

Dinâmica populacional de *Jassa slatteryi* em substrato artificial, São Sebastião, São Paulo, Brasil.

Maurea N. Flynn¹

Maria Teresa Valério-Berardo,

William R. L. S. Pereira

CCBS – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Rua da Consolação, 896 – 01302-907, São Paulo/SP.

Resumo. A estrutura por classe de tamanho, a oscilação em densidade, a razão sexual, a curva de sobrevivência, o potencial reprodutivo, o tempo de geração, a capacidade suporte do ambiente, a taxa de crescimento intrínseco per capita e a probabilidade de extinção foram estabelecidos para uma população de *Jassa slatteryi* associada a placas de substrato artificial de programa de monitoramento do Terminal Petrolífero de São Sebastião. A amostragem foi feita mensalmente de março de 1997 a março de 1998. Ocorreram dois picos reprodutivos, um menor em maio e outro contínuo ao longo dos meses mais quentes do ano, de outubro a março, acarretando uma sobreposição de gerações. Razão sexual média de 0,32, favorável às fêmeas, foi registrado um padrão freqüente em organismos da epifauna. *Jassa slatteryi* parece ser estrategista em r com fêmeas iteroparas e ciclo multivoltínico. O potencial reprodutivo médio estimado foi de 9,9214 ind./ind.ano⁻¹. A produção de ovos menores está ligada a uma diminuição do tamanho da fêmea madura, o que permite a produção de um maior número de ninhadas ao longo da vida. A estratégia reprodutiva está relacionada ao habitat costeiro de alto risco, onde a espécie está exposta a variações de maré, pressão osmótica e temperatura. A capacidade suporte do ambiente para a espécie na ausência de impacto é de 5000 indivíduos por 900 cm². Não houve previsão de extinção natural.

Palavras-chave: *amphipoda*, *substrato artificial*, *dinâmica populacional*.

1 Introdução

Os anfípodas de vida livre são usados como indicadores de poluição ambiental em programas de monitoramento marinho. A dinâmica populacional de *Jassa*

¹flynn@uol.com.br

slatteryi vem sendo usada no programa de monitoramento do terminal petrolífero da Petrobrás no Canal de São Sebastião desde 1995 (Flynn et al., 2007, 2005). Este programa envolve o uso de substrato artificial funcionando como ensaio de toxicidade *in situ*. As placas fundeadas e avaliadas ao fim de certos períodos de imersão servem para verificar o padrão temporal de recrutamento larval e o subsequente desenvolvimento da população de *J. slatteryi*.

O objetivo deste trabalho é fornecer parâmetros da dinâmica populacional da *J. slatteryi* como estrutura por classe de tamanho, a razão sexual, a curva de sobrevivência, o potencial reprodutivo, o tempo de geração, a capacidade suporte do ambiente, a taxa de crescimento intrínscico per capita e a probabilidade de extinção natural como subsídio para a avaliação de impacto por petróleo no terminal petrolífero Almirante Barroso (SP).

2 Metodologia

Placas experimentais de plástico branco, com dimensão 30 X 30 cm, presa a tubos plásticos com braçadeiras também plásticas foram fixadas a um metro de profundidade ao píer petrolífero do Terminal Almirante Barroso da Petrobras, em São Sebastião, litoral norte do Estado de São Paulo, em três pontos próximos aos difusores do emissário submarino, nas coordenadas 23°48,35'S e 45°23,1'W.

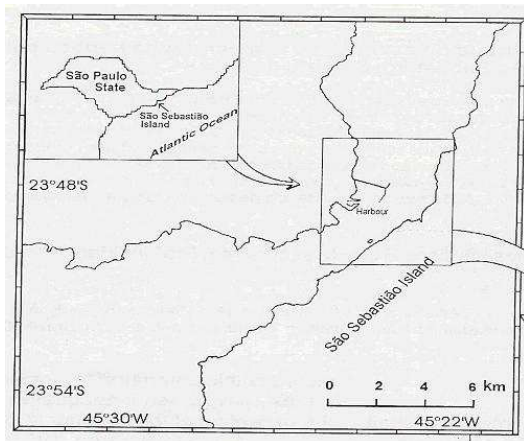


Figura 1: Mapa da região



Figura 2: Placas experimentais

Os pontos foram visitados regularmente de março de 1997 a março de 1998. As placas de cada ponto tiveram seus dois lados fotografados; e, em seguida uma amostra de 150 cm² era retirada de um dos lados da placa, sendo as placas fundeadas novamente; todo o material colocado em recipientes com solução de formol a 4% para transporte ao laboratório, sendo então transferido para álcool 70% neutralizado. A análise dos organismos coletados em cada placa foi realizada sob lupa. Uma sub-amostra foi retirada, correspondendo a 10% do volume total de cada amostra, para a contagem de organismos muito numerosos. Os organismos da espécie *J. slaterryi* foram contados, medidos e seus sexos identificados. O valor obtido foi extrapolado de acordo com o volume total da amostra, obtendo-se a densidade dos mesmos nas referidas placas.

Com esses dados, montou-se um gráfico de flutuação populacional. Estabeleceu-se a capacidade suporte do ambiente para a espécie em placas. Em seguida, calculou-se a razão sexual ou *sex ratio* para cada mês. Para o conhecimento do número real de fêmeas em cada mês, pois quando jovens não é possível distinguir o sexo. O *sex ratio* obtido em cada mês foi aplicado aos jovens contidos em cada classe etária, e então se extraiu as fêmeas jovens. Para a construção das tabelas de vida, somente as fêmeas foram consideradas. Com a soma das fêmeas jovens e adultas de cada classe, calculou-se o N_x . Assim, obtém-se o número real de indivíduos potencialmente reprodutivos. Por convenção, estipula-se um número inicial de 1000 indivíduos para a obtenção de um N_x padronizado.

Alguns parâmetros demográficos foram usados para a construção da tabela de vida. A taxa de sobrevivência (l_x), o número de fêmeas de cada classe de comprimento x dividido pelo número de fêmeas na classe inicial:

$$l_x = \frac{N_x}{N_0}$$

A fecundidade (m_x) foi obtida da função-potência (Franz, 1988)

$$m_x = NE = 0,11 \times l_{mm}^{3,25}$$

que relaciona o tamanho corporal da fêmea (mm) e o tamanho da ninhada, baseado em dados obtidos em todas as estações do ano. Como a ninhada compreende machos e fêmeas, o *sex ratio* foi ajustado ao NE , obtendo apenas o número de fêmeas dentro da ninhada (m'_x).

O potencial reprodutivo (R_0) foi calculado pelo somatório do produto $l_x m_x$ de cada classe de comprimento, expressa pela equação:

$$R_0 = \sum_{x=1}^6 l_x m_x \quad (1)$$

O tempo de geração (T) foi estimado pela soma total de $l_x m_x x$ dividido pelo potencial reprodutivo:

$$T = \frac{\sum_{x=1}^6 l_x m_x x}{\sum_{x=1}^6 l_x m_x} \quad (2)$$

A taxa intrínseca de crescimento foi obtida pela aproximação:

$$r \approx \frac{\ln(R_0)}{T} \quad (3)$$

Para quantificar a aleatoriedade ambiental foi considerada a seguinte relação: $\sigma_r^2 > 2\bar{r}$.

A equação que mede o comportamento da variância da população ao longo do tempo é:

$$\sigma_{N_t}^2 = N_0^2 e^{2\bar{r}t} (e^{\sigma_r^2} - 1) \quad (4)$$

O crescimento populacional foi simulado a partir da curva logística

$$N(t) = \frac{KN(0)e^{rt}}{K + N(0)(e^{rt} - 1)} \quad (5)$$

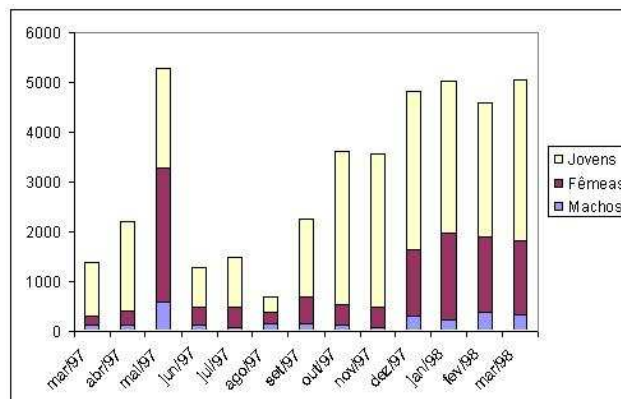
3 Resultados

Os organismos coletados em cada mês divididos em machos, fêmeas e jovens, no período de março de 1997 a março de 1998, estão listados na tabela 1.

A variação temporal da população de *J. slatteryi* no período de coleta mostra oscilações coincidentes no período de 97 a 98 com as épocas reprodutivas (figura 3), apresentando as maiores densidades no veranico de maio e período de verão, e as menores densidades na primavera. O mesmo padrão foi observado para os jovens, as fêmeas e os machos.

Tabela 1: Distribuição de indivíduos de *Jassa slatteryi* por categoria do período de Março de 1997 a Março de 1998.

Meses	Macho	Fêmea	Jovens	Total
mar/97	115	210	1053	1378
abr/97	137	284	1762	2183
mai/97	589	2691	2001	5281
jun/97	127	356	798	1281
jul/97	75	392	1022	1489
ago/97	161	231	295	687
set/97	151	531	1560	2242
out/97	132	410	3078	3620
nov/97	70	410	3078	3558
dez/97	310	1331	3170	4811
jan/98	210	1766	3046	5022
fev/98	383	1519	2695	4597
mar/98	333	1491	3219	5043

Figura 3: Flutuação populacional de *Jassa slatteryi*

Machos e fêmeas apresentaram comprimento que variou entre 2 mm e 7 mm. A razão sexual variou ao longo do período estudado sendo, entretanto, sempre favorável as fêmeas. Os valores médios do potencial reprodutivo (R_0), tempo de geração (t) e da taxa de crescimento intrínseco (r) para cada mês estudado estão nas tabelas

apresentadas nas figuras 4 e 5.

	N_x	l_x	m_x	m_x^*	$l_x m_x$	R_0	$l_x m_x x$	T	r	$\log N_x$
mar97	1.000,000	1,000	0,578	-	-	4,411	-	3,114	0,477	3,000
	888,057	0,888	2,478	1,801	1,419	-	2,937	-	-	2,947
	337,428	0,337	6,932	4,479	1,511	-	4,534	-	-	2,528
	105,571	0,105	15,259	9,859	1,041	-	4,163	-	-	2,024
	23,685	0,024	28,874	18,657	0,440	-	2,200	-	-	1,373
	-	-	49,279	-	-	-	-	-	-	-
abr97	1.000,000	1,000	0,578	-	-	6,134	-	3,744	0,484	3,000
	717,820	0,718	2,478	1,871	1,200	-	2,399	-	-	2,858
	336,002	0,336	6,932	4,876	1,571	-	4,714	-	-	2,528
	154,826	0,155	15,259	10,293	1,594	-	6,376	-	-	2,190
	58,399	0,058	28,874	19,478	1,137	-	5,887	-	-	1,768
	19,014	0,019	49,279	33,243	0,632	-	3,792	-	-	1,279
mai97	1.000,000	1,000	0,578	-	-	13,995	-	4,106	0,643	3,000
	1.000,000	1,000	2,478	-	-	-	-	-	-	3,000
	697,027	0,697	6,932	5,688	3,964	-	11,898	-	-	2,843
	465,894	0,466	15,259	12,519	5,834	-	23,334	-	-	2,668
	124,404	0,124	28,874	23,689	2,947	-	14,735	-	-	2,095
	30,828	0,031	49,279	40,429	1,250	-	7,502	-	-	1,490
jun97	1.000,000	1,000	0,578	-	-	6,081	-	3,686	0,490	3,000
	968,774	0,969	2,478	-	-	-	-	-	-	2,988
	532,397	0,532	6,932	5,110	2,720	-	8,161	-	-	2,726
	226,863	0,227	15,259	11,246	2,549	-	10,196	-	-	2,355
	38,129	0,038	28,874	21,282	0,811	-	4,057	-	-	1,581
	-	-	49,279	-	-	-	-	-	-	-
jul97	1.000,000	1,000	0,578	-	-	6,342	-	3,000	0,616	3,000
	965,077	0,965	2,478	2,080	2,007	-	4,014	-	-	2,985
	399,714	0,400	6,932	5,819	2,328	-	6,978	-	-	2,602
	156,817	0,157	15,259	12,908	2,009	-	8,034	-	-	2,195
	-	-	28,874	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	49,279	-	-	-	-	-	-	-
ago97	1.000,000	1,000	0,578	-	-	12,680	-	4,702	0,540	3,000
	957,787	0,958	2,478	-	-	-	-	-	-	2,981
	911,208	0,911	6,932	-	-	-	-	-	-	2,960
	698,690	0,699	15,259	8,992	6,282	-	25,129	-	-	2,844
	227,251	0,227	28,874	17,015	3,987	-	19,333	-	-	2,357
	86,464	0,086	49,279	29,039	2,511	-	15,063	-	-	1,937

Figura 4: Tabelas de vida para cada mês.

As curvas de sobrevivência variaram mensalmente entre tipo I e II, com baixa mortalidade em classes de menor tamanho, aumentando para classes de tamanho

	N_x	l_x	m_x	m_x^2	$l_x m_x$	R_0	$l_x m_x x$	T	r	$\log N_x$	
set/97	1.000,000	1,000	0,578	-	-	8,022	-	3,999	0,521	3,000	
	895,629	0,898	2,478	-	-	-	-	-	-	2,952	
	443,364	0,443	6,932	5,398	2,393	-	7,179	-	-	2,647	
	273,259	0,273	15,259	11,880	3,246	-	12,885	-	-	2,437	
	105,961	0,106	28,874	22,481	2,383	-	11,913	-	-	2,025	
	-	-	49,279	-	-	-	-	-	-	-	-
out/97	1.000,000	1,000	0,578	-	-	2,091	-	3,294	0,220	3,000	
	745,029	0,745	2,478	-	-	-	-	-	-	2,872	
	277,346	0,277	6,932	5,244	1,454	-	4,363	-	-	2,443	
	52,688	0,053	15,259	11,542	0,607	-	2,428	-	-	1,721	
	-	-	28,874	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	49,279	-	-	-	-	-	-	-	-
nov/97	1.000,000	1,000	0,578	-	-	2,185	-	3,283	0,238	3,000	
	740,585	0,741	2,478	-	-	-	-	-	-	2,870	
	264,755	0,265	6,932	5,921	1,558	-	4,703	-	-	2,423	
	47,382	0,047	15,259	13,033	0,618	-	2,470	-	-	1,876	
	-	-	28,874	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	49,279	-	-	-	-	-	-	-	-
dez/97	1.000,000	1,000	0,578	-	-	6,900	-	3,792	0,485	3,000	
	934,105	0,934	2,478	-	-	-	-	-	-	2,970	
	440,033	0,440	6,932	5,823	2,474	-	7,423	-	-	2,643	
	215,009	0,215	15,259	12,375	2,661	-	10,644	-	-	2,332	
	49,716	0,050	28,874	23,419	1,164	-	5,822	-	-	1,698	
	-	-	49,279	-	-	-	-	-	-	-	-
jan/98	1.000,000	1,000	0,578	-	-	5,848	-	3,395	0,520	3,000	
	944,644	0,945	2,478	-	-	-	-	-	-	2,975	
	582,239	0,582	6,932	6,196	3,607	-	10,822	-	-	2,765	
	159,081	0,159	15,259	13,837	2,169	-	8,678	-	-	2,202	
	2,674	0,003	28,874	25,805	0,089	-	0,345	-	-	0,427	
	-	-	49,279	-	-	-	-	-	-	-	-
fev/98	1.000,000	1,000	0,578	-	-	6,688	-	3,728	0,509	3,000	
	917,403	0,917	2,478	-	-	-	-	-	-	2,963	
	494,761	0,495	6,932	5,538	2,739	-	8,218	-	-	2,694	
	246,466	0,246	15,259	12,186	3,003	-	12,014	-	-	2,392	
	40,134	0,040	28,874	23,090	0,925	-	4,627	-	-	1,604	
	-	-	49,279	-	-	-	-	-	-	-	-
mar/98	1.000,000	1,000	0,578	-	-	6,420	-	3,776	0,492	3,000	
	931,350	0,931	2,478	-	-	-	-	-	-	2,969	
	462,423	0,462	6,932	5,667	2,620	-	7,661	-	-	2,665	
	209,591	0,210	15,259	12,473	2,614	-	10,457	-	-	2,321	
	50,214	0,050	28,874	23,602	1,185	-	5,926	-	-	1,701	
	-	-	49,279	-	-	-	-	-	-	-	-

Figura 5: Tabelas de vida para cada mês.

4/5 mm (figura 6).

O tamanho da ninhada aumenta com o aumento do corpo da fêmea (figura 7).

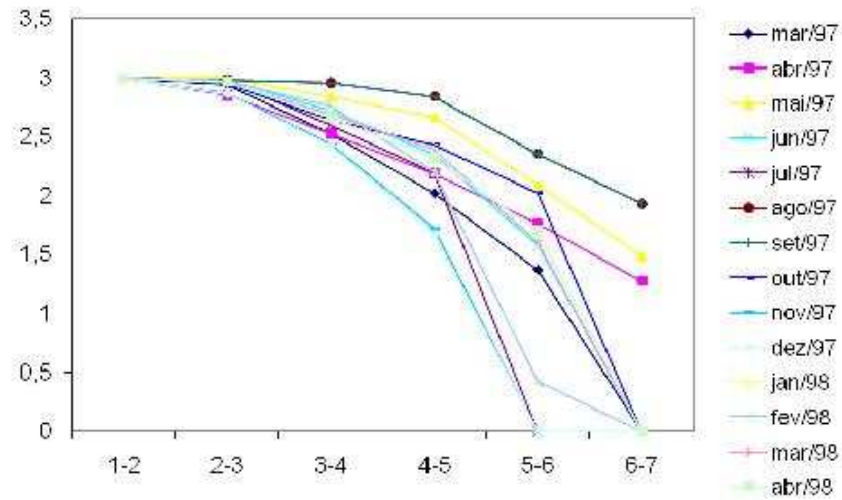


Figura 6: Curva de sobrevivência mensal para o período de março de 1997 a março de 1998.

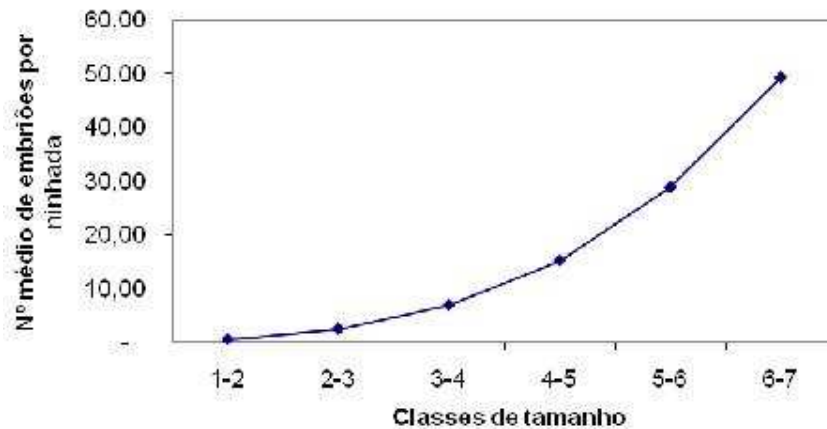


Figura 7: Relação entre o número de embriões e o comprimento do corpo da fêmea.

A variância da densidade populacional aumenta com o tempo de previsão (figura 8), entretanto não atinge o dobro do valor da taxa de crescimento intrínseco ($\sigma_r^2 = 0,0149$, $\bar{r} = 0,4796$). A incerteza na previsão do tamanho populacional

aumenta com o tempo medido em números de gerações.

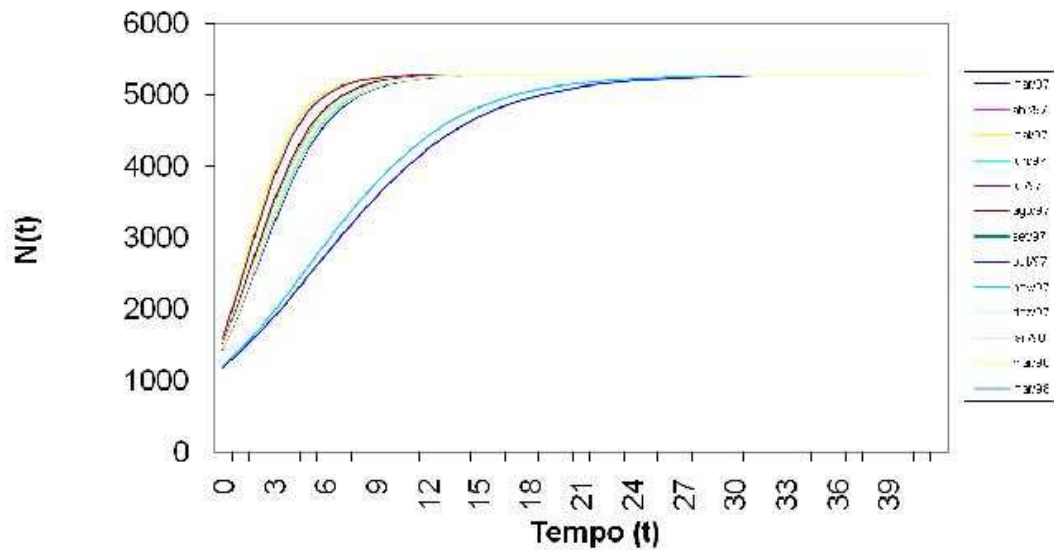


Figura 8: Relação entre a variância da densidade populacional e o tempo.

A curva logística representando hipoteticamente o crescimento da população para o período amostrado foi projetada considerando-se uma capacidade suporte do ambiente (K) com valor de 5000 indivíduos por placa (figura 8).

4 Discussão

O padrão populacional apresentado por *Jassa slaterryi* é consistente com o comportamento oportunístico de espécies costeiras de ambientes fisicamente controlados segundo a teoria da estabilidade-tempo de Sanders (1969). O ambiente portuário costeiro permite a instalação de espécies com estratégias adaptativas como reprodução contínua e sobreposição de gerações, (van Dolah e Bird, 1980; Martin-Smith, 1994). Os dados mostram flutuações naturais nas densidades populacionais indicativas de intensa reprodução associadas à alta incidência de fêmeas em maio, dezembro e janeiro. A razão sexual favorecendo fêmeas também é uma característica comum em populações de amphipoda (Hastings, 1981; Dauvin, 1988; Valério-Berardo e Flynn, 2002).

Parâmetros como tempo de geração, fecundidade e taxa de sobrevivência dão indícios da estratégia de vida utilizada por uma espécie (Valério-Berardo e Flynn, 2004). *J. slaterrryi* é considerada como estrategista em r por minimizar o tempo de geração e aumentar o potencial reprodutivo de maneira que r seja maximizado (May, 1976). A curva de sobrevivência é consistente com alta sobrevivência de indivíduos sexualmente maduro, seguida por uma acentuada senescência nos adultos mais velhos.

Populações em ambientes fisicamente controlados podem apresentar valores para a taxa intrínseca de crescimento r independente da densidade, o que significa que o crescimento populacional não está diretamente correlacionado com as taxas de natalidade e mortalidade, mas sim com o ambiente constantemente mutável ou com a estocasticidade ambiental (Lewontin e Cohen, 1969). Para a população de *J. slaterrryi* a variância de r não ultrapassou o dobro da média de r , sugerindo que não há chances de extinções locais devido à estocasticidade ambiental, e de fato não houve previsão de extinções durante o período. Em outra espécie costeira, *Hyale nigra*, com comportamento reprodutivo muito semelhante, houve ocorrência e projeção de extinção freqüentes (Flynn et al., 2007), sendo a variância neste caso bastante superior a duas vezes a média de r . As extinções freqüentes neste caso podem então estar associadas à alta estocacicidade ambiental decorrente de ambiente litorâneo densamente ocupado em Ubatuba, São Paulo.

A previsão de comportamento da população analisada como ferramenta para indicação de alterações ambientais perde precisão com a incerteza associada à determinação do comportamento populacional à medida que se avança no tempo. Depois da sétima geração ocorre um aumento exponencial da variância. O que significa que não é possível prever o crescimento da população ao longo do ano através de r quando se projeta um tempo longo, mas que em curto prazo, a partir de uma população inicial é possível avaliar alterações ambientais ao se distanciar de crescimento populacionais previstos em modelos, enquanto a variância é relativamente baixa.

Referências

- Dauvin, J. C. (1988). Biologie, dynamique et production de populations de crustacés amphipodes de la manche occidentale.1. *ampelisca tenuicornis* liljeborg. *Journal*

of *Experimental Marine Biology and Ecology*, 118:55–84.

Flynn, M. N., Fehlow, M. M., Capiberibe, M. E., Moura, G. F. A., e Oliva, M. C. S. (2005). Ensaio de toxicidade in situ para monitoramento da qualidade da água junto ao pier do terminal aquaviário de São Sebastião, São Paulo. In: Global Congress on engineering and technology education, 2005, Bertioga. Proceedings of the Global Congress on Engineering and Technology Education.

Flynn, M. N., Pereira, W. R., Valério-Berardo, M. T., e Pires, R. C. (2007). Population dynamics of *hyale nigra* associated to *bryocladia thyrsgera* at peruipe, itanhaém beach, southeastern brazil. In: Congresso da Sociedade Latino Americana de Biologia Matemática – XIV CLAB - IX ELAEM.

Franz, D. R. (1988). Population density and demography of a fouling community amphipod. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 125:117–136.

Hastings, M. H. (1981). The life cycle and productivity of an intertidal populations of the amphipod *ampelisca brevicornis*. *Estuarine Coastal Shelf Science*, 12:665–677.

Lewontin, R. C. e Cohen, D. (1969). On population growth in a randomly varying environment. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 62(4):1056–1060.

Martin-Smith, K. M. (1994). Short-term dynamics of tropical macroalgal epifauna: patterns and process in recolonization of *sargassum fissifolium*. *Marine Ecology Progress Series*, 110:177–185.

May, R. M. (1976). Estimating r : a pedagogical note. *American Naturalist*, 110:496–499.

Valério-Berardo, M. T. e Flynn, M. N. (2002). Composition and seasonality of an amphipod community associated to the algae *bryocladia thyrsgera*. *Brazilian Journal of Biology*, 62(4A):735–742.

Valério-Berardo, M. T. e Flynn, M. N. (2004). Population biology of *hyale nigra* (haswell, 1879) (amphipoda, hyalidae) associated to *bryocladia thyrsgera* (j. agardh) at peruipe, itanhaém beach, southeastern brazil. *Nauplius*, 12(1):1–10.

van Dolah, R. F. e Bird, E. (1980). A comparison of reproductive patterns in epifaunal and infaunal gammaridean amphipods. *Estuaries Coastal Marine Science*, 2:583–604.