



MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE  
INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE  
CEPTA

**Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do Instituto Chico  
Mendes de Conservação da Biodiversidade- PIBIC/ICMBio**

**Relatório Final**  
**(2018-2019)**

**INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA SOBRE A SOBREVIVÊNCIA  
DE HYALELLA MEINERTI (CRUSTACEA, AMPHIPODA)**

**Beatriz Gonçalves Menaldo Pedro**

**Orientador(a): Carla Natacha Marcolino Polaz**  
**Coorientador: Neliton Ricardo Freitas Lara**

**Pirassununga**  
**Agosto/2019**

## **1. Resumo e abstract**

### **1.1 Resumo**

A elevada abundância em áreas naturais e o hábito alimentar omnívoro-detritívoro, faz com que as hyalellas representem um importante elo nas teias alimentares dos ecossistemas aquáticos. Apesar da sua importância para os ecossistemas dulcícolas, muitas das espécies da região neotropical carecem de informações básicas sobre história de vida e ecologia. Assim, o objetivo do presente estudo foi determinar como diferentes regimes de temperatura interferem em parâmetros populacionais como reprodução, crescimento e sobrevivência de *Hyalella meinerti*, uma espécie de Amphipoda amplamente distribuída no território brasileiro. Para tal, conduzimos um experimento em laboratório no qual monitoramos pequenas populações de *H. meinerti* (cinco casais) mantidas em quatro tratamentos de temperatura (18°C, 20°C, 24°C e 28°C). Casais em amplexo foram raros e pouco representativos das populações iniciais, assim como filhotes. Esses fatores em conjunto não permitiram fazer qualquer inferência sobre a reprodução e o crescimento de *H. meinerti*, entretanto, as diferentes temperaturas ocasionaram diferentes curvas de sobrevivência. A sobrevivência diminuiu com o passar do tempo em todas as populações, e se deu de maneira mais rápida e acentuada em temperaturas mais elevadas. Os resultados observados sugerem que *H. meinerti* tem um melhor desempenho quando em temperaturas entre 18°C e 20°C. Dessa forma, o presente estudo elucidou um importante aspecto ecológico que contribui tanto para a conservação de *H. meinerti* e de seus ambientes na natureza, como para a manutenção em cativeiro desses organismos.

Palavras-chave: *Hyalella meinerti*, temperatura, sobrevivência.

### **1.2 Abstract**

The high abundance in natural areas and the omnivore-detritivorous eating habits make hyalellas an important link in the food webs of aquatic ecosystems. Despite their importance to freshwater ecosystems, many species in the neotropical region lack basic information on life history and ecology. Therefore, the purpose of the present study was to determine how different temperature regimes interfere with population parameters such as reproduction, growth and survival of *Hyalella meinerti*, a species of Amphipoda widely distributed in the Brazilian territory. To this end, we conducted a laboratory experiment in which we monitored small populations of *H. meinerti* (five couples) maintained on four temperature treatments

(18°C, 20°C, 24°C and 28°C). Embrace couples were rare and unrepresentative of early populations, as were juveniles. These factors together didn't allow any inference on *H. meinerti* reproduction and growth. However, different temperatures led to different survival curves. Survival declined over time in all populations and occurred faster and more sharply at higher temperatures. The observed results suggest that *H. meinerti* has a better performance when at temperatures between 18°C and 20°C. Thus, the present study elucidates an important ecological aspect that contributes both to the conservation of *H. meinerti* and its environments in nature, as well as to the captive maintenance of these organisms.

## 2. Lista de Figuras, Quadros, Tabelas, Abreviaturas e Siglas, Símbolos

FIGURA 1. Potes onde foram dispostas as fêmeas ovadas de <i>Hyaella meinerti</i> referentes ao Experimento Piloto I.....	8
FIGURA 2. Potes onde foram dispostos os casais de <i>Hyaella meinerti</i> referentes ao Experimento Piloto II.....	9
FIGURA 3. Potes onde foram dispostos os filhotes de <i>Hyaella meinerti</i> referentes ao Experimento Piloto III.....	10
TABELA 1. Descrição da presença de fêmeas e filhotes de <i>Hyaella meinerti</i> no início (Dia 1) e no fim (Dia 45) do período do experimento piloto I.	
TABELA 2. Descrição da presença de adultos e filhotes de <i>Hyaella meinerti</i> no início (Dia 1) e no fim (Dia 29) do período do experimento piloto II.....	11
FIGURA 4. Porcentagem de sobrevivência e porcentagem de indivíduos adultos (maduros sexualmente) de <i>H. meinerti</i> em relação ao número de indivíduos no início do experimento, nos diferentes tratamentos de temperatura.....	13
FIGURA 5. Temperatura média do ar observada para o laboratório do experimento (Lab.) e para o ambiente externo da cidade de Pirassununga (Amb.), e temperatura média da água observada em cada um dos tratamentos (T1, T2, T3 e T4).....	13
TABELA 3. Medidas de pH, Amônia e Nitrito da água dos diferentes tratamentos de temperatura, no início (Semana 1) e no fim (Semana 10) do período do experimento final.....	14
FIGURA 6. Taxa de Sobrevivência (%) de indivíduos de <i>H. meinerti</i> ao longo de 10 semanas (S1-S10) nos diferentes tratamentos de temperatura (T1, T2, T3 e T4).....	15

## Sumário

1. Resumo e <i>abstract</i> .....	2
2. Lista de Figuras, Quadros, Tabelas, Abreviaturas e Siglas, Símbolos .....	3
3. Introdução .....	5
4. Objetivos .....	7
5. Material e Métodos.....	7
6. Resultados .....	10
7. Discussão e Conclusões .....	15
8. Recomendações para o manejo .....	19
9. Agradecimentos.....	19
10. Citações e referências bibliográficas .....	20

### 3. Introdução

Os crustáceos da ordem Amphipoda fazem parte da superordem Peracarida, que é caracterizada pela presença de uma estrutura denominada marsúpio ou pericárdio, onde ocorre a fertilização e incubação dos ovos até a eclosão (BOROWSKY, 1991). Dentre os Amphipoda com ocorrência na região Neotropical, as espécies que apresentam hábitos epígeos (não cavernícolas ou subterrâneos) são todas representantes do gênero *Hyalella* (CARDOSO et al., 2014). Essas espécies se distribuem ao longo de diferentes ecossistemas aquáticos, onde podem ser encontradas aderidas a macrófitas, nadando na coluna d'água ou submersas no sedimento (KRUSCHWITZ 1978, WELLBORN 1995). Os principais itens alimentares das espécies do grupo são algas e bactérias associadas ao sedimento e a macrófitas aquáticas (HARGRAVE, 1970; MURKIN & ROSS, 2000), e animais mortos e material vegetal em decomposição (COOPER, 1965).

Em função da elevada abundância nas áreas naturais e do hábito alimentar omnívoro-detrítivo, as *Hyalella* spp. representam um importante elo nas teias alimentares dos ecossistemas aquáticos (MOORE, 1975; MATTHEWS et al., 1992; CUNHA et al., 2000a). Apesar da relevância para os ecossistemas dulcícolas neotropicais, a maioria dos estudos com o grupo se relacionam a sistemática (PEREIRA, 2004; GONZÁLEZ et al., 2006) e áreas de ocorrência e distribuição (FREIRE & SEREJO, 2004; LOPES & MASUNARI, 2004). Como consequência, muitas das espécies de *hyalella* com ocorrência no Brasil carecem de informações básicas sobre história de vida e ecologia.

A história de vida se refere ao conjunto de características de um organismo que determina a sua aptidão no ambiente no qual se encontra (RICKLEFS, 2000), tais como tamanho corpóreo ao nascer, padrão de crescimento, tempo até atingir a maturidade sexual e tamanho da prole. Esses e outros aspectos da história de vida de um organismo podem ser influenciados tanto por fatores bióticos como abióticos do seu habitat. Dentre os fatores abióticos que podem interferir na reprodução e crescimento dos Amphipoda destacam-se a temperatura, o fotoperíodo, e a latitude (WILLIAMS, 1985; WILHELM & SCHINDLER, 2000; MARANHÃO & MARQUES, 2003).

Grande parte dos estudos desenvolvidos com *Hyalella* spp. se refere a uma única espécie nativa da América do Norte, *Hyalella azteca*, utilizada como modelo experimental em laboratórios dos Estados Unidos, Canadá, Alemanha e Brasil. Tais estudos abordam aspectos reprodutivos, populacionais, taxonômicos e sistemáticos e

também sobre a influência de alguns fatores ambientais sobre os aspectos biológicos da espécie, além da sua utilização em testes de toxicidade (COOPER, 1965; PILGRIM & BURT, 1993; WELLBORN & BARTHOLF, 2005). Embora tenham sido conduzidos alguns estudos relacionados a aspectos biológicos e ecológicos de espécies neotropicais, esses contemplaram espécies marinhas (JACOBUCCI *et al.*, 2006) e espécies com ocorrência no Rio Grande do Sul (OZGA, 2014). No presente estudo, propõe-se estudar aspectos da biologia e ecologia de *H. meinerti*, espécie amplamente distribuída no território brasileiro (GONZÁLEZ & WATLING, 2003).

As *hyalellas*, e os Amphipoda em geral, são utilizados como alimento por diferentes tipos de animais que ocorrem nos ambientes aquáticos naturais, como peixes e aves (COOPER, 1965; MUSKÓ, 1990). Além disso, algumas espécies do grupo apresentam fácil adaptação a cultivos em laboratório (NEUPARTH *et al.*, 2002), o que se deve a características como as elevadas densidades nas quais são encontradas na natureza, a rápida adaptação às condições laboratoriais, ao curto tempo de geração, a fácil determinação do sexo e tamanho dos espécimes em cativeiro, e a grande tolerância a manipulações experimentais (COOPER 1965, BOROWSKY 1991, DUAN *et al.* 1997). Dessa forma, apresentam um grande potencial como modelo experimental em laboratórios e para utilização como alimento vivo na manutenção de peixes mantidos em cativeiro.

O Plano De Ação Nacional Para Conservação Dos Peixes Rivulídeos Ameaçados De Extinção prevê apoio a projetos de pesquisa para manutenção de populações viáveis de rivulídeos *ex situ* (Ação 2.2). Em muitos dos ambientes aquáticos temporários nos quais ocorrem esses peixes, eles são predadores de topo (LAUFER *et al.*, 2009; POLACIK & REICHARD, 2010). Assim, é desejável que a dieta dos peixes mantidos em cativeiro se equivalha o máximo possível da encontrada nos ambientes naturais, de maneira a garantir melhores condições às populações *ex situ*. Diante disso, estudos da história de vida de *Hyalella meinerti* poderão contribuir para a implementação de cultivos laboratoriais, com grande potencial para subsidiar a alimentação e manutenção de populações *ex situ* de rivulídeos mantidos no CEPTA, ou que venham a ser estabelecidos em outros centros de pesquisa e conservação.

#### 4. Objetivos

O presente estudo teve como objetivo determinar como diferentes regimes de temperatura interferem na sobrevivência, na taxa reprodutiva e no crescimento de indivíduos de *Hyalella meinerti* mantidos em condições laboratoriais controladas.

#### 5. Material e Métodos

Inicialmente foram conduzidos alguns experimentos piloto de manutenção e reprodução da espécie em cativeiro, de maneira a subsidiar os experimentos propostos inicialmente. Todos os experimentos foram conduzidos em uma sala climatizada do laboratório de ecologia aquática e do CEPTA-ICMBIO.

Experimento Piloto I: 16 fêmeas ovadas provenientes de uma cultura estoque previamente estabelecida em laboratório (CEPTA) foram individualizadas em potes plásticos de 300 ml. Os 16 potes foram dispostos em uma bandeja contendo água e um aquecedor/termostato de modo a manter uma temperatura média de 24°C e iluminação ambiente. Em cada um dos potes foram inseridos ramos flutuantes de plantas aquáticas (*Egeria densa*) e três sementes de eucalipto (*Eucalyptus sp*), que serviram de esconderijo e alimento para as *H. meinerti* (FIGURA 1). Os potes ficaram assim dispostos durante 45 dias e foram avaliados semanalmente (a cada sete dias).

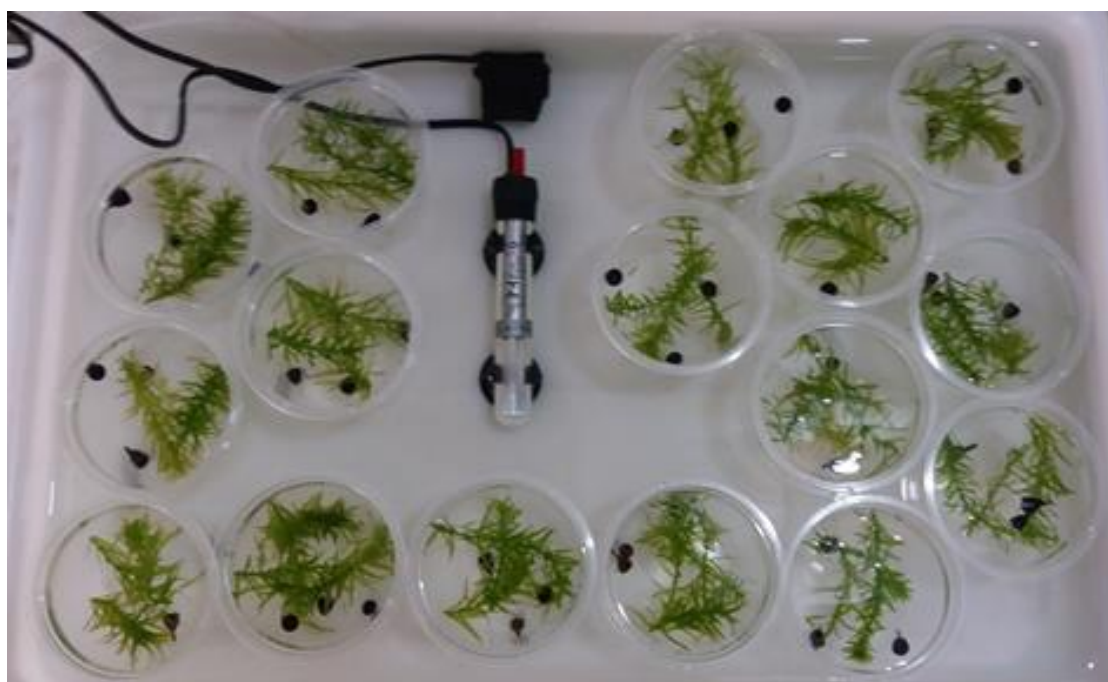


FIGURA 1. Potes onde foram dispostas as fêmeas ovadas de *Hyalella meinerti* referentes ao Experimento Piloto I.

Experimento Piloto II: 20 casais em amplexo provenientes de uma cultura estoque previamente estabelecida em laboratório (CEPTA) foram separados em potes plásticos de 300 ml e mantidos em uma bandeja com temperatura e iluminação ambiente. Em cada um dos potes foi inserida uma camada fina de substrato (fibra de coco fervida), ramos flutuantes de plantas aquáticas (*Egeria densa*) e duas sementes de eucalipto (*Eucalyptus sp*), que serviram de esconderijo e alimento para as *H. meinerti* (FIGURA 2). Os potes ficaram assim dispostos durante 30 dias e foram avaliados semanalmente (a cada sete dias).



FIGURA 2. Potes onde foram dispostos os casais de *Hyaella meinerti* referentes ao Experimento Piloto II.

Experimento Piloto III: 144 filhotes, provenientes de uma cultura estoque previamente estabelecida em laboratório (CEPTA), foram selecionados e separados em grupos de 6 animais por pote (1000 ml). Em cada um dos potes foi inserida uma camada fina de substrato (fibra de coco fervida), ramos flutuantes de plantas aquáticas (*Egeria*



*densa*), duas sementes e três folhas de eucalipto (*Eucalyptus sp*), que serviram de esconderijo e alimento para as *H. meinerti* (FIGURA 3). Os potes contendo os grupos de filhotes foram mantidos em bandejas com água e aquecedores/termostatos de maneira a simular quatro tratamentos de temperatura: i. Temperatura ambiente (18°C); ii. 21°C; iii. 26°C; e iv. 29°C. Os potes ficaram assim dispostos durante 50 dias e foram avaliados semanalmente (a cada sete dias).

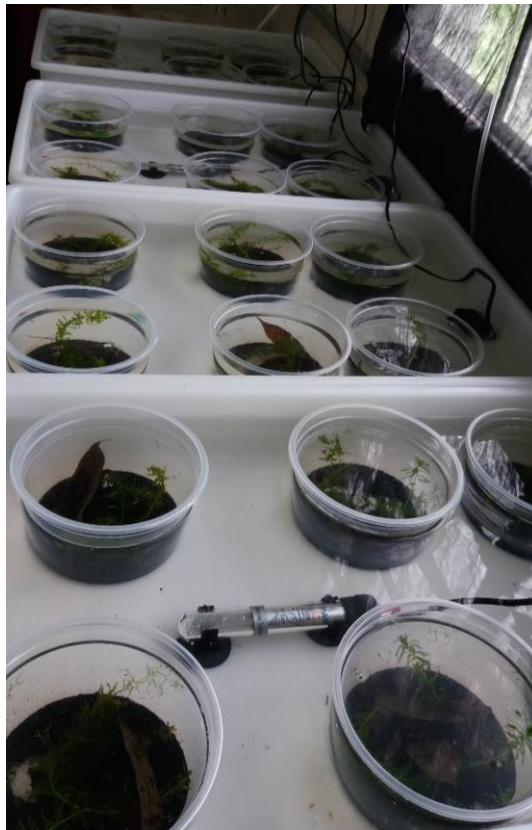


FIGURA 3. Potes onde foram dispostos os filhotes de *Hyalella meinerti* referentes ao Experimento Piloto III.

Com base nos resultados obtidos nos três experimentos piloto foi conduzido um experimento final.

Experimento Final: 100 casais (200 indivíduos), provenientes de uma cultura estoque previamente estabelecida em laboratório (CEPTA), foram selecionados e separados em grupos de 5 casais por pote (1000 ml). Em cada um dos potes foi inserida uma camada fina (1cm) de substrato (fibra de coco fervida), três ramos flutuantes de plantas aquáticas (*Egeria densa*), duas sementes e três folhas de eucalipto (*Eucalyptus sp*), que serviram de esconderijo e alimento para as *H. meinerti*. Os potes contendo os

grupos de casais foram mantidos em bandejas com água e aquecedores/termostatos de maneira a simular quatro tratamentos de temperatura: i. temperatura ambiente (18°C); ii. 20°C; iii. 24°C; e iv. 28°C. Os potes ficaram assim dispostos durante 64 dias e foram avaliados semanalmente (a cada sete dias). Além disso, ao longo do período do experimento, aferimos diariamente, três vezes ao dia, as temperaturas da sala onde o experimento foi conduzido, do ambiente externo a sala, e das bandejas correspondentes a cada um dos quatro tratamentos. No início e ao final do experimento também foram coletadas amostras de água de cada um dos tratamentos e medidos o pH, a amônia e o nitrito, todos através de testes comerciais de aquarismo.

## 6. Resultados

Ao final do período do experimento piloto I, 50% (oito) dos potes apresentavam fêmeas ovadas e nenhum filhote, 25% (quatro) apresentavam fêmeas não ovadas e nenhum filhote, 12,5% (dois) não apresentavam fêmeas ou filhotes, e apenas 12,5% (dois) apresentavam tanto fêmeas como filhotes. No pote 15 foram observados cinco filhotes e uma fêmea ovada, porém morta. No pote 16 foram observados apenas um filhote e uma fêmea não ovada. Embora os potes tenham sido acompanhados semanalmente, filhotes foram observados somente 45 dias após o início do teste. (TABELA 1).

TABELA 1. Descrição da presença de fêmeas e filhotes de *Hyalella meinerti* no início (Dia 1) e no fim (Dia 45) do período do experimento piloto I. \*:Indivíduo morto.

N° do pote	Início (Dia 1)		Final (Dia 45)	
	Fêmea	Filhotes	Fêmea	Filhotes
1	Ovada	-	Ovada	-
2	Ovada	-	Não Ovada	-
3	Ovada	-	Não Ovada	-
4	Ovada	-	Ovada	-
5	Ovada	-	Ovada	-
6	Ovada	-	Ovada	-
7	Ovada	-	Ovada	-
8	Ovada	-	Ovada	-

9	Ovada	-	Não Ovada	-
10	Ovada	-	Ovada	-
11	Ovada	-	Não Ovada	-
12	Ovada	-	Ovada	-
13	Ovada	-	-	-
14	Ovada	-	-	-
15	Ovada	-	Ovada*	5
16	Ovada	-	Não Ovada	1

Embora tenham sido inicialmente montados 20 potes para acompanhar a reprodução dos casais em amplexo ao longo do experimento piloto II, no primeiro dia de acompanhamento os indivíduos do pote 1 foram encontrados mortos. Apenas 20% dos potes (quatro) apresentaram filhotes ao fim do período de teste, dos quais dois apresentaram apenas um filhote e nenhum adulto, um apresentou um filhote e apenas um dos adultos de sexo indeterminado e um apresentou quatro filhotes e o casal em amplexo. Em 40% dos potes (oito) foi encontrado um adulto morto e nenhum filhote, sendo que em três desses foi possível determinar que as fêmeas (ovadas) permaneceram vivas, e em 40% dos potes (oito) nem adultos nem filhotes foram encontrados (TABELA 2)

TABELA 2. Descrição da presença de adultos e filhotes de *Hyaella meinerti* no início (Dia 1) e no fim (Dia 29) do período do experimento piloto II.

N° do pote	Dia 1		Dia 29	
	Adultos	Filhotes	Adultos	Filhotes
1	-	-	-	-
2	Casal em Amplexo	-	Indivíduo de sexo indeterminado	1
3	Casal em Amplexo	-	-	-
4	Casal em Amplexo	-	-	-
5	Casal em Amplexo	-	Casal em Amplexo	4
6	Casal em Amplexo	-	-	-
7	Casal em Amplexo	-	-	-
8	Casal em Amplexo	-	Apenas a fêmea ovada	-

9	Casal em Amplexo	-	-	-
10	Casal em Amplexo	-	Apenas a fêmea ovada	-
11	Casal em Amplexo	-	-	-
12	Casal em Amplexo	-	Indivíduo de sexo indeterminado	-
13	Casal em Amplexo	-	Indivíduo de sexo indeterminado	-
14	Casal em Amplexo	-	-	-
15	Casal em Amplexo	-	Indivíduo de sexo indeterminado	-
16	Casal em Amplexo	-	-	1
17	Casal em Amplexo	-	-	1
18	Casal em Amplexo	-	Indivíduo de sexo indeterminado	-
19	Casal em Amplexo	-	Indivíduo de sexo indeterminado	-
20	Casal em Amplexo	-	Indivíduo de sexo indeterminado	-

Ao longo do experimento piloto III foi possível notar que os filhotes *de H. meinerti*, apresentaram maiores taxas de sobrevivência e de maturação sexual (casais em amplexo e fêmeas ovadas) em temperaturas mais baixas, e alta mortalidade em temperaturas mais elevadas. No tratamento de temperatura ambiente (18°C) 44% dos indivíduos iniciais sobreviveram e 17% atingiram a maturidade sexual, no tratamento de 21°C 61% dos indivíduos sobreviveram e 25% atingiram a maturidade, no tratamento de 26°C 44% dos indivíduos sobreviveram, mas apenas 3% atingiram a maturidade sexual, e no tratamento de 29°C apenas 14% dos indivíduos sobreviveram, e nenhum atingiu a maturidade sexual (FIGURA 4).

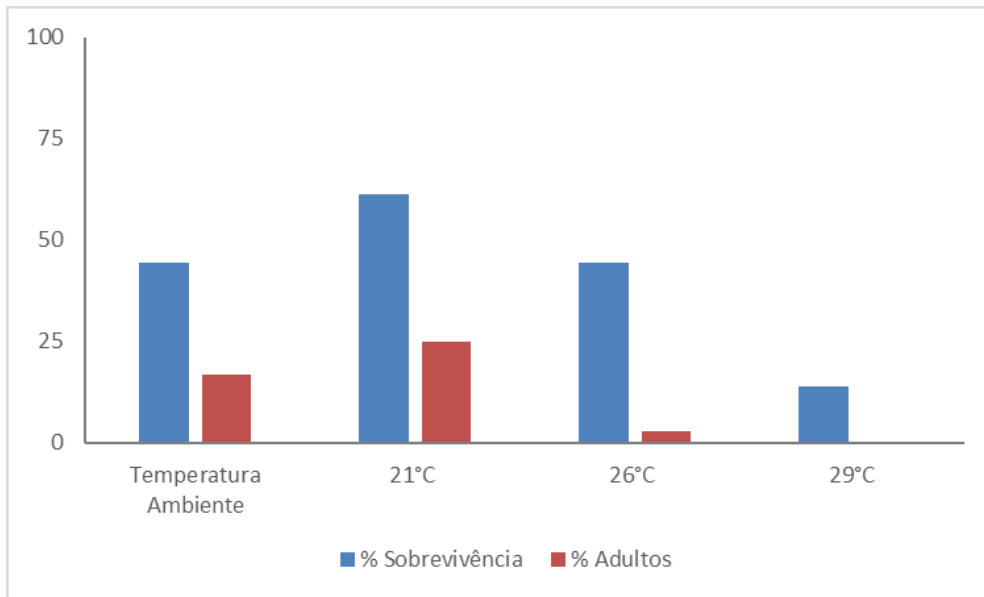


FIGURA 4. Porcentagem de sobrevivência e porcentagem de indivíduos adultos (maduros sexualmente) de *H. meinerti* em relação ao número de indivíduos no início do experimento, nos diferentes tratamentos de temperatura.

No experimento final as temperaturas em cada um dos tratamentos tiveram pouca variação, e apresentaram valores médios de  $17,97 \pm 1,42$  °C no tratamento i;  $19,79 \pm 0,68$  °C no tratamento ii,  $23,65 \pm 1,54$  °C no tratamento iii, e  $27,93 \pm 1,75$  °C no tratamento iv, respectivamente (FIGURA 5).

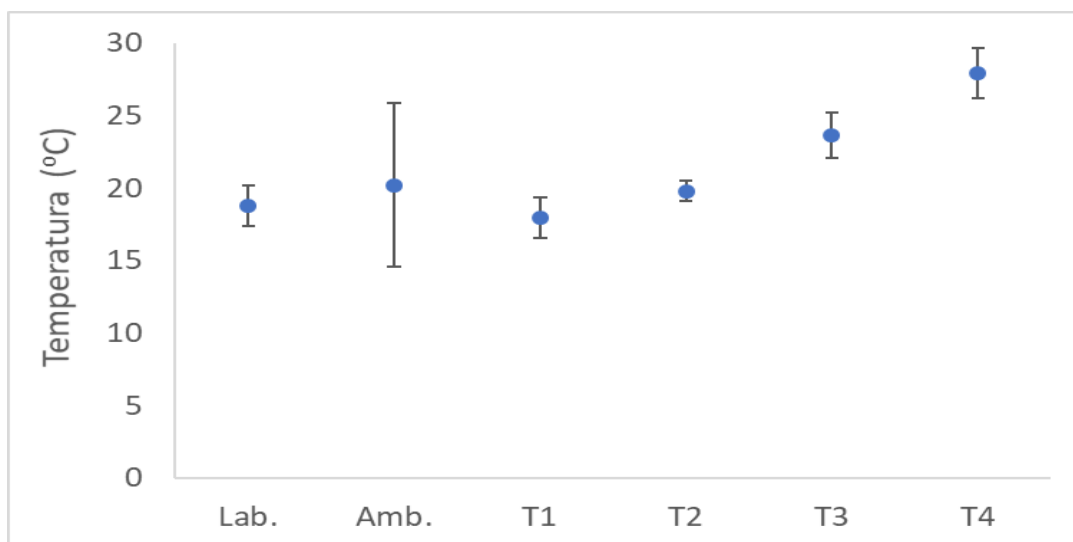


FIGURA 5. Temperatura média do ar observada para o laboratório do experimento (Lab.) e para o ambiente externo da cidade de Pirassununga (Amb.), e temperatura média da água observada em cada um dos tratamentos (T1, T2, T3 e T4).

Os valores de pH ficaram em torno de 6,5 , com variações pouco significativas tanto entre tratamentos como entre o início e o fim do experimento. Os níveis de amônia e nitrito estiveram sempre zerados, ao longo de todo o experimento e em todos os tratamentos (TABELA 3).

TABELA 3. Medidas de pH, Amônia e Nitrito da água dos diferentes tratamentos de temperatura, no início (Semana 1) e no fim (Semana 10) do período do experimento final.

Tratamento	Início (Semana 1)			Final (Semana 10)		
	pH	Amônia	Nitrito	pH	Amônia	Nitrito
18°C	6,4	0	0	6,4	0	0
20°C	6,6	0	0	6,4	0	0
24°C	6,6	0	0	6,2	0	0
28°C	6,2	0	0	6,4	0	0

Casais em amplexo foram raros e pouco representativos nas populações em todos os tratamentos, e apenas dois filhotes foram observados de maneira pontual. Juntos esses dados não permitiram fazer qualquer inferência sobre a reprodução e o crescimento de *H. meinerti*, como propostos inicialmente, entretanto, as diferentes temperaturas ocasionaram diferentes curvas de sobrevivência. Apesar das taxas de sobrevivência ao final da décima semana terem sido muito baixas em todos os tratamentos e dos tratamentos apresentarem o mesmo padrão de curvas de sobrevivência, a inclinação das curvas variou entre as temperaturas. A sobrevivência diminuiu com o passar do tempo em todas as populações, entretanto essa diminuição se deu de maneira mais rápida e acentuada em temperaturas mais elevadas (FIGURA 6).

No tratamento de 18°C a sobrevivência final foi de 4% da população inicial, a maior dentre todos os tratamentos, e o número de indivíduos da população decaiu gradativamente até a semana sete, quando teve uma queda mais acentuada. No tratamento de 20°C a sobrevivência final foi de 2%, e a população decaiu gradativamente até a semana 5, na semana 6 houve uma queda mais drástica, e a partir da semana 7 voltou a ser gradativa. No tratamento de 24°C a sobrevivência final foi de 2%, e a mortalidade dos indivíduos foi bem acentuada até a semana 4, a partir da qual a pequena população se manteve praticamente estável. No tratamento de 28°C toda a

população se extinguiu ao final do experimento, e os indivíduos apresentaram uma mortalidade bastante drástica já entre a semana 1 e a semana 2, um pouco menos intensa entre as semanas 1 e 3, e se extinguiu na semana 5.

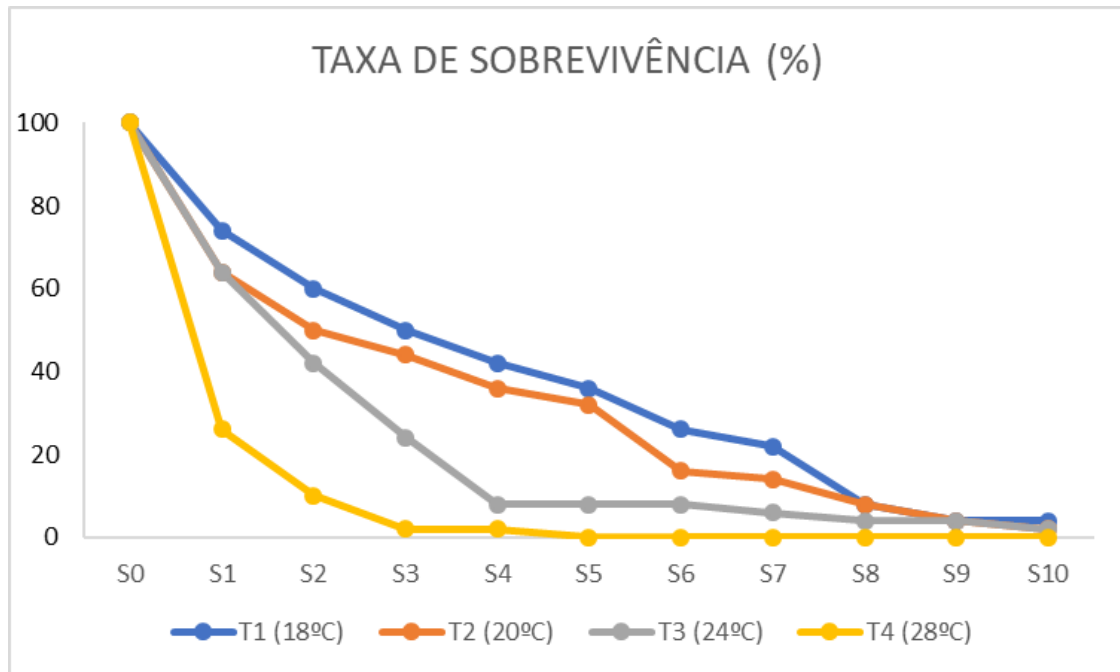


FIGURA 6. Taxa de Sobrevivência (%) de indivíduos de *H. meinerti* ao longo de 10 semanas (S1-S10) nos diferentes tratamentos de temperatura (T1, T2, T3 e T4).

## 7. Discussão e Conclusões

No decorrer do experimento piloto I as condições experimentais não possibilitaram um ambiente propício para a eclosão dos filhotes presentes nos ovos no marsúpio das fêmeas. Um dos possíveis fatores responsáveis pelo padrão observado pode estar relacionado à ausência de substrato nos potes de cultivo. Alguns estudos indicam que a presença de substrato pode ser determinante para a sobrevivência e reprodução das espécies de *Hyaella*. STRONG (1972) estudou populações de *H. azteca* provenientes de diferentes ambientes, e observou associação desses organismos aos diferentes substratos encontrados. Em ambientes que apresentavam um tapete de algas distribuído uniformemente, indivíduos de *H. azteca* foram encontrados em toda sua extensão de maneira homogênea. Em ambientes com substrato de silte orgânico, fatores como a temperatura da água determinaram a distribuição das *Hyaellas*. Em ambientes onde o substrato era heterogêneo no espaço e no tempo, os indivíduos de *H. azteca*

apresentaram uma distribuição espacial igualmente heterogênea. Nesse último caso, o substrato era composto principalmente por cascalhos nus, mas no verão eram formados bancos de macrófitas disjuntos que concentravam matéria orgânica, e consequentemente, apresentavam maior densidade de *Hyaellas*.

Além de fornecer abrigo, o substrato pode possuir microrganismos associados a ele, e assim representar uma importante fonte de nutrição para as *Hyaellas*, fornecendo energia fundamental para os processos metabólicos que ocorrem no seu organismo (HARGRAVE, 1970). Em outro estudo foi analisada experimentalmente a relação entre diferentes substratos e a taxa reprodutiva de *H. azteca*. Na presença de um substrato artificial de plástico a reprodução foi baixa, na presença um substrato de gaze de algodão a reprodução apresentou taxas intermediárias, e na presença de sedimento natural filtrado a reprodução apresentou as maiores taxas (BORGSMANN et. al., 1989). Esses estudos em conjunto, sugerem que alguns fatores como o teor de matéria orgânica dos substratos e o seu papel em proteger os indivíduos de predadores, principalmente aqueles visualmente orientados, podem estar relacionados a associação entre as *Hyaellas* e determinados tipos de substrato. Dessa forma, a presença de substrato e, preferencialmente, substrato de origem natural ou com alto teor de matéria orgânica, deve beneficiar a manutenção e reprodução de espécies de *Hyaella* em cultivos laboratoriais.

No experimento piloto II, apesar da utilização de casais em amplexo ao invés de fêmeas ovadas, e da presença de substrato, ainda assim nem todos os animais sobreviveram até o final do experimento, e poucos apresentaram filhotes. Embora as chances de fecundação dos ovos sejam potencializadas pela presença de machos, e as condições ambientais sejam melhoradas na presença de substrato, outro fator deve ter diminuído o sucesso de sobrevivência e reprodução nesse caso. Uma possibilidade, é que a baixa densidade de indivíduos esteja associada aos resultados observados. WILDER (1940) encontrou que em baixas densidades ( $< 10$ ), a taxa de mortalidade inicial é alta e diminui conforme ocorre o envelhecimento dos animais. Por outro lado, quando em altas densidades (10 a 100 indivíduos), os animais apresentam baixa mortalidade inicial, entretanto, essas taxas aumentam consideravelmente ao longo do envelhecimento. Assim, tanto no experimento piloto I, como no experimento piloto II, a baixa densidade inicial utilizada pode ter sido determinante para o pouco sucesso de sobrevivência e reprodução observados.



Os resultados obtidos no experimento piloto III, assim como os obtidos no experimento final são congruentes, e quando analisados em conjunto demonstram que temperaturas entre 18°C e 20°C parecem beneficiar a sobrevivência de indivíduos de *H. meinerti*. Outros estudos conduzidos com espécies do gênero *Hyaella* também associam vários parâmetros populacionais as temperaturas dos ambientes e microhabitats que esses organismos ocupam, e em alguns casos indicam que as temperaturas preferenciais de várias espécies ficam em torno de 20°C. Em um estudo conduzido em lagos termais na região de Oregon, que apresentavam grandes variações de temperatura (12°C a 40°C), maior concentração de *Hyaellas* foi observada em locais onde a água variou de 20°C a 25°C (STRONG, 1972). Em outro estudo, nos Lagos de Ontário, os autores observaram aumento nas taxas de mortalidade de *Hyaella azteca* quando em locais onde a temperatura era mais elevada (PANOV et al, 1998).

Estudos conduzidos em laboratório também demonstram repostas de espécies de *Hyaella* a diferentes temperaturas da água. COOPER (1965) realizou experimentos com *H. azteca* oriundas da região de Michigan e encontrou taxas de crescimento e de maturação mais intensas e aceleradas quando os organismos foram mantidos em 20°C e 25°C. Quando mantidos em 15°C as taxas foram pronunciadamente mais lentas do que nos tratamentos de temperaturas mais elevadas, enquanto em temperatura de 10°C a alta taxa de mortalidade dos indivíduos impossibilitou qualquer cálculo. PANOV e MCQUEEN (1998) também estudaram o efeito de gradientes de temperatura sobre *Hyaella azteca*, e encontraram que a sobrevivência dos indivíduos tende a diminuir conforme a temperatura aumenta.

Embora poucos estudos tenham sido feitos com espécies dulcícolas tropicais de *Hyaellas*, nesses casos a faixa de temperatura de melhor desempenho para os organismos também parece convergir para algo próximo a observada em estudos com espécies temperadas. TORRES (2012) acompanhou por 13 meses uma população selvagem de *Hyaella sp.* no oeste de Minas Gerais, onde a temperatura média da água foi de 21,9°C, embora seja mais estável do que nas regiões temperadas (DP =  $\pm 3,17$ ), e observou reprodução ao longo de todo o ano. Esses resultados congruentes de espécies de regiões tão distantes e com padrões climáticos tão diferentes, pode sugerir que essa seja uma resposta ecológica preservada na maioria das espécies dulcícolas do grupo.

Uma possível explicação para a resposta equivalente das diferentes espécies de *Hyaella* pode estar relacionada aos microhabitats onde essas espécies ocorrem quando em ambiente natural. Por serem organismos detritívoros, em sua maioria, as *Hyaellas*

tendem a preferir microhabitats ricos em matéria orgânica e com deposição de detritos, que normalmente estão associados os locais com menos incidência de luz, e com temperaturas mais amenas e estáveis, como a região bentônica, ou litorânea dos corpos da água, isso quando apresentam vegetação ripária. PANOVA e MCQUEEN (1998) também observaram que a temperatura e os microhabitats onde as *Hyalell*s se encontram podem possuir uma relação. Os autores encontraram faixas preferidas de temperatura em torno de 20°C e observaram que em alguns casos podem ocorrer movimentos dos organismos nos corpos de água induzidos por diferenças de temperatura entre diferentes localidades. Sendo que, no ambiente natural, os indivíduos do gênero foram observados em lagos, regiões rasas com temperatura até 20°C, onde apresentam seu máximo desenvolvimento.

O efeito negativo de altas temperaturas pode estar relacionado tanto a processos mais diretos, como acelerar o metabolismo de organismos ectotérmicos como as *Hyalell*s, o que poderia ocasionar mortes mais precoces, como a efeitos indiretos de temperaturas mais elevadas. Temperaturas mais altas da água podem ter um efeito negativo sobre o oxigênio dissolvido nessa água, o que contribui ainda mais para acelerar o metabolismo de organismos que dependem desses teores para realizar trocas gasosas (PILGRIM, 1993).

A partir dos resultados obtidos no experimento final, podemos, portanto, assumir que a faixa na qual *H. meinerti* apresenta melhor desempenho se dá entre 18°C e 20°C, ou seja, valores próximos aos observados para outras espécies do grupo, em diferentes regiões, com diferentes padrões climáticos, sugerindo que isso pode ser um padrão preservado dentro do grupo. Além disso, os resultados obtidos dos experimentos piloto sugerem que outros fatores além da temperatura podem ser importantes para a manutenção de populações viáveis tanto na natureza, como em cativeiro, como a presença de substrato rico em matéria orgânica e populações iniciais grandes. Entretanto, esses fatores adicionais devem ser estudados de maneira mais aprofundada futuramente, para que essas previsões sejam mais bem testadas. Dessa forma, o presente estudo elucidou um importante aspecto ecológico que contribui tanto para a conservação de *H. meinerti* e de seus ambientes na natureza, como para a manutenção em cativeiro desses organismos.

## **8. Recomendações para o manejo**

Apesar de *Hyalella* spp. ser considerado um bom modelo experimental e um grupo de organismos de fácil cultivo em laboratório, grande parte dos estudos que embasam esses dados foram conduzidos com *H. azteca*, espécie naturalmente encontrada em regiões da América Central e do Norte. Dessa forma, os dados aqui apresentados representam os primeiros testes laboratoriais que visam estabelecer condições padrões para o cultivo de *H. meinerti*, espécie nativa do Brasil e outras regiões da América de Sul. Com base nos resultados apresentados, concluiu-se que um dos fatores fundamentais para o enriquecimento ambiental necessário para manutenção da espécie em cativeiro é a presença de substrato, preferencialmente rico em matéria orgânica, que fornece abrigo, alimento e aproxima o ambiente experimental do natural.

Outro fator que se mostrou determinante para o sucesso de cultivo *ex situ* foi a densidade inicial de indivíduos. A partir dos nossos resultados, ficou claro que a individualização de fêmeas ovadas ou de casais em amplexo foi prejudicial à sobrevivência e reprodução em cativeiro. Assim, como sugerido em outros estudos conduzidos com outras espécies, uma densidade inicial mínima de 10 indivíduos parece mais adequada, entretanto, estudos voltados mais especificamente para essa questão devem ser conduzidos futuramente com essa e outras espécies tropicais. O experimento final foi realizado com 10 indivíduos iniciais, e ainda assim apresentou baixo sucesso de reprodução dos organismos, assim é recomendado uma densidade inicial ainda maior.

Os resultados obtidos no presente estudo, em congruência com outros trabalhos já realizados com outras espécies do gênero, oriundas de outras regiões, indicam uma temperatura preferencial em torno de 20°C para o cultivo de *H. meinerti* em cativeiro.

## **9. Agradecimentos**

Agradeço ao CNPq, ao ICMBio – CEPTA e ao PAN Rivulídeos pelo apoio financeiro e institucional que proporcionou o desenvolvimento do presente projeto.

Ao Laboratório de Limnologia, do Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva da UFSCar, à professora Odete Rocha e ao técnico José Valdecir de Lucca.

Às técnicas dos laboratórios de Rivulídeos e Limnologia do CEPTA, Luciana Hayashi e Rayra Dituri.

Ao Neliton Ricardo Freitas Lara, pela coorientação e apoio na elaboração e desenvolvimento do projeto.

À Msc. em Ecologia Aplicada Juliana Antônio, pelo auxílio nos testes e experimento piloto.

À orientadora Carla Natacha Marcolino Polaz, pela credibilidade e apoio ao projeto.

À Lígia Caetano pela disposição, disponibilidade, credibilidade, auxílio e palavras de estímulo que sempre deram apoio.

Agradeço também o apoio incondicional da minha família e amigos.

À minha mãe, Daniela, e irmãos, Laís e Gabriel, por sempre estarem do meu lado, me apoiando e dando força nos melhores e piores momentos, sendo fundamental durante todo o projeto.

Aos meus amigos, em especial à Beatriz Lódola, Christian Ribeiro e Felipe David, que nunca deixaram de me ouvir, apoiar e auxiliar no que estava ao seu alcance.

## **10. Citações e referências bibliográficas**

BORGMANN, U.; RALPH, K. M.; NORWOOD, W. E. Toxicity Test Procedures for *Hyalella azteca*, and Chronic Toxicity of Cadmium and Pentachlorophenol to *H. azteca*, *Gammarus fasciatus*, and *Daphnia magna*. Arch. Environ. Contam. Toxicol. v.18, p. 756-764, 1989.

BOROWSKY, B. Patterns of reproduction of some amphipod crustaceans and insights into the nature of their stimuli. Crustacean sexual biology, p. 33-49. 1991.

CARDOSO, G. M.; ARAUJO, P. B.; BUENO, A. D. P.; FERREIRA, R. L. Two new subterranean species of *Hyalella* Smith, 1874 (Crustacea: amphipoda: Hyalellidae) from Brazil. Zootaxa, v. 3814(3), p. 353-368. 2014.

COOPER, W. E. Dynamics and Production of a Natural Population of a Fresh-Water Amphipod, *Hyalella azteca*. Ecological Monographs, v. 35, n. 4, p. 377-394. 1965.

CUNHA, M. R.; SORBE, J. C.; MOREIRA, M. H. The amphipod *Corophium multisetosum* (Corophiidae) in Ria de Aveiro (NW Portugal). I. Life history and aspects of reproductive biology. Marine Biology, v. 137, n. 4, p. 637-650. 2000.

DUAN, Y.; GUTTMAN, S. I.; ORIS, J. T. Genetic differentiation among laboratory populations of *Hyalella azteca*: implications for toxicology. Environmental Toxicology and Chemistry, v. 16, n. 4, p. 691-695. 1997.

FREIRE, P. R.; SEREJO, C. S. The genus *Trischizostoma* (Crustacea: Amphipoda: Trischizostomidae) from the southwest Atlantic, collected by the REVIZEE Program. Zootaxa, v. 645, n. 1, p. 1-15. 2004.

- GONZÁLEZ, E. R.; BOND-BUCKUP, G.; ARAUJO, P. B. Two new species of *Hyalella* from southern Brazil (Amphipoda: Hyalellidae) with a taxonomic key. *Journal of Crustacean Biology*, v. 26, n. 3, p. 355-365. 2006.
- GONZÁLEZ, E. R.; WATLING, L. A new species of *Hyalella* from Brazil (Crustacea: Amphipoda), and redescriptions of three other species in the genus. *Journal of Natural History*, v. 37, n.17, p. 2045–2076. 2003.
- HARGRAVE, B.T. The utilization of benthic microflora by *Hyalella azteca* (Amphipoda). *The Journal of Animal Ecology*, p. 427-437. 1970.
- JACOBUCCI, G. B.; LEITE, F. P. P. Biologia populacional das espécies de Ampithoidae (Amphipoda, Crustacea) associadas a *Sargassum filipendula* C. Agarth, na Praia da Fortaleza, Ubatuba, São Paulo. *Revista Brasileira de Zoologia*, Curitiba, v. 23, n.00, p. 1207-1216, 2006.
- KRUSCHWITZ, L. G. Environmental Factors Controlling Reproduction of the Amphipod *Hyalella azteca*. In: *Proceedings of the Oklahoma Academy of Science*. p. 16-21. 1978.
- LAUFER, G.; ARIM, M.; LOUREIRO, M.; PIÑEIRO-GUERRA, J. M.; CLAVIJO-BAQUET, S.; FAGÚNDEZ, C. Diet of four annual killifishes: an intra and interspecific comparison. *Neotropical Ichthyology*, v. 7(1), p. 77-86. 2009.
- LOPES, O. L.; MASUNARI, S. Biologia reprodutiva de *Talitroides topitotum* (Burt) (Crustacea, Amphipoda, Talitridae) na Serra do Mar, Guaratuba, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*. V. 21 (4), p. 755-759. 2004
- MARANHÃO, P.; MARQUES, J. C. The influence of temperature and salinity on the duration of embryonic development, fecundity and growth of the amphipod *Echinogammarus marinus* Leach (Gammaridae). *Acta Oecologica*, v. 24, n. 1, p. 5-13. 2003.
- MATTHEWS, S.L.; J.S. BOATES & S.J. WALDE. 1992. Shorebird predation may cause discrete generations in an amphipod prey. *Ecography*, Copenhagen, v. 15, p. 393-400. 1992.
- MOORE, J.W. The Role of algae in the diet of *Asellus aquaticus* and *Gammarus pulex*. *J. Anim. Ecol.* V. 44, p. 719–730. 1975.
- MURKIN, H. R.; ROSS, L. C. M. Invertebrates in prairie wetlands. In Murkin, H. R., A. G. van der Valk & W. R. Clark (eds), *Prairie Wetland Ecology: The Contribution of the Marsh Ecology Research Program*. Iowa State University Press, Ames, IA: 201–248. 2000.
- MUSKO, I. B.; MEINEL, W.; KRAUSE, R.; BARLAS, M. The impact of Cd and different pH on the amphipod *Gammarus fossarum* Koch (Crustacea: Amphipoda). *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Comparative Pharmacology*, v. 96(1), p. 11-16.1990.

- NEUPARTH, T; COSTA, Fx O; COSTA, Mx H. Effects of temperature and salinity on life history of the marine amphipod *Gammarus locusta*. Implications for ecotoxicological testing. *Ecotoxicology*, v. 11, n. 1, p. 61-73. 2002.
- OZGA, A. V. Estrutura populacional e Biologia Reprodutiva de duas espécies de *Hyalella smith*, 1874 (crustacea, amphipoda, hyalellidae). Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Sanya Maria, RS, Brasil, 2014.
- PANOV, Ve; MCQUEEN DJ. Effects of temperature on individual growth rate and body size of freshwater amphipod. *Can J Zool* v. 76, p. 1107-1116. 1998.
- PILGRIM, W; BURT, M. D.B. Effect of acute pH depression on the survival of the freshwater amphipod *Hyalella azteca* at variable temperatures: field and laboratory studies. *Hydrobiologia*, v. 254, n. 2, p. 91-98. 1993.
- PEREIRA, V. F. G. C. *Hyalella dielaii* sp. nov. from São Paulo, Brazil (Amphipoda, Hyalellidae). *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 21, n. 2, p. 179-184. 2004.
- POLACIK, M.; REICHARD, M. Diet overlap among three sympatric African annual killifish species *Nothobranchius* spp. from Mozambique. v. 77, n. 3, p.754-768. 2010.
- RICKLEFS, R. E. Lack, Skutch, and Moreau: the early development of life-history thinking. *The Condor*, v. 102, n. 1, p. 3-8. 2000.
- STRONG, D. R. JR. Life history variation among populations of an amphipod (*Hyalella azteca*). *Ecology*, Vol. 53, No. 6, p. 1103-1111. 1972
- TORRES, S. H. S. Dinâmica populacional e ciclo de vida de *Hyalella* sp. (Amphipoda, Dogielinotidae), em córrego no Oeste de Minas Gerais, Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil, 2012.
- WELLBORN, G. A. Predator community composition and patterns of variation in life history and morphology among *Hyalella* (Amphipoda) populations in southeast Michigan. *American Midland Naturalist*, p. 322-332. 1995.
- WELLBORN, G. A; BARTHOLF, S. E. Ecological context and the importance of body and gnathopod size for pairing success in two amphipod ecomorphs. *Oecologia*, v. 143, n. 2, p. 308-316. 2005.
- WILDER J. The effects of population density upon growth, reproduction, and survival of *Hyalella azteca*. *Physiological zoology*, v. 13, n. 4, p. 439-461. 1940.
- WILHELM, F. M; SCHINDLER, D. W; MCNAUGHT, A. S. The influence of experimental scale on estimating the predation rate of *Gammarus lacustris* (Crustacea: Amphipoda) on *Daphnia* in an alpine lake. *Journal of Plankton Research*, v. 22, n. 9, p. 1719-1734. 2000.
- WILLIAMS, J.A. The role of photoperiod in the initiation of breeding and brood development in the amphipod *Talitrus saltator*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* v. 86, p. 59-72.1985.