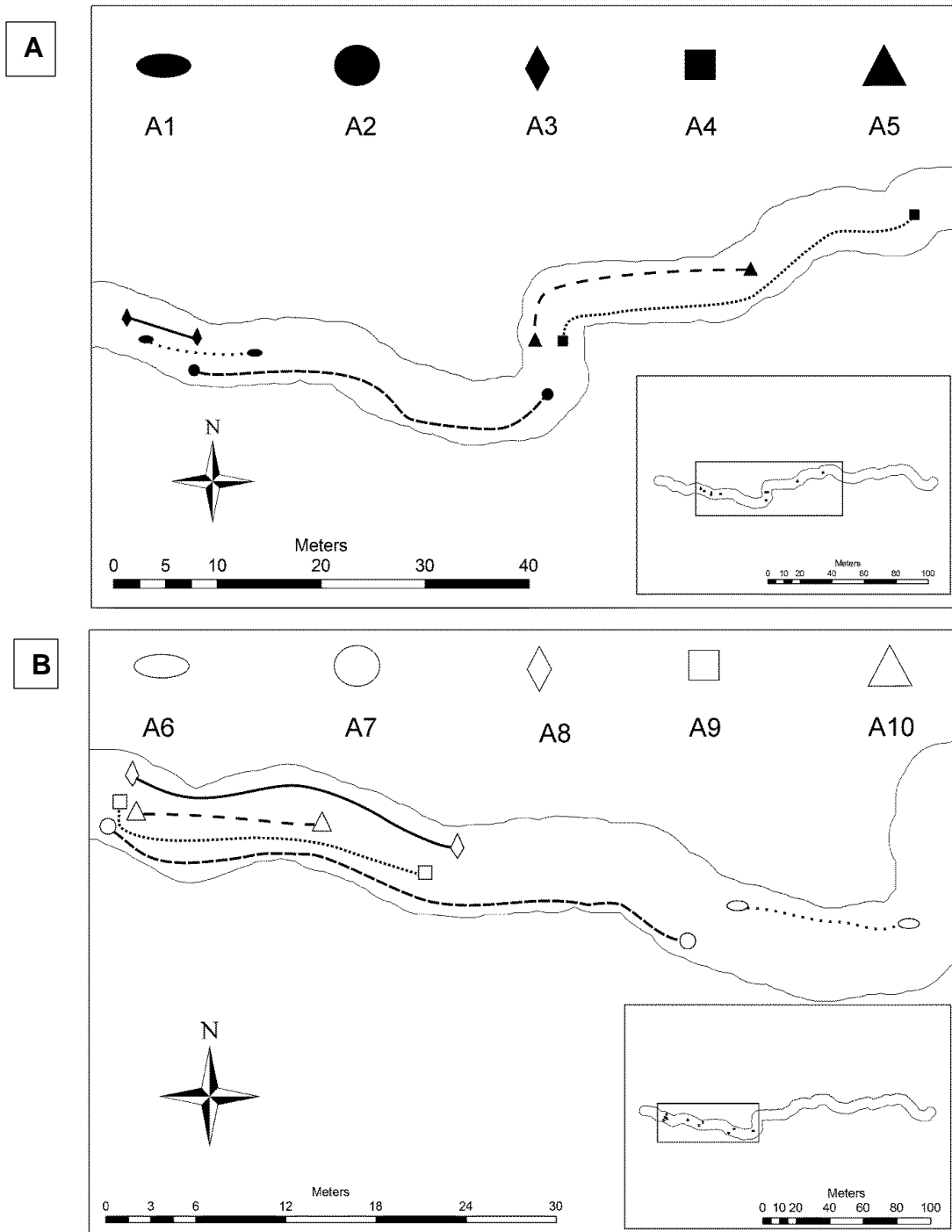


Figura 4: Representação da área do riacho utilizado por indivíduos monitorados de *Aegla longirostri*, por meio de radio telemetria. **A:** Indivíduos monitorados durante na primavera de 2010. **B:** Indivíduos monitorados durante a primavera de 2011. Estudo conduzido em riacho de primeira ordem, Sanga dos Caranguejos, região Central do Rio Grande do Sul, Brasil. O traçado entre símbolos iguais indica o trajeto máximo percorrido por cada indivíduo monitorado.

4- DISCUSSÃO

O nosso estudo traz informações valiosas sobre o uso do riacho por eglídeos machos adultos. Nele conseguimos estimar a área de vida para a espécie *Aegla longirostri* e ter uma ideia mais clara de como é o padrão de atividades deles no ambiente natural. Bem como o que pode ser chamado de comportamento de “residência”, já os indivíduos monitorados saíam de sua área de refúgio para realizar suas atividades diárias, mas acabavam voltando para a área inicial. Como mencionado por Ayres-Peres et al. (2011) eglídeos passam muito tempo escondidos embaixo de rochas ou outros substratos, o que torna muito difícil monitorar esses animais no ambiente natural sem o uso de equipamentos específicos. Ao passo que a técnica de rádio telemetria se encaixa muito bem para estudar os padrões de movimentação e uso de área desses organismo (BARBARESI et al., 1997; GHERARDI et al., 2000; LYNCH & ROCHETTE, 2007; AYRES-PERES et al., 2011).

No ambiente aquático, os fatores ambientais representam um elemento importante para a realização de atividades (BARBARESI et al., 1997). Em nosso estudo não encontramos relação direta entre os fatores ambientais amostrados e as movimentações dos indivíduos monitorados. Entretanto, em estudo realizado por Dalosto & Santos (2011) registra a importância da disponibilidade de oxigênio na sobrevivência de eglídeos. Porém, não são apenas estes fatores ambientais que podem influenciar na mobilidade dos animais, há estudos que mostram que a alcalinidade e a velocidade da correnteza também podem alterar o padrão de movimentação de animais aquáticos (KOETSIER et al., 1996; BARBARESI et al., 1997).

Em estudo similar a este, realizado por Ayres-Peres et al. (2011), com a espécie de eglídeo *Aegla manuinflata*, foi identificado que o maior período de atividade para aqueles eglídeos foi entre 23h43min e 2h25min, confirmando a natureza noturna desse animais. Em nosso estudo, a espécie *A. longirostri*, mostrou uma amplitude de movimentação um pouco maior, mas igualmente noturna. O período de maior atividade ficou compreendido entre 21h55min e 03h52min. Estudos em laboratório, realizados por Sokolowicz et al. (2007), já haviam reportado essa natureza noturna da espécie em questão. Contudo, deve-se considerar que ambas espécies de eglídeos se deslocam de forma ativa, mas em distâncias curtas se comparadas a outros crustáceos que podem chegar caminhar cerca de 100 metros por dia (MAITLAND et al. 2002). A atividade noturna é amplamente reportada para crustáceos tanto para marinhos quanto para dulcícolas (e.g.; GHERARDI et al., 2000; MAITLAND et al. 2002; BUBB et al., 2004; BARBARESI et al., 2007; SOKOLOWICZ et al 2007; AYRES-PERES et

al., 2011), provavelmente esse comportamento deva ser uma forma de evitar predadores, tais como aves, lontras e peixes (ARENAS, 1974; CASSINI *et al.* 2009) permanecendo refugiados durante o dia (BARBARESI *et al.*, 1997).

Para crustáceos parece ser comum períodos de atividade intensa, seguido de períodos de inatividade, que podem durar de horas até alguns dias (BARBARESI *et al.*, 1997; JURY *et al.*, 2005; JØRGENSEN *et al.*, 2007; AYRES-PERES *et al.* 2011). Esses períodos de inatividade são comuns, principalmente após o que pode ser chamado de satisfação alimentar, uma vez que o animal não teria motivação para se movimentar já que estaria temporariamente satisfeito (JØRGENSEN *et al.* 2007). Isso foi observado para os eglídeos monitorados, ou seja, depois de percorrerem longas distâncias eles ficavam imóveis em locais tidos como refúgio, normalmente nos pontos considerados centrais na sua rota comum. Durante o período ativo, conseguimos verificar que *Aegla longirostri* se movimenta tanto à jusante, quanto à montante do ponto de origem. O que não foi encontrado por Ayres-Peres *et al.* (2011), durante seu estudo com *Aegla manuinflata*, sendo que esta espécie se movimentou em distâncias maiores no sentido montante do riacho. Assim como o registrado para *A. manuinflata* (AYRES-PERES *et al.*, 2011), *A. longirostri* também parece ser capaz de transpor pequenos obstáculos que se apresentem em seu caminho, como por exemplo pequenas queda d'água de até um metro de altura.

A movimentação dos animais geralmente está relacionada com seu tamanho e o quanto de energia ele está disposto a gastar ao realizar essa atividade (FEIRE & GONZÁLEZ-GURRIARÁN, 1998). Dessa forma, por termos animais com tamanhos e pesos diferente (não houve diferença significativa entre os pesos/tamanhos dos indivíduos monitorados) esperávamos que animais maiores tivessem áreas de vida maiores, porém não encontramos relação entre essas variáveis. Enquanto isso, detectamos que os animais transitam por uma área delimitada do riacho, área de vida, e tendem a não se afastar muito dessa área. Não se afastando muito do que consideramos sendo a área central de sua região de residência. E mesmo que se afastassem um pouco mais de 10 metros lineares, acabavam retornando, e realizando suas atividades seguintes em áreas mais próximas. Essa atividade de “fidelidade” à um determinado sítio também é descrita para outros crustáceos e também para peixes (DAVID & CLOSS, 2001; BERTELSEN 2013). Esse comportamento demonstra uma rotina dessa atividade, já que cada um dos indivíduos costumavam frequentar normalmente os mesmo locais já visitados antes. Segundo Bubb *et al.* (2004), esse é um tipo de movimentação é comum, e a movimentação para novos locais pode estar associada a busca de nova área de refúgio.

Em nossa pesquisa observamos que a espécie estudada compartilha sua área de vida com co-específicos. Há a possibilidade da escolha das áreas de vida estar associado ao tipo de micro-habitat e não propriamente à presença da outra espécie. Uma vez que, como descrito por Baumart et al. (Cap.2), os crustáceos eglídeos adultos preferem locais onde tenha uma composição mais complexa de sedimentos, estado assim associados a áreas com rochas e cascalho. Além disso, para os indivíduos é mais importante a disponibilidade de recursos, do que a densidade de organismos na área, isso está mais explicado no estudo de dispersão Capítulo 4- Padrões de dispersão de eglídeos).

Sob forte pressão antrópica, cresce a preocupação em manutenção, conservação e restauração dos ecossistemas aquáticos (PÉREZ-LOSADA et al., 2002; BOND-BUCKUP et al., 2008). Nesse sentido, estudos que trazem informações a respeito de espécies aquáticas se torna cada vez mais importante, principalmente quando esses estudos abordam área de vida, padrões de migração e dispersão de espécies (e.g. PÉREZ-LOSADA et al., 2002; BOND-BUCKUP et al., 2008; AYRES-PERES et al., 2011; SCHULZ & LEAL, 2012). Assim, alicerçado nos resultados obtidos nesse estudo podemos concluir que eglídeos realizam suas atividades diárias em uma área restrita do riacho, área essa que pode ser compartilhada com outros co-específicos. Também foi possível identificar que essa espécie apresenta o que podemos chamar de atividade de “residência”, presente em outros crustáceos. Tais informações podem ser utilizadas em estudos de conservação tanto do gênero quanto de ecossistemas aquáticos.

5- REFERÊNCIAS

ARENAS, J. La cordillera de la costa como refugio de la fauna dulcícola preglacial. **Archivos de Biología y Medicina Experimentales**. 10: 1-40, 1974.

AYRES-PERES, L. et al. Radio-telemetry techniques in the study of displacement of freshwater anomurans. **Nauplius**. 19(1):41-54, 2011.

BARBARESI, S.; GHERARDI, F.; VANNINI, M. Movement patterns of river crabs (Decapoda, Potamoidea) in the field: predictable and unpredictable components. **Journal of Zoology**. 242(2): 247-259, 1997.

BARBARESI, S. et al. Environmental correlates of two macro-decapods distribution in Central Italy: Multi-dimensional ecological knowledge as a tool for conservation of endangered species. **Biological Conservation**. 136:431-441, 2007.

BENVENUTO, C.; GHERARDI, F.; ILHÉU, M. Microhabitat use by the white-clawed crayfish in a Tuscan stream. **Journal of Natural History**. 42(1): 21-33, 2008.

BERTELTSEN, R.D. Characterizing daily movements, nomadic movements, and reproductive migrations of *Panulirus argus* around the Western Sambo Ecological Reserve (Florida, USA) using acoustic telemetry. **Fisheries Research**, 144: 91-102, 2013.

BEYER, H.L. et al. The interpretation of habitat preference metrics under use- availability designs. **Philosophical Transactions of The Royal Society B**. 365: 2245-2254, 2010.

BOND-BUCKUP, G.; BUCKUP, L. A família Aeglidae (Crustacea, Decapoda, Anomura). **Arquivos de Zoologia** 32(4):159-346, 1994

BOND-BUCKUP, G.; BUENO, A. A. P.; KEUNECKE, K. A. Primeiro estágio juvenil de *Aegla prado* Schmitt (Crustacea, Decapoda, Anomura, Aeglidae). **Revista Brasileira de Zoologia**. 13(4): 1049-1061, 1996.

BOND-BUCKUP, G. et al. Global diversity of crabs (Aeglidae: Anomura: Decapoda) in freshwater. **Hydrobiologia**. 595: 267-273, 2008.

BUBB, D.H., M.C. LUCAS, M.C.; THOM, T.J. Winter movements and activity of signal crayfish *Pacifastacus leniusculus* in an upland river, determined by radio telemetry. **Hydrobiologia**. 483: 111-119, 2002.

BUBB, D.H., THOM, T.J.; LUCAS, M.C. Movement and dispersal of the invasive signal crayfish *Pacifastacus leniusculus* in upland rivers. **Freshwater Biology**. 49: 357-368, 2004.

CASSINI, M. H. et al. Scale-dependent analysis of an otter-crustacean system in Argentinian Patagonia. **Naturwissenschaften**. 96: 593-599, 2009.

COGO, G.B. & SANTOS, S. The role of aeglids in shredding organic matter in neotropical streams. **Journal of Crustacean Biology**. 33: 519-52, 2013.

COHEN, D. & LEVIN, S.A. Dispersal in patchy environments: the effects of temporal and spatial structure. **Theoretical Population Biology**. 39(1): 63-99, 1991.

DALOSTO, M. M. & SANTOS, S. Differences in oxygen consumption and diel activity as adaptations related to microhabitat in Neotropical freshwater decapods (Crustacea). **Comparative Biochemistry and Physiology, A**. 160: 461-466, 2011.

DAVID, B. & CLOSS, G.P. Continuous remote monitoring of fish activity with restricted home ranges using radiotelemetry. **Journal of Fish Biology**. 59(3): 705-715, 2001.

ESRI®. **ArcGIS** 10.1 Desktop: Environmental Systems Research Institute, Redlands, CA. 2013.

GHERARDI, F.; BARBARESI, S.; SALVI, G. 2000. Spatial and temporal patterns in the movement of *Procambarus clarkii*, an invasive crayfish. **Aquatic Sciences**. 62: 179-193, 2000.

GUERRA-CASTRO, E.; CARMONA-SUÁREZ, C.A.; CONDE, J.E. Activity patterns and zonation of the swimming crabs *Araneus cribarius* and *Callinectes ornatus*. **Journal of Crustacean Biology**. 27(1): 49-58, 2007.

HIRSCH, B.T. et al. Comparing capuchins and coatis: causes and consequences of differing movement ecology in two sympatric mammals. **Animal Behaviour**. 86: 331-338, 2013.

JØRGENSEN, T. et al. Walking speed and area utilization of red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) introduced to the Barents Sea coastal ecosystem. **Hydrobiologia**. 582:17-24, 2007.

JURY S.H.; CHABOT C.C.; WATSON III, W.H. Daily and circadian rhythms of locomotor activity in the American Lobster, *Homarus americanus*. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. 47:606–612, 2005.

KENWARD, R.E. et al. **Ranges8**: For the analysis of tracking and location data. Online manual. **Anatrack** Ltd. Wareham, UK. 2008.

KOETSIER, P.; MINSHALL, G.W.; ROBINSON, C.T. Benthos and Macroinvertebrate drift in six streams differing in alkalinity. **Hydrobiologia**. 317: 41-49, 1996.

KOKKO, H. & LÓPEZ-SEPULCRE, A. From individual dispersal to species ranges: Perspectives for a changing world. **Science**, 313(5788): 789-791, 2006.

KOVACH, W.L. **Oriana** for Windows, version 1.03. **Kovach Computer Services**, Pentraeth, Wales, U.K. 1994.

LEVIN, S.A.; COHEN, D. AND HASTINGS, A. Dispersal strategies in patchy environments. **Theoretical Population Biology**, **26**: 165-191, 1984.

LUCAS, M.C. & BARAS, E. Migration of freshwater fishes. Ed. Blackwell Science Ltd. 440p. 2001.

LYNCH B.R. & ROCHETTE, R. Circatidal rhythm of free-roaming sub-tidal green crabs, *Carcinus maenas*, revealed by radio-acoustic positional telemetry. **Crustaceana**. 80 (3): 345-355, 2007.

MAITLAND, D.P. et al. Field considerations and problems associated with radio tracking a tropical fresh-water land crab. **Journal of Crustacean Biology**. 22(2):493- 496, 2002.

MORALES J.M. & ELLNER, S.P. Scaling up animal movements in heterogeneous landscapes: The importance of behavior. **Ecology**. 83(8): 2240-2247, 2002.

OKSANEN J. et al. **VEGAN**: Community Ecology Package (R package version 2.0-10). 2011. Available at: <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>. Last accessed XX December 2013.

PÉREZ-LOSADA, M. et al. Phylogenetics relationships among the species of *Aegla* (Anomura: Aegliidae) freshwater crabs from Chile. **Journal of Crustacean Biology**. 22(2): 304-313, 2002.

ROBINSON, C.A.; THOM, T.J.; LUCAS, M.C. Ranging behavior of a large freshwater invertebrate, the white-clawed crayfish *Austropotamobius pallipes*. **Freshwater Biology**. 44: 509-521, 2000.

SANTOS, S. et al. Natural diet of the freshwater anomuran *Aegla longirostri* (Crustacea, Anomura, Aegliidae). **Journal of Natural History**. 42: 1027-1037, 2008.

SCHOFIELD, G. et al. Inter-annual variability in the home range of breeding turtles: Implications for current and future conservation management. **Biological Conservation**. 143: 722-730, 2010

SCHULZ, U.W.; LEAL, M.E. Effects of stocking density on dispersal behavior of Brazilian freshwater dourado (*Salminus brasiliensis*) in a subtropical river headwater. **Neotropical Ichthyology**. 10(2): 409-415, 2012.

SCOPEL, D.A.; GOLET, W.J.; AND W.H. WASTON III, W.H. Home range dynamics of the American lobster, *Homarus americanus*. **Marine and Freshwater Behaviour and Physiology**. 42: 63-80, 2009.

SIMAIKA, J.P.; SAMWAYS, M.J. Large-scale estimators of threatened freshwater catchment species relative to practical conservation management. **Biological Conservation**. 143:311-320, 2010.

SMITH, I.P.; COLLINS, K.J.; JENSEN, A.C. Digital electromagnetic telemetry system for studying behavior of decapod crustaceans. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. 247: 209-222, 2000.

SMOUSE, P.E. et al. Stochastic modelling of animal movement. **Philosophical Transactions of The Royal Society B**. 365:2201-2211, 2010.

SOKOLOWICZ, C.C; AYRES-PERES, L.; SANTOS, S. Atividade nictimeral e tempo de digestão de *Aegla longirostri* (Crustacea, Decapoda, Anomura). **Iheringia**. 97(3): 235-238, 2007.

WOLCOTT, T.G. New options in physiological and behavioral ecology through multichannel telemetry. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. 193(1-2): 257-275, 1995.

CAPÍTULO 4: FATORES ASSOCIADOS À DISPERSÃO/ MIGRAÇÃO DE EGLÍDEOS

Artigo formatado segundo as normas da MDT 2010 - UFSM

FATORES ASSOCIADOS À DISPERSÃO/ MIGRAÇÃO DE EGLÍDEOS

Joele Baumart, Sandro Santos

RESUMO

O processo de dispersão é uma etapa importante na dinâmica de populações, pois indica a conectividade entre agrupamentos distantes, a possibilidade de colonização de novas áreas e a capacidade de troca gênica entre populações. O objetivo desse estudo foi investigar o que estaria envolvido no processo de dispersão do crustáceo dulcícola *Aegla longirostri*. Testou-se, inicialmente, se os juvenis realizam dispersão de forma passiva ou ativa, e se algum fator ambiental poderia estar relacionado a este processo. O estudo foi conduzido em um riacho de primeira ordem localizado na região central do Rio Grande do Sul. A observação da população foi realizada em três etapas, sendo elas o inverno e a primavera de 2010, e o outono de 2011. Para a captura dos indivíduos utilizou-se coletores do tipo “covo”, com duas aberturas, uma voltada para a jusante e a outra para a montante do riacho (seguindo direção da correnteza). No riacho os coletores foram dispostos cobrindo a maior área possível, sendo que seis deles ficaram suspensos na coluna d’água e nove junto ao fundo do riacho, totalizando 15 coletores, que cobriam a margem esquerda, direita e centro do riacho. Os fatores ambientais foram mensurados diariamente, durante os cinco dias de monitoramento, em cada período amostral. Os dados foram submetidos a uma ANOVA one-way para verificar se houve variação quanto à densidade de captura nas entradas jusante/montante dos coletores, bem como se havia diferença na densidade de captura nos três períodos amostrais, sendo realizado um teste *t post hoc* ($p < 0,05$) para indicar essas diferenças. Uma análise de correlação de Pearson foi realizada para verificar se a densidade de captura tinha relação com algum dos fatores ambientais mensurados em cada período amostral. Identificamos que os coletores de fundo apresentaram um maior sucesso de captura do que os suspensos, nos indicando que, assim como os adultos, os juvenis também são caminhadores ativos, não sendo carregados pela correnteza. O sucesso de captura de juvenis mostrou relação com a temperatura do ambiente ($r = -0,47$ no inverno, e $r = 0,77$ no outono).

ABSTRACT

The dispersion process is an important stage in population dynamics, because it indicates connectivity between distant clusters, the possibility of colonization of new areas and the capacity of gene exchange among populations. This study aimed to elucidate what is involved in the dispersion process of the freshwater crustacean *Aegla longirostri*. Firstly, juveniles were tested to see if they can disperse in a passive or an active way, and if some environmental factor could be related to this process. The study was conducted in the first order stream “Sanga dos Caranguejos”, located in the central region of Rio Grande do Sul State. The population was observed in three steps: winter and spring of 2010, and autumn of 2011. The individuals were captured using a “covo” trapping, with two openings, one turned downstream and the other turned upstream (following the flow direction). The traps were placed into the stream covering the possible maximum area, where six of them stayed suspended in water column and nine laid on the stream bottom, totalizing 15 traps that covered the left bank, right bank and the stream center. The environmental factors were measured daily, during five days, in each sampling period. The data were submitted to ANOVA one-way to check if there was variation in capture density in downstream/upstream trap entrances, as well as the difference in capture density over the three sampling periods. A *post hoc* test was conducted ($p < 0.05$) to indicate these differences. A Pearson Correlation analysis was run to verify if the capture density was related to any environmental factor measured in each sampling period. The bottom traps were more successful in capturing than the suspended traps, indicating that, as the adults, the juveniles also are active walkers, not being carried by the flow. The juvenile capture success is correlated to the environment temperature ($r = -0.47$ in winter, and $r = 0.77$ in autumn).

1- INTRODUÇÃO

Os riachos são sistemas dinâmicos, que apresentam um alto grau de variabilidade espacial e temporal e conectividade entre habitats (BAS et al. 2009; ANDERSON et al. 2013; HRYCIK et al., 2013). Toda essa variabilidade influencia a dispersão de organismos, e consequentemente a dinâmica das populações que colonizam essas áreas, estando ligado então a processo de reprodução, recrutamento, distribuição de indivíduos e genética de populações, interligando dessa forma subpopulações geograficamente separadas (BILTON et al., 2001; BACLES et al, 2006; BAS et al., 2009; HRYCIK et al., 2013). O processo de colonização pode ocorrer através do assentamento de larvas oriundas de outras regiões, ou seja, por dispersão (BILTON et al., 2001; HRYCIK et al., 2013). Assim, dispersão biológica refere-se a propagação de indivíduos de uma espécie qualquer, que saem de seus locais de origem, e colonizam outras áreas.

Esse processo pode ocorrer de duas formas no ambiente aquático, uma delas é por meio passivo, na qual os organismos são levados pela correnteza (*drifft*), ou por meio ativo, em que os organismos nadam/caminham ativamente na procura de um local adequado para colonizar (HOVEL & MORGAN, 1997; BILTON et al., 2001; HRYCIK et al., 2013). A dispersão ativa ocorre principalmente como uma forma estratégica dos indivíduos para fugir de condições ambientais desfavoráveis (HOVEL & MORGAN, 1997). Quando estudados os processos envolvidos na dinâmica de dispersão de larvas de animais aquáticos, fica um pouco mais fácil de entender como isso ocorre quando tratamos do ambiente marinho, visto que tal atividade estará intimamente ligada às correntes marinhas (BERTELSEN, 2013).

Em estudos realizados com o siri azul (*Callinectes sapidus*), foi verificado que a dispersão das larvas está relacionada principalmente com a competição e a predação, sendo, portanto essas variáveis consideradas densidade-dependente (BLACKMON & EGGLESTON, 2001). Outros estudos mostram que a dispersão de crustáceos, ou colonização de novas áreas, é favorecida principalmente pela migração de fêmeas ovígeras, que se deslocam para longe de sua área de vida, para assim liberar os neonatos (BERTELSEN, 2013). Diferente dos crustáceos decápodos marinhos, espécies de água doce possuem desenvolvimento direto, sendo que dos ovos eclodem juvenis semelhantes aos adultos (LÓPEZ-GRECO et al., 2004; FRANCISCO et al., 2007). Para estes animais não há estudos sobre o padrão de dispersão. Em espécies cuja dispersão se restringe ao curso de água, movimentos são limitados pelo fluxo de água, topologia

de rede e barreiras físicas à dispersão (SLATKIN, 1985; RISSLER et al, 2004; BACLES et al, 2006; BAS et al., 2009). Nesses casos, as redes hidrográficas, que são trechos contínuos de habitats adequados para a reprodução ou dispersão, conectados em um padrão (ou seja, a ramificação), apresentam uma grande importância para esses animais (FAGAN, 2002; BAGUETTE & DYCK, 2007).

Dentre os crustáceos decapodas, a superfamília Aegloidea Dana, 1852, é endêmica do Sul da América do Sul e constituem o único grupo de anomuros que ocorre exclusivamente em águas continentais (BOND-BUCKUP & BUCKUP, 1994). Alimentam-se de larvas de insetos e folhas em decomposição e servem de alimento para outros animais como peixes, aves, rãs e lontras (ARENAS, 1974; SANTOS et al., 2008; CASSINI et al. 2009; COGO & SANTOS, 2013). São organismos de hábito bentônico e possuem desenvolvimento direto, sem formas larvais livre-natantes, com os juvenis eclodindo com formato semelhante aos adultos (BOND-BUCKUP *et al.*, 1996).

Dessa forma, para tentar elucidar como ocorre o processo de dispersão em crustáceos eglídeos foi proposto este estudo. Que teve como objetivo principal testar como ocorre a dispersão dos juvenis, e se os adultos estão envolvidos no processo de dispersão de forma direta ou indiretamente. Com este estudo pretendemos responder se os juvenis são responsáveis pelo seu deslocamento ou deslocam de forma passiva com auxílio da correnteza do riacho? Ao realizarem deslocamentos estes ocorrem pelas margens (zona litorânea dos riachos) ou pelo leito do riacho? Outra questão a ser tratada refere-se a importância das estações climáticas do ano, a movimentação desses animais seria maior em estações amenas, como a primavera, ou é realizada de forma indiferente no decorrer do ano?

2-MATERIAL E MÉTODOS

2.1-ÁREA DE ESTUDO

O estudo de dispersão de eglídeos foi conduzido em uma área do Município de São João do Polêsine, no distrito de Vale Vêneto (29°38'33"S; 53°32'02"W) às margens de um tributário de primeira ordem do Arroio da Divisa, o qual está inserido na bacia hidrográfica do Rio Jacuí. Riacho esse chamado de Sanga do Caranguejo (Figura 1).

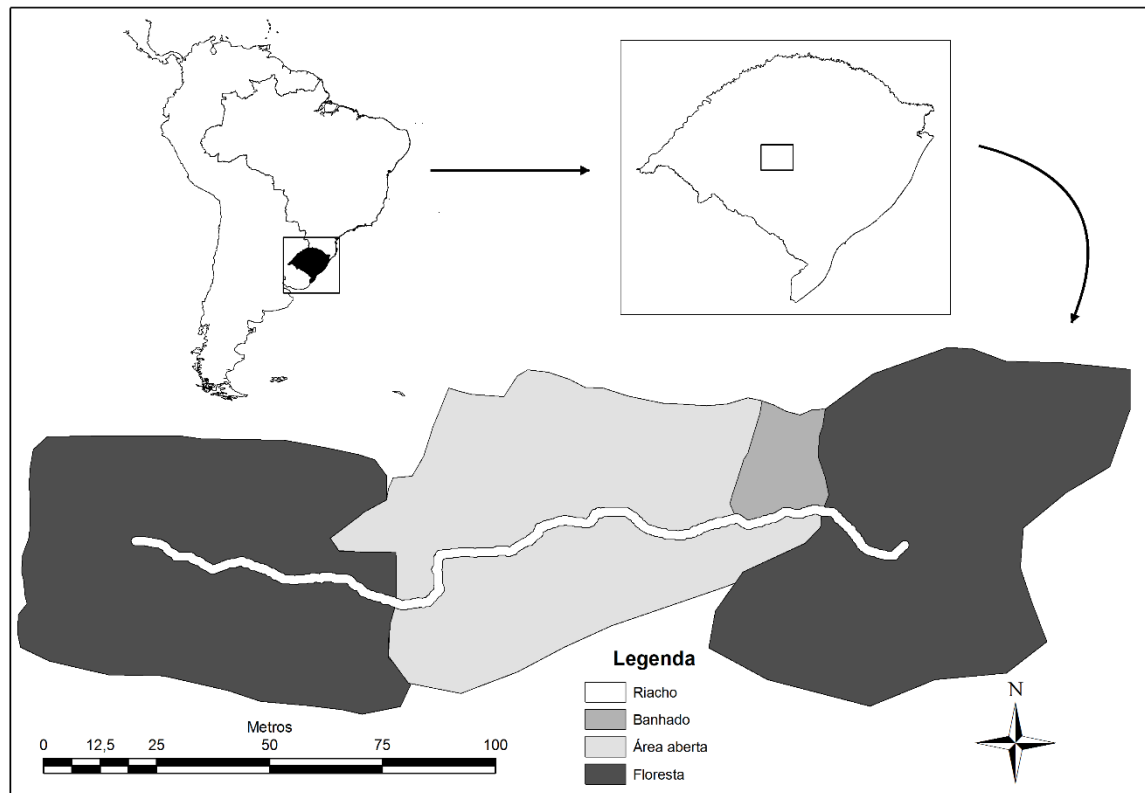


Figura 1. Área de estudo, Sanga dos Caranguejos, localizada na região Central do Rio Grande do Sul, Brasil. Estudo de monitoramento de indivíduos machos de *Aegla longirostri* conduzido durante as primaveras de 2010 e 2011. Tons de cinza indicam diferentes formações vegetais da área.

2.2- DESENHO EXPERIMENTAL

Foram utilizados 15 coletores, com 50cm de comprimento, 10cm de altura e 20cm de largura. No comprimento os coletores foram divididos ao meio, por uma tela, ficando então 25cm para cada lado (Figura 2, Anexo 4). Esses coletores tinham aberturas em funil nas duas extremidades, o que possibilitava aos indivíduos entrarem tanto se estivessem subindo o riacho (entrada voltada para jusante), quanto se estivessem descendo o riacho (entrada voltada à montante). Como havia uma tela separando o coletor ao meio, tínhamos a possibilidade de saber por qual abertura ele havia entrado. Esta metodologia foi adaptada de Smock (2006).



Figura 2: Coletor utilizado durante o estudo de dispersão de eglídeo, em riacho de primeira ordem, na região central do Rio Grande do Sul, Brasil. (Anexo 4)

Os 15 coletores foram dispostos no riacho de maneira que, tanto os deslocamentos realizados por caminhada ativa fossem registrados, quanto aqueles causados pelo deslocamento passivo via correnteza (*drifth*). Dessa forma, dispomos seis coletores de forma suspensa na coluna d'água (no mínimo 5cm acima do solo), sendo dois próximos à margem esquerda, dois na margem direita e dois no centro do riacho. E os outros nove coletores foram dispostos rente ao substrato, organizados três juntos à margem esquerda, três na margem direita e três no centro. Os coletores foram organizados no riacho de maneira a se avaliar a maior área do riacho possível, alternando os coletores suspensos com os rentes ao substrato (submersos). Com base em amostragens preliminares constatou-se que a espécie *Aegla longirostri* ocupava toda a área delimitada para este estudo.

Foram realizadas três campanhas experimentais, sendo elas no inverno e na primavera de 2010 e a última no outono de 2011. A estação do verão não foi amostrada visto que neste

período o riacho ficava com um fluxo muito baixo de água, impossibilitando o uso dos coletores. Durante os períodos de coleta de dados os coletores ficaram no riacho por cinco dias e foram revisados diariamente, sendo que todos os animais que entraram neles foram retirados, medidos, quando possível sexados e marcados com tinta atóxica. Após esse procedimento os animais eram devolvidos ao riacho no mesmo ponto onde haviam sido coletados.

Durante cada uma das campanhas fatores ambientais como: velocidade da correnteza (m/min), oxigênio dissolvido, pH, temperatura do ar (°C), temperatura da água (°C) e condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$) foram mensurados diariamente em três pontos do riacho. A média diárias destes dados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Sanga dos Caranguejos, região central do Rio Grande do Sul, Brasil. Valores médios dos fatores ambientais mensurados durante cinco dias amostrais em cada uma das campanhas experimentais. Temperaturas (°C), Oxigênio dissolvido (mg/L), Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$) e velocidade da correnteza (m/min).

	Inverno 2010	Primavera 2010	Outono 2011
T°Ar	14,10 ^a	21,80 ^b	22,93 ^b
T°Água	13,68 ^a	16,79 ^{ab}	19,82 ^b
O ₂ D	6,34 ^a	7,11 ^b	6,65 ^b
pH	6,79 ^c	6,49 ^b	5,97 ^a
Cond.	23,09 ^a	22,82 ^a	33,59 ^b
Vel. Água	12,93 ^a	7,08 ^a	11,30 ^a

*Letras semelhantes indicam semelhança estatística ($p < 0,05$).

2.3- ANÁLISES ESTATÍSTICAS

A normalidade dos dados foi testada pelo teste de Kolgomorov-Smirnov, e os dados não normais foram logaritmizados. Inicialmente, utilizamos uma ANOVA one-way para verificar se houve diferença na densidade de indivíduos em relação as entradas do coletor, aberturas à jusante/montante para cada campanha amostral, testando em seguida se houve diferença na densidade total de indivíduos coletados nessas campanhas. Isso nos indicou se os animais se deslocam mais subindo ou descendo o riacho, bem como se havia uma época em que se movimentavam mais, já que acreditávamos que durante o inverno esses organismos se

desloquem menos. Esses testes foram realizados utilizando o grupo de informações total (adultos + juvenis), bem como de forma separada (apenas adultos, e apenas juvenis). As diferenças foram analisadas através de um teste *t post hoc* ($p < 0.05$). Também foi realizada uma análise de correlação, para investigar se algum parâmetro ambiental poderia estar relacionado a densidade e deslocamento dos indivíduos capturados. Os testes foram realizados no ambiente R, com o auxílio do pacote Vegan (OKSANEN et al., 2011).

3-RESULTADOS

De maneira geral, os coletores de fundo apresentaram um maior sucesso na captura de indivíduos de eglídeos do que os coletores suspensos (Tabela 2). Sendo que no outono nenhum juvenil foi capturado nos coletores suspensos. Também verificamos que nos três períodos amostrais, os machos adultos foram mais abundantes do que fêmeas e juvenis, e apenas na campanha amostral do outono a densidade de captura de machos foi menor que 50% do total de indivíduos coletados (Tabela 2). Fêmeas ovígeras foram capturadas nos três períodos amostrais, porém fêmeas com filhotes no abdome foram registradas apenas na primavera e no outono. Essas fêmeas com filhotes foram encontradas, na sua maioria, nos coletores de fundo, nos pontos mais a jusante.

Um total de 172 animais foram coletados no inverno, desses, 112 eram machos (65%), 34 fêmeas (20%) e 26 eram juvenis (15%). Ao testarmos se havia diferença entre as entradas dos coletores, verificamos que no inverno não houve diferença ($F=1.2062$, $p=0.3046$), também não encontramos diferenças quando testamos as duas entradas apenas para juvenis ($F=3.3253$; $p=0.0903$). Também não encontramos diferenças quando testamos se os juvenis estavam nos coletores suspensos ou de fundo ($F=3.8919$; $p=0.0818$).

Na primavera coletamos 322 animais, sendo 175 machos (54%), 79 fêmeas (25%) e 68 juvenis (21%). Para esta campanha apenas encontramos diferença significativa quando testamos se os juvenis apresentaram maior densidade nos coletores de fundo ou suspensos, sendo eles mais abundantes no coletores de fundo ($t=11.3121$; $p < 0.001$). Já, quando comparamos as densidades dos animais que entraram à jusante/montante não encontramos diferenças em relação aos juvenis ($F=0.1250$; $p=0.7289$), e nem para a densidade total ($F=4.1859$; $p=0.0729$).

No outono coletamos 131 animais, com 58 machos (44%), 46 fêmeas (36%) e 27 juvenis (20%). Desses, nenhum foi encontrado nos coletores suspensos. E para as entradas à jusante/montante não encontramos diferenças para os juvenis ($F=1.6897$; $p=0.2286$), nem para a densidade total de indivíduos ($F=0.3117$; 0.5966).

Ao comparamos o número de animais coletados nas três campanhas encontramos diferenças significativas entre a primavera e o inverno ($t=6.5211$; $p<0.001$), e entre a primavera e o outono ($t=7.8253$; $p<0.001$). Enquanto que o inverno e o outono apresentaram densidades semelhantes. O mesmo ocorre quando comparamos a densidade de juvenis nas três campanhas, sendo a primavera diferente do inverno ($t=5.5244$; $p<0.001$), e do outono ($t=3.6262$; $p=0.002$) (Figura 3). Durante o estudo nenhum juvenil foi recapturado nos coletores, enquanto que sempre tínhamos recapturas de adultos, machos e fêmeas.

A análise de correlação indicou que a temperatura do ar e da água e oxigênio disponível (O_2D) são os fatores que estão relacionados com a densidade e mobilidade de eglídeos, assim como a densidade de machos influencia a densidade de juvenis e fêmeas (Tabela 3). A Tabela 3 também nos indica que há uma correlação negativa entre a temperatura do ar e a densidade de captura de juvenis, onde, quanto mais baixa for a temperatura menor será a possibilidade de captura. Já no outono podemos verificar que ao aumentar a temperatura do ar há também um aumento na densidade de captura de juvenis.

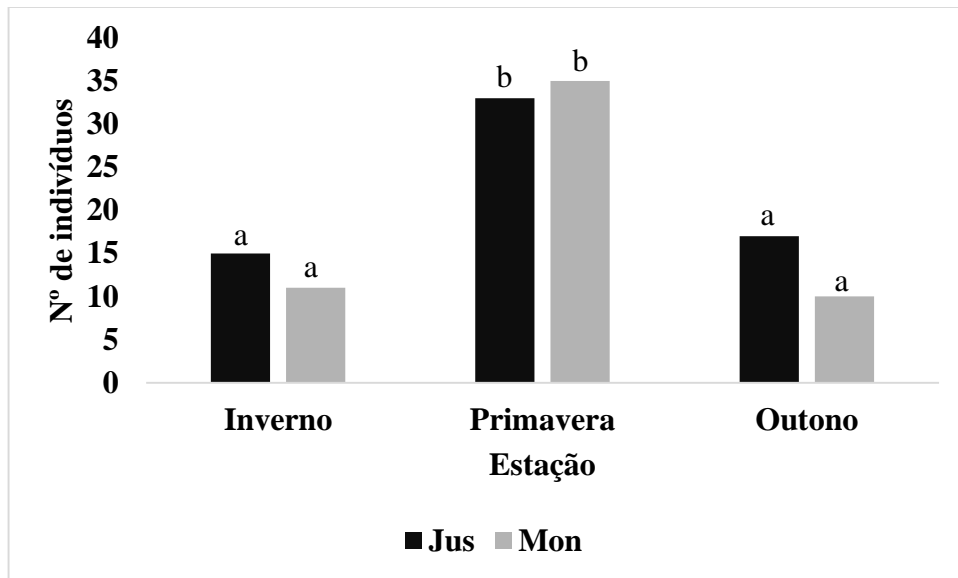


Figura 3. Número de juvenis coletados durante as três campanhas amostrais (Inverno e Primavera de 2010 e Outono de 2011), correspondendo a entrada do coletor voltada para montante ou jusante. Letras diferentes indicam diferença estatística ($p < 0,05$) entre o número de juvenis coletados comparando-se as estações. Estudo realizado na Sanga do Caranguejo, na região central do Rio Grande do Sul, Brasil. Jus: jusante; Mon: montante.

Tabela 2. *Aegla longirostri* – animais capturados em coletores do tipo covô, durante três campanhas amostrais, Inverno, Primavera (2010) e Outono (2011), para testar o padrão de deslocamento da espécie. O estudo foi conduzido no riacho de primeira ordem, Sanga dos Caranguejos, na região central do rio Grande do Sul, Brasil. Valores em **negrito** correspondem a presença de fêmea com filhote no coletor, valores em *itálico* representam fêmeas ovígeras no coletor. SME: Suspenso Margem Esquerda; SC: Suspenso Centro; SMD: Suspenso Margem Direita; FME: Fundo Margem Esquerda; FC: Fundo Centro; FMD: Fundo Margem Direita. Juv: juvenil; Fêm: Fêmea; Mac: Macho. %: porcentagem de animais capturados no coletor durante a campanha amostral.

Coletor	Inverno				Primavera				Outono			
	Juv	Fêm	Mac	%	Juv	Fêm	Mac	%	Juv	Fêm	Mac	%
SME 1	1	3	4	4,65	1	2	1	1,24	0	0	1	0,76
SME 2	0	0	2	1,16	0	4	7	3,42	0	1	0	0,76
SC 1	0	3	3	3,49	1	2	2	1,55	0	1	0	0,76
SC 2	0	2	8	5,81	0	2	3	1,55	0	0	1	0,76
SMD 1	3	1	1	2,91	1	1	10	3,73	0	0	1	0,76
SMD 2	0	2	3	2,91	0	1	3	1,24	0	0	3	2,29
FME 1	1	3	11	8,72	6	4	13	7,14	5	4	6	11,45
FME 2	0	2	12	8,14	15	2	22	12,11	5	5	6	12,21
FME 3	4	0	4	4,65	2	4	3	2,79	1	2	4	5,34
FC 1	9	4	8	12,21	1	2	12	4,66	1	1	1	2,29
FC 2	4	5	17	15,15	5	<i>11</i>	20	11,18	2	<i>15</i>	9	19,85
FC 3	1	0	2	1,74	9	2	12	7,14	4	2	12	13,74
FMD 1	1	2	4	4,07	17	30	33	24,84	5	9	6	15,27
FMD 2	1	6	30	21,51	4	6	25	10,87	4	4	6	10,69
FMD 3	1	1	3	2,91	6	6	9	6,52	0	2	2	3,05
Total	26	34	112		68	79	175		27	46	58	

Tabela 3. *Aegla longirostri* - Correlação das variáveis ambientais com a densidade de animais capturados durante as três campanhas amostrais, no riacho de primeira ordem, Sanga do Caranguejo, situado na região central do Rio Grande do Sul, Brasil. Valores de r (Correlação de Pearson). T°Ar: temperatura do ar (°C); T°H₂O: temperatura da água (°C); O₂D: oxigênio dissolvido (mg/L); Cond: condutividade (µS/cm); Vel.C.: velocidade da correnteza (m/s); Juv: juvenil; Fem: fêmea; Mac: macho.

Inverno								
	T°Ar	T°H ₂ O	O ₂ D	pH	Cond	Vel. C.	Juv	Fem
T°H ₂ O	0,94	-	-	-	-	-	-	-
O ₂ D	0,85	0,92	-	-	-	-	-	-
pH	-0,77	-0,68	-	-	-	-	-	-
Cond	-	-	-	-	-	-	-	-
Vel. C.	-	-	-	-	-	-	-	-
Juv	-0,47	-	-	0,71	0,72	-	-	-
Fem	-0,55	-	-	0,94	-	0,62	0,61	-
Mac	-	-	-	-0,69	-	-0,88	-	0,87
Primavera								
T°H ₂ O	-0,62	-	-	-	-	-	-	-
O ₂ D	-0,55	-	-	-	-	-	-	-
pH	-	-	-	-	-	-	-	-
Cond	-	-	-	-	-	-	-	-
Vel. C.	-	-	-	-	-	-	-	-
Juv	-	-	-	-	-	-0,60	-	-
Fem	0,45	-	-	0,62	-	-	-0,48	-
Mac	-	-	-	-0,67	-	0,78	-0,79	-
Outono								
T°H ₂ O	-	-	-	-	-	-	-	-
O ₂ D	0,63	-	-	-	-	-	-	-
pH	-	-	-	-	-	-	-	-
Cond	0,66	-	0,60	-	-	-	-	-
Vel. C.	0,93	-	0,59	-	0,79	-	-	-
Juv	0,77	-	-	-	0,75	0,78	-	-
Fem	-	0,97	0,62	-	-	-	-	-
Mac	0,57	0,73	0,88	-	-	0,52	-	0,75

4- DISCUSSÃO

Conforme o que foi observado no presente estudo, foi possível verificar que eglídeos adultos se movimentam mais que juvenis, além disso, esses deslocamentos ocorrem com maior frequência em temperaturas amenas como nas épocas de primavera e outono. De acordo com o descrito por Colpo et al. (2005), eglídeos da espécie *A. longirostri* podem se reproduzir durante o ano todo, levando em consideração as condições ambientais; entretanto apresentam dois picos reprodutivos, sendo eles no outono e na primavera. Em nosso estudo foi possível detectar que nessas duas épocas amostrais, do total de organismo coletados, cerca de 20% correspondia aos juvenis, além de fêmeas com filhotes no abdome, o que reflete os picos reprodutivos.

Normalmente, espera-se que o processo de dispersão seja realizado por estágios iniciais de vida, pois nesta fase os indivíduos podem ser facilmente carregados pela correnteza, o que facilitaria a colonização de novas áreas (ALMEIDA et al., 2013; BOTTON & LOVELAND 2003; GRIMM et al., 2004; XUE et al., 2008). Entretanto, nossos dados não apontam para este padrão. Provavelmente, esse resultado se deva ao fato de eglídeos apresentarem desenvolvimento direto (BOND-BUCKUP et al., 1996; LÓPEZ-GRECO et al., 2004; FRANCISCO et al., 2007). Ou seja, desde a fase juvenil os eglídeos são bentônicos, caminhadores ativos e, possivelmente, utilizam o substrato do riacho para se abrigar e não serem carregados pela correnteza, evitando injúrias.

Outro ponto importante a ser destacado é que após um episódio de captura/marcação/soltura os juvenis não voltavam a serem capturados em nenhum outro coletor durante a campanha amostral. Talvez, após um episódio de estresse (confinamento com adultos), esses juvenis acabem por se refugiar a fim de se proteger e evitar novos encontros com os adultos (proteção contra predação). Deve-se também levar em consideração a possibilidade levantada por Bendtsen & Hansen (2013), segundo os quais, quando uma população está em equilíbrio ela conta com o recrutamento para se manter em equilíbrio. Ou seja, os juvenis oriundos dessas populações são absorvidos por elas mesmas, já que contam com uma taxa de mortalidade para manter seus níveis estáveis. No estudo de Bendtsen & Hansen (2013) há uma taxa de recrutamento bastante alta, com uma biomassa de cerca de 253 organismos/m², o que mantinha a população estudada em equilíbrio há cerca de vinte anos.

As fêmeas são consideradas categorias demográficas importantes para a manutenção da população, pois além de sua função reprodutiva também apresentam o comportamento de

migrarem longas distâncias para liberar seus ovos/larvas em locais seguros (BAS et al., 2009; BERTELSEN; 2013). Em estudo realizado por BERTELSEN (2013) foi constatado que fêmeas da espécie *Panulirus argus* deslocam-se cerca de um quilômetro para liberar suas larvas, realizando o que é chamado de migração reprodutiva. Em nosso estudo foi possível observar que as fêmeas que carregavam filhotes foram capturadas principalmente em áreas em que o substrato parece ser o preferido pelos juvenis da espécie (cap.2).

O processo de dispersão é essencial na dinâmica das populações, já que em alguns casos há a necessidade de fluxo gênico entre sub-populações para que estas se mantenham (MANCY et al., 2013). Porém, o processo de dispersão para espécies bentônicas não é um processo simples, já que para alcançar um local propício ao seu desenvolvimento, e então susceptível à colonização, os indivíduos precisam passar por regiões não tão adequadas à sua sobrevivência (MUELLER & FAGAN, 2008; POOS & JACKSON, 2012). Dessa forma, essas espécies têm sua dispersão bastante relacionadas com a qualidade do substrato que terão que percorrer até chegar ao local de colonização/assentamento (POOS & JACKSON, 2012; ALMEIDA et al., 2013; AZEVEDO et al., 2014). Para realizar tal deslocamento o indivíduo necessita apresentar reservas de energia capazes de suportar a passagem em locais inóspitos, e ao fim deste ainda ter "forças" para colonizar a área adequada, uma vez que há a possibilidade de haverem encontros agonísticos entre a espécie colonizadora com espécies que já estejam no local (AYRES-PERES et al., 2011a). Nesses casos, é importante ao agente dispersor apresentar condições físicas para fazer a "travessia", relacionado principalmente com reservas energéticas e armamento de defesa.

O processo de dispersão pode apresentar um viés sexual, e para invertebrados é reportado tanto a dispersão de fêmeas quanto de machos (e.g. ALBRECHTSEN & NACHMAN, 2001; PETIT et al., 2001). Os machos foram os mais abundantes nas três campanhas amostrais. Além de sempre estarem presentes como recapturas nos coletores, indicando que o processo de captura pode não ser um fator estressante a ponto dele preferir ficar refugiado após o episódio e não sair em busca de alimento. Esse pode ser considerado um caso de dispersão densidade-dependente, já que estes animais apresentam uma área de vida necessária para realizar suas atividades diárias. Dessa forma, além de terem a capacidade desse deslocamento, pois como visto por Ayres-Peres et al. (2011b) indivíduos de *A. manuinflata* são capazes de percorrer mais de 100 metros em uma semana, e machos adultos de *A. longirostri* podem caminhar cerca de até 30 metros por dia (Cap. 3). Estes animais também apresentam os quelípodos mais

desenvolvidos, se comparados aos juvenis e fêmeas, o que lhes confere uma maior capacidade de proteção contra coespecíficos e predadores

No caso de dispersão por adultos, esses organismos podem ser considerados "sedentários com área de vida", que representam animais que tem uma área de vida, que não é muito grande se comparada com a área ocupada pela população como um todo, e que são capazes de dispersar, quando o ambiente apresenta condições de estresse (MUELLER & FAGAN, 2008). Assim, a variabilidade na aptidão de um indivíduo para passar (vencer) entre manchas de habitat não adequados é a chave para a evolução da dispersão (BOWLER & BENTON, 2005; MUELLER & FAGAN, 2008; DÍAZ-TAPIA et al., 2013; MANCY et al., 2013). E essa variação pode surgir a partir de dinâmicas populacionais ou de fatores que determinam a qualidade intrínseca do habitat (BOWLER & BENTON, 2005).

Diferente do esperado, os eglídeos juvenis não apresentam dispersão preferencialmente passiva, deslocam-se no ambiente de forma ativa. Entretanto suas incursões não apresentam o mesmo sucesso que a dos adultos, que podem caminhar distâncias bem maiores que os juvenis. Ao que parece os juvenis tendem a se manterem afastados dos adultos, evitando-os. O baixo índice de captura/recaptura de indivíduos dessa classe de tamanho dariam suporte para esta afirmação. Além disso, também foi possível identificar que a densidade de captura de juvenis é menor no inverno, e também no outono, possivelmente dado pelas condições adversas dessa época do ano. Também observamos que durante o inverno é mais comum capturar juvenis em coletores dispostos no centro do riacho; enquanto que na primavera há maior probabilidade de captura de juvenis em coletores dispostos na região litorânea do riacho, isso pode ser explicado pelo fato de que no inverno a densidade de indivíduos ativos na área é menor, o que reduz a predação por co-específicos adultos, fato este que é contrário ao que ocorre na primavera, onde um número maior de indivíduos adultos estão ativos.

5-REFERÊNCIAS

ALBRECHTSEN, B. & NACHMAN, G. Female-biased density-dependent dispersal of a tephritid fly in a fragmented habitat and its implications for population regulation. *Oikos*. 94:263-271, 2001.

ALMEIDA, D.; MERINO-AGUIRRE, R.; ANGELER, D.G. Benthic invertebrate communities in regulated Mediterranean streams and least-impacted tributaries. **Limnologica**. 43:34-42, 2013.

ANDERSON, K.E. et al. Modeling the influence of flow on invertebrate drift across spatial scales using a 2D hydraulic model and a 1D population model. **Ecological Modelling**. 265:207-220, 2013.

ARENAS, J. La cordillera de la costa como refugio de la fauna dulcícola preglacial. **Archivos de Biología y Medicina Experimentales**. 10: 1-40. 1974.

AYRES-PERES, L.; ARAÚJO, P. B.; SANTOS, S. (2011). Description of the agonistic behavior of *Aegla longirostri* (Decapoda: Aegliidae). **Journal of Crustacean Biology**. 31(3), 379-388, 2011a.

AYRES-PERES, L. et al. Radio-telemetry techniques in the study of displacement of freshwater anomurans. **Nauplius**. 19(1):41-54, 2011b.

AZEVEDO, I.C.; BORDALO, A.A.; DUARTE, P. Influence of freshwater inflow variability on the Douro estuary primary productivity: A modelling study. **Ecological Modelling**. 272: 1-15, 2014.

BACLES, C.F.E.; LOWE, A.J.; ENNOS, R.A. Effective seed dispersal across a fragmented landscape. **Science** 311 (5761): 628, 2006.

BAGUETTE, M.; DYCK, H.V. Landscape connectivity and animal behavior: functional grain as a key determinant for dispersal. **Landscape Ecology**. 22: 1117-1129, 2007.

BAS, C. et al. Larval dispersion of the estuarine crab *Neohelice granulata* in coastal marine waters of the Southwest Atlantic. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. 83: 569–576, 2009.

BENDTSEN, J.; HANSEN, J.L.S. A model of life cycle, connectivity and population stability of benthic macro-invertebrates in the North Sea/Baltic Sea transition zone. **Ecological Modelling**. 267: 54-65, 2013.

BERTELSEN, R.D. Characterizing daily movements, nomadic movements, and reproductive migrations of *Panulirus argus* around the Western Sambo Ecological Reserve (Florida, USA) using acoustic telemetry. **Fisheries Research**, 144: 91-102, 2013.

BILTON, D.T.; FREELAND, J.R.; OKAMURA, B. Dispersal in freshwater invertebrates. **Annual Review of Ecology and Systematics**. 32: 159-181, 2001.

BLACKMON, D.C.; EGGLESTON, D.B. 2001. Factors influencing planktonic, post-settlement dispersal of early juvenile blue crab (*Callinectes sapidus* Rathbun). **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. 257: 183-203, 2001.

BOND-BUCKUP, G.; BUCKUP, L. **A família Aeglidae (Crustacea, Decapoda, Anomura)**. Arquivos de Zoologia 32(4):159-346, 1994

BOND-BUCKUP, G.; BUENO, A. A. P.; KEUNECKE, K. A. Primeiro estágio juvenil de *Aegla prado* Schmitt (Crustacea, Decapoda, Anomura, Aeglidae). **Revista Brasileira de Zoologia**. 13(4): 1049-1061, 1996.

BOTTON, M.L.; LOVELAND, R.E. Abundance and dispersal potential of horseshoe crab *Limulus polyphemus* larvae in the Delaware estuary. **Estuaries**. 26:1472- 1479, 2003.

BOWLER, D.E. & BENTON, T.G. Causes and consequences of animal dispersal strategies: relating individual behaviour to spatial dynamics. **Biological Reviews**. 80: 205-225, 2005.

CASSINI, M. H. et al. Scale-dependent analysis of an otter-crustacean system in Argentinian Patagonia. **Naturwissenschaften**. 96: 593-599, 2009.

COGO, G.B. & SANTOS, S. The role of aeglids in shredding organic matter in neotropical streams. **Journal of Crustacean Biology**. 33: 519-526, 2013.

COLPO, K.D.; RIBEIRO, L.O.; SANTOS, S. Population biology of the freshwater anomuran *Aegla longirostri* (Aeglidae) from south brazilian streams. **Journal of Crustacean Biology**. 25:495-499, 2005.

DÍAZ-TAPIA, P.; BÁRBARA, I.; DÍEZ, I. Multi-scale spatial variability in the intertidal benthic assemblages: Differences between sand-free and sand-covered rocky habitats. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. 133: 97-108, 2013.

FAGAN, W.F. et al. Invasion theory and biological control. **Ecology Letters**. 5: 148-157, 2002.

FRANCISCO, D.A.; BUENO, S.L.; KIHARA, T.C. Description of the first juvenile of *Aegla franca* Schmitt, 1942 (Crustacea, Decapoda, Aeglidae). **ZOOTAXA**. 1509: 17–30, 2007.

GRIMM, V. et al. META X: generic software for metapopulation viability analysis. **Biodiversity and Conservation**. 13:165-188, 2004.

HOVEL, K.A. & MORGAN, S.T. Planktivory as a selective force for reproductive synchrony and larval migration. **Marine Ecology Progress Series**. 157: 79-95, 1997.

HRYCIK, J.M. et al. Dispersal kernel estimation: A comparison of empirical and modelled particle dispersion in a coastal marine system. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. 133:11-22, 2013.

LÓPEZ-GRECO, L. S. et al. Juvenile hatching and maternal care in *Aegla uruguayana* (Anomura, Aeglidae). **Journal of Crustacean Biology**. 24(2): 309-313, 2004.

MANCY, R.; PROSSER, P.; ROGERS, S. Discrete and continuous time simulations of spatial ecological processes predict different final population sizes and interspecific competition outcomes. **Ecological Modelling**. 259: 50-61, 2013.

MUELLER, T.; FAGAN, W.F. Search and navigation in dynamic environments – from individual behaviors to population distributions. **Oikos**. 117:654-664, 2008.

OKSANEN J. et al. **VEGAN**: Community Ecology Package (R package version 2.0-10). 2011. Available at: <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>. Last accessed XX December 2013.

PETIT, S. et al. Metapopulation dynamics of the bog fritillary butterfly: movement between habitat patches. **Oikos**. 92:491-500, 2001.

POOS, M.S. & JACKSON, D.A. Impact of species-specific dispersal and regional stochasticity on estimates of population viability in stream metapopulations. **Landscape Ecology**. 27: 405-416, 2012.

RISSLER, L.J.; WILBUR, H.M.; TAYLOR, D.R. The influence of ecology and genetics on behavioral variation in Salamander populations across the Eastern Continental Divide. **The American Naturalist**, 164(2), 201-213, 2004.

SANTOS, S. et al. Natural diet of the freshwater anomuran *Aegla longirostri* (Crustacea, Anomura, Aeglidae). **Journal of Natural History**. 42: 1027-1037, 2008.

SLATKIN, M. Gene flow in natural populations. **Annual Reviews Ecology, Evolution and Systematics**. 16:393–430, 1985.

SMOCK, L.A. Macroinvertebrate dispersal. In: Hauer, F.R. & Lamberti, G.A. (Org.). **Methods in stream ecology**. Oxford, Elsevier. p.465-488, 2006.

XUE, H. et al. Connectivity of lobster populations in the coastal Gulf of Maine- PART I: Circulation and larval transport potential. **Ecological Modelling**. 210: 193-211, 2008.

CONCLUSÕES GERAIS/ CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com este estudo reconhecemos itens importantes para a manutenção das populações de eglídeos. Identificamos que há flutuação na densidade populacional se compararmos as diferentes estações climáticas. Assim, observamos que os eglídeos são mais ativos na estação da primavera, quando há uma maior abundância de recursos alimentares, além de esta ser considerada uma época de pico reprodutivo. As baixas densidades encontradas no outono podem estar associadas ao estresse ambiental decorrente de verões muito rigorosos.

Este estudo ainda nos permitiu investigar mais a fundo as preferências desses eglídeos quanto ao tipo de substrato presentes no riacho, e se a preferência estava ligada a fase de desenvolvimento. Os indivíduos adultos (machos e fêmeas) apresentam preferência por substratos mais complexos, com a presença de rochas e cascalho. Por outro lado, juvenis nas primeiras fases de crescimento preferem completar seu desenvolvimento em substratos onde tenha o predomínio de areia. E mesmo em condições de ausência de predação essa é a escolha desses eglídeos.

De posse de informações de densidade populacional e preferência de substrato, partimos para elucidar se o nosso terceiro questionamento estava relacionado com o uso do riacho pelos eglídeos machos adultos, já que tínhamos o conhecimento de que eles apresentavam uma maior movimentação se comparados a fêmeas e juvenis (estudos de captura/ marcação/ recaptura). Monitoramos dez indivíduos por sete dias, e identificamos alguns padrões na movimentação diária dessa espécie. Suas movimentações são realizadas preferencialmente a noite, no período compreendido entre 22h e 04h da manhã. E dentro desse período de maior movimentação os indivíduos se deslocavam principalmente em torno de uma área que chamamos de área de residência. Após as incursões, os indivíduos normalmente retornavam para essa área menor. Estimamos a área de vida de eglídeos machos adultos em 27,75 (\pm 12,38) metros lineares em média, sendo que a maior área de vida estimada foi de 45,49 metros lineares, e a menor área de vida estimada foi de 8,41 metros lineares.

O quarto questionamento que instigou este estudo, estava relacionado com a forma como esses organismos dispersam. O deslocamento dos animais juvenis são realizados de forma ativa, portanto, podem ser considerados caminhadores ativos, tal como os adultos. Constatou-se, também, que há uma maior probabilidade dos adultos serem os agentes dispersores desse grupo, principalmente porque teriam melhores condições físicas, (reserva de energia e

quelípodos desenvolvidos capazes de protegê-los), para passar por condições adversas até alcançarem áreas propícias para a colonização.

Acreditamos que mesmo com as respostas oriundas desse estudo, mais pesquisas devem ser realizadas com esse gênero de crustáceo, dada a importância ecológica do grupo e da sua peculiar história evolutiva.

REFERÊNCIAS

ARENAS, J. La cordillera de la costa como refugio de la fauna dulcícola preglacial. **Archivos de Biología y Medicina Experimentales**. 10: 1-40, 1974.

AYRES-PERES, L. et al. Radio-telemetry techniques in the study of displacement of freshwater anomurans. **Nauplius**. 19(1):41-54, 2011.

BAS, C. et al. Larval dispersion of the estuarine crab *Neohelice granulata* in coastal marine waters of the Southwest Atlantic. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. 83: 569–576, 2009.

BERTELSEN, R.D. Characterizing daily movements, nomadic movements, and reproductive migrations of *Panulirus argus* around the Western Sambo Ecological Reserve (Florida, USA) using acoustic telemetry. **Fisheries Research**, 144: 91-102, 2013.

BLACKMON, D.C.; EGGLESTON, D.B. Factors influencing planktonic, post-settlement dispersal of early juvenile blue crab (*Callinectes sapidus* Rathbun). **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. 257: 183-203, 2001.

BOND-BUCKUP, G.; BUCKUP, L. A família Aeglidae (Crustacea, Decapoda, Anomura). **Arquivos de Zoologia** 32(4):159-346, 1994

BOND-BUCKUP, G.; BUCKUP, L. Família Aeglidae (caranguejos anomuros de água doce). In: _____. **Os crustáceos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, UFRGS. p.362-382, 1999.

BOND-BUCKUP, G. et al. Global diversity of crabs (Aeglidae: Anomura: Decapoda) in freshwater. **Hydrobiologia**. 595: 267-273, 2008.

BÜCKER, F. et al. Effect of environmental variables on the distribution of two freshwater crabs (Anomura: Aeglidae). **Journal of Crustacean Biology**. 28 (2): 248-251, 2008.

CASARIEGO, A. M. et al. Habitat shifts and spatial distribution of the intertidal crab *Neohelice (Chasmagnathus) granulata* Dana. **Journal of Sea Research**. 66: 87-94, 2011.

CASSINI, M. H. et al. Scale-dependent analysis of an otter-crustacean system in Argentinian Patagonia. **Naturwissenschaften**. 96: 593-599, 2009.

COGO, G.B.; SANTOS, S. The role of aeglids in shredding organic matter in neotropical streams. **Journal of Crustacean Biology**. 33: 519-526, 2013.

COHEN, F.P.A. et al. Life cycle and population structure of *Aegla paulensis* (Decapoda: Anomura: Aeglidae). **Journal of Crustacean Biology**. 31(3): 389-395, 2011.

DALOSTO, M. M.; SANTOS, S. Differences in oxygen consumption and diel activity as adaptations related to microhabitat in Neotropical freshwater decapods (Crustacea). **Comparative Biochemistry and Physiology, A**. 160: 461-466, 2011.

FELDMANN, R. M. *Haumuriaegla glaessneri* n. gen. and sp. (Decapoda; Anomura; Aeglidae) from Haumurian (Late Cretaceous) rocks near Cheviot, New Zealand. **New Zealand Journal of Geology and Geophysics**. 27: 379-385. 1984.

FELDMANN, R. M. et al. Early Cretaceous arthropods from the Tlayúa formation at Tepexi de Rodríguez, Puebla, México. **Journal of Paleontology**. 72(1):79-90, 1998.

FRANCISCO, D.A.; BUENO, S.L.; KIHARA, T.C. Description of the first juvenile of *Aegla franca* Schmitt, 1942 (Crustacea, Decapoda, Aeglidae). **ZOOTAXA**. 1509: 17-30, 2007.

FREIRE, J.; GONZÁLES-GURRIARÁN, E. New approaches to the behavioral ecology of crustaceans using telemetry and electronic tags. **Hydrobiologia**. 371/372: 123-132, 1998.

HAUER, F.R.; RESH, V. Macroinvertebrates In: Hauer, F.R.; Lamberti, G.A. (Org.). **Methods in stream ecology**. Oxford, Elsevier. p.435-464, 2006.

LONG, W. C. et al. Cannibalism in the red king crab, *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815): Effects of habitat type and predator density on predator functional response. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. 422: 101-106, 2012.

LÓPEZ-GRECO, L. S. et al. Juvenile hatching and maternal care in *Aegla uruguayana* (Anomura, Aeglidae). **Journal of Crustacean Biology**. 24(2): 309-313, 2004.

MATIS, J.H. et al. Population dynamics models based on cumulative density dependent feedback: A link to the logistic growth curve and a test for symmetry using aphid data. **Ecological Modelling**. 220: 1745-1751, 2009.

MCLAUGHLIN, P. A.; LEMAITRE, R.; CRANDALL, K.A. Annotated checklist of anomuran decapod crustaceans of the world (exclusive of the Kiwaoidea and families Chirostylidae and

Galatheidae of the Galatheoidea) part III – Aegloidea. **The Raffles Bulletin of Zoology**, Supplement 23: 131-137, 2010.

MILLER, S. L.; SHIMA, J. S.; PHILLIPS, N. Effects of microhabitat availability on estimates of density of a reef fish: implications for assessments of marine protected areas. **Hydrobiologia**, 2011.

PÉREZ-LOZADA M. et al. Molecular systematics and biogeography of the southern South American fresh-water “crabs” *Aegla* (Decapoda: Anomura: Aeglidae) using multiple heuristic tree search approaches. **Systematic Biology**. 53: 767-780, 2004.

SANTOS, S. et al. Natural diet of the freshwater anomuran *Aegla longirostri* (Crustacea, Anomura, Aeglidae). **Journal of Natural History**. 42: 1027-1037, 2008.

SANTOS, S. et al. New records and description of a new species of Aeglidae (Crustacea, Anomura) from river basins in Southern Brazil. **Nauplius** 18: 79-86, 2010.

SAVARIS, M. et al. Opportunistic predation of fish by anomuran crabs (Crustacea, Anomura, Aeglidae) in rivers of southern Brazil. *Biota Neotropica* 12(4): 248-252, 2012.

STEVENS, B.G. Settlement, substrate preference, and survival of red king crab *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815) glaucothoe on natural substrata in the laboratory. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology** 283, 63– 78, 2003.

SMITH, I.P.; COLLINS, K.J.; JENSEN, A.C. Digital electromagnetic telemetry system for studying behavior of decapod crustaceans. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. 247: 209-222, 2000.

SOKOLOWICZ, C.C; AYRES-PERES, L.; SANTOS, S. Atividade nictimeral e tempo de digestão de *Aegla longirostri* (Crustacea, Decapoda, Anomura). **Iheringia** 97(3): 235-238, 2007.

TAPELLA, F. et al. Substrate preferences and redistribution of blue king crab *Paralithodes platypus* glaucothoe and first crab on natural substrates in laboratory. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology** 372, 31-35, 2009.

TOKESHI, M.; ARAKAKI, S. Habitat complexity in aquatic systems: fractals and beyond. **Hydrobiologia** 685, 27-47, 2012.

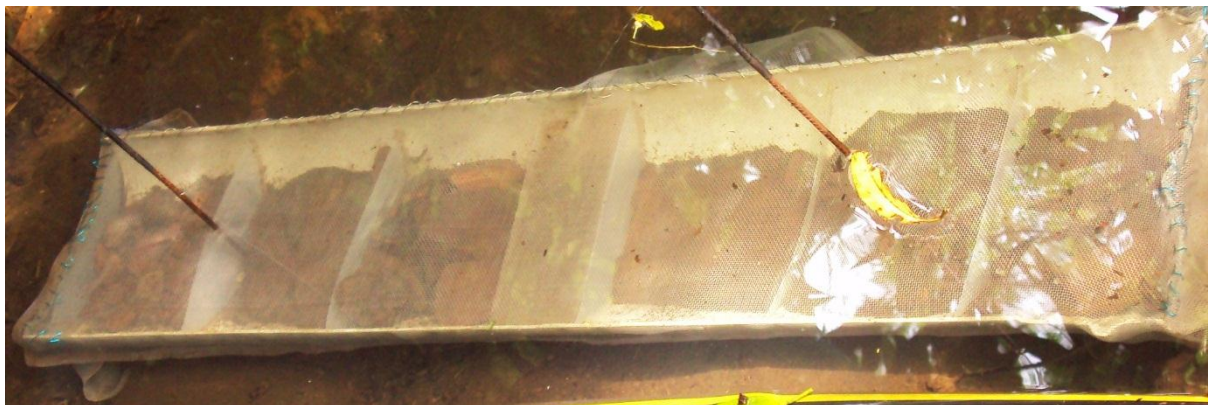
ANEXOS

ANEXO 1: Área onde os estudos de densidade populacional, preferência de substrato (1ª parte), utilização de área de rio e dispersão de eglídeos foram realizados. Estudo conduzido durante os anos de 2010 e 2011. Sanga do Caranguejo, Distrito de Vale Vêneto, Região central do Rio Grande do Sul, Brasil.



ANEXO 2: Calha de PVC utilizado durante a primeira fase do estudo de preferência de substrato de indivíduos de *Aegla longirostri*, na primavera de 2011 (A). Coletor do tipo Surber utilizado na segunda fase do estudo de preferência de substrato de indivíduos de *Aegla longirostri* em ambiente natural (Imagem retirada de: <http://www.equiposfauna.com.br>) (B). Ambos estudos foram conduzidos em riachos de primeira ordem na região Central do Rio Grande do Sul.

A



B



ANEXO 3: Indivíduo de *Aegla longirostri*, com o transmissor aderido no cefalotórax, logo após a captura e verificação dos dados biométricos (A). Indivíduo de *Aegla longirostri* monitorado visualizado durante o estudo no período noturno (B).

A**B**

ANEXO 4: Coletor do tipo covo utilizado durante o estudo de densidade populacional e dispersão de *Aegla longirostri* durante o inverno e primavera de 2010, e outono de 2011. Estudo realizado em riacho de primeira ordem na região Central do Rio Grande do Sul, Brasil.

