

RESISTÊNCIA À SUBMERSÃO DE ÁCAROS (ACARI: ORIBATIDA) TERRESTRES DE FLORESTAS INUNDÁVEIS E DE TERRA FIRME NA AMAZÔNIA CENTRAL EM CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS DE LABORATÓRIO

Elizabeth N. FRANKLIN¹, Rosiletez L. GUIMARÃES², Joachim ADIS³, Herbert O.R. SCHUBART⁴

RESUMO – Espécimens de *Rostrozetes foveolatus* foram obtidos de duas florestas inundáveis (várzea e igapó) e de duas florestas secundárias (terra firme) da Amazônia Central. As populações foram comparadas para a obtenção da taxa de sobrevivência em experimentos de laboratório nas condições submersas e não submersas. As coletas no igapó foram efetuadas em três períodos de 1992: antes (fevereiro: serapilheira não submersa), no início (abril: serapilheira submersa) e no pico da inundação (julho: serapilheira submersa). No igapó, os animais sobreviveram melhor em condição não submersa, significando que a submersão é um fator de estresse. O mesmo não ocorreu na várzea, indicando que esta população está melhor adaptada ao estresse da submersão. A menor resistência à submersão (27 dias) foi registrada nos animais de uma floresta secundária da terra firme, situada longe do igapó. Na população da terra firme próxima ao igapó, a resistência a submersão foi comparável à registrada para as populações das áreas inundáveis e maior do que a registrada em terra firme longe do igapó. Em experimentos com animais coletados em fevereiro de 1996 (mantidos individualmente em recipientes plásticos), as populações das florestas inundáveis tiveram taxa de sobrevivência significativamente maior em relação aos das florestas não inundáveis. Três situações foram registradas quanto a resistência à submersão: a) a da várzea, com população mais resistente, b) a do igapó, com uma população intermediária e c) a da terra-firme longe do igapó, com uma população menos resistente. Em doze das outras quinze espécies estudadas foi registrada alta resistência às condições de submersão.

Palavras-chave: Acari: Oribatida, inundação, áreas inundáveis, ácaros do solo, Amazônia, Neotrópicos

The Resistance to Submersion of Terrestrial Acari (Acari: Oribatida) from Flooded and Non-flooded Forests of Central Amazonia in Experimental Laboratorial Conditions.

ABSTRACT – Specimens of *Rostrozetes foveolatus* were obtained from two inundated forest areas (“várzea” and “igapó”) and from two nonflooded secondary forests in the Central Amazon Region. The survival rates of their populations under submerged and nonsubmerged conditions were compared in laboratory conditions. The “igapó” population was sampled during three periods in 1992: before (February: litter nonsubmerged), in the beginning (April: litter submerged) and in the peak of the inundation phase (July: litter submerged). At “igapó”, the animals survived better when submitted to nonsubmerged conditions, meaning that submersion is a stress factor. The same result did not occur at “várzea”, signifying a better adaptation of this population to the submersion stress. The lowest flood resistance (27 days) was found in animals from “terra firme” secondary forest, away from the igapó. A considerable submersion resistance in the population sampled in the secondary forest, near the igapó forest, was comparable to the populations of the inundated areas and greater than the resistance at “terra-firme”, far away from the “igapó”. Animals sampled in February of 1996 (reared individually in plastic containers), from the flooded forests had significantly higher survival rates than those from secondary forests. Three situations in relation to the submersion period were registered: a) one of “várzea”, with a more resistant population, b) one of “igapó”, with a intermediate resistance and c) one of “terra-firme”, away from the “igapó”, with a lower resistant population. In twelve of the fifteen species studied, a high resistance to submersion was also registered.

Key-words: flood resistance, Acari: Oribatida, inundation, floodplains, soil mites, Amazon, Neotropics.

¹INPA/CPEc, Caixa Postal 478, 69.011.970, Manaus (AM), Brasil.

²Bolsista PIBIC/CNPq, INPA/CPEc, Caixa Postal 478, 69.011.970, Manaus (AM), Brasil

³Instituto Max-Planck para Limnologia, Caixa Postal 165, D-24302 Plön, Alemanha.

⁴Ministério da Ciência e Tecnologia, Esplanada dos Ministérios, Bloco E, Brasília, D.F., Brasil

· INTRODUÇÃO

Na Amazônia Central, a flutuação anual do nível das águas dos rios atinge uma média de 10 metros de diferença entre o ciclo de cheia e vazante. As florestas ao longo destes rios são anualmente inundadas durante cinco a sete meses. As drásticas mudanças entre a fase terrestre e a aquática causadas por esse “pulso de inundação” (Junk *et. al.*, 1989), induziram adaptações dos organismos e muitas populações de espécies de animais diferem eco- e fenologicamente, assim como, em parte, morfo- e geneticamente, daquelas das florestas de terra firme. Essas mudanças e adaptações foram denominadas “estratégias de sobrevivência” (Adis, 1992; 1997a, b).

Os oribatídeos são componentes importantes da serapilheira e do solo devido à alta densidade, hábitos (são catalisadores da decomposição, participando da fragmentação dos restos orgânicos, e dispersando a microflora) e nutrição (macrofitófagos, microfitófagos, panfitófagos, zoófagos, necrófagos e coprófagos) (Luxton, 1975). Segundo Beck (1968), os oribatídeos terrestres possuem diferentes reações à inundação: a espécie *Rostrozetes foveolatus* Sellnick, 1925 permanece ativa na serapilheira submersa, enquanto que *Eremobelba foliata* Hammer, 1958 resiste em forma de ovo. A resistência de oribatídeos à submersão é influenciada por fatores como temperatura, salinidade, oxigenação e movimento da água, ritmo da inundação, tipo de substrato e época do ano. Espécies de gêneros

talossobiontes como *Ameronothrus*, *Platynothrus* e *Hermannia*, podem sobreviver em água do mar (41 a 249 dias) e em água doce (109 a 177 dias). Algumas espécies terrestres como *Steganacarus*, *Damaeus*, *Xenillus*, *Euzetes* e *Nothrus*, possuem maior resistência em água doce (74 a 226 dias) do que em água salgada (6 a 36 dias) (Schuster, 1965; 1966; 1978). Weigmann (1973) registrou para *Hermannia subglabra* Berlese, 1910 resistência de 210 dias em água doce e de 56 a 182 dias em água salgada; para *Halozetes intermedius* Wallwork, 1963 a resistência foi de 150 dias em água doce e de 80 dias em água salgada.

A influência da enchente anual na mudança de populações destes ácaros e a divisão das diversas espécies de oribatídeos em grupos, de acordo com suas reações às condições submersas foram investigadas por Beck (1971; 1972; 1976) em área de igapó na Amazônia Central. Beck (1972) observou que *R. foveolatus* tolera a submersão na forma adulta, havendo redução acentuada de indivíduos ao final da inundação, mas cerca de 10% sobrevive ao período submerso. Baseando-se no fato, o autor supõe que, em condições extremas de inundação, os animais devem desenvolver adaptações fisiológicas para se adaptar a essa situação, já que grande parte das espécies de ácaros oribatídeos até agora encontradas nestas regiões, estão também em terra firme na mesma ou quase na mesma proporção. Esta “condição prévia”, é conhecida como pré-adaptação (Futuyama 1992; Schaefer 1992). Muitos grupos de

animais apresentaram modificações morfológicas e fisiológicas marcantes quando passaram de uma situação terrestre para aquática ou semi-aquática durante sua evolução. Entretanto, para algumas espécies a adaptação para a vida anfíbia pode envolver poucas modificações, devido a essa ‘condição prévia’ ou pré-adaptação, que pode favorecer a permanência no ambiente aquático.

As espécies de ácaros oribatídeos das florestas de várzea e igapó foram classificadas por Franklin *et al.* (1997) de acordo com sua resistência ao período de inundação: 1) sem resistência (não coletadas no período de inundação); 2) com média resistência (coletadas apenas até o nível máximo de inundação); 3) com alta resistência (coletadas até o final do período).

Por causa da alta capacidade de resistência à submersão, *R. foveolatus* foi considerada uma espécie anfíbia (Irmiler, 1981) ou semi-aquática (Messner *et al.*, 1992). Devido ao fato de que esta espécie possui uma adaptação morfológica em forma de cerotegumento para a vida semi-aquática (Franklin *et al.*, 1997), sua capacidade de sobrevivência sob a água representa um interessante fenômeno ecológico e fisiológico.

Neste trabalho, foram efetuadas comparações entre populações dessa espécie, provenientes de florestas secundárias de terra firme e de florestas inundáveis (várzea e igapó), para testar se a resistência de uma população à submersão varia em função das condições (submersas e não submersas), do período de coleta (antes e durante o período de

inundação dos rios) e de seu local de origem (florestas inundáveis e de terra firme). Adicionalmente, foi testada a resistência de outras 15 espécies de oribatídeos em condição submersa para avaliar as diferenças dos limites de resistência desse grupo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Áreas e período de coletas

Os animais foram coletados em 1992 e em 1996, em quatro áreas: 1) Floresta inundável de água preta (igapó) no Rio Tarumã Mirim (03°01’S, 60°10’W); 2) Floresta secundária de terra firme (capoeira), vizinha ao ambiente do igapó; 3) Floresta inundável de água branca (várzea) no Rio Solimões (Ilha de Marchantaria, 03°15’S, 59°58’W); 4) Floresta secundária de terra firme (capoeira do Campus do INPA em Manaus, 03° 08’S, 60° 01’W). O período médio da fase aquática (baseado em 95 anos) no Rio Tarumã Mirim foi de 3,9 ($\pm 1,5$) meses na posição topográfica da água a uma altura de 24 m acima do nível do mar; na Ilha de Marchantaria foi registrado um período médio de 5,6 ($\pm 1,6$) meses, na posição topográfica da água a uma altura de 26,3 m acima do nível do mar (Adis *et al.*, 1998).

No igapó, foram coletados indivíduos de *R. foveolatus* em diferentes períodos do ano de 1992: fevereiro (fim do período terrestre; solo não submerso), abril (início do período de inundação; solo submerso) e julho (pico da inundação, solo submerso). O período de inundação do solo do igapó começa em março, alcança o pico máximo geralmente em

junho e termina em agosto/setembro. As coletas foram efetuadas em fevereiro na capoeira de terra firme, nas cercanias do igapó. Em abril foram efetuadas as coletas na várzea e na capoeira do Campus do INPA. Os animais foram mantidos em grupos com números variáveis de indivíduos, separados por recipientes de acordo com a condição de criação, período e local de coleta.

Em 1996, as coletas foram efetuadas apenas no mês de fevereiro nos quatro ambientes. Os indivíduos coletados foram mantidos individualmente em placas separadas.

Coleta e condições experimentais dos animais

A coleta foi manual durante a fase terrestre e com auxílio de draga de Ekman-Birge durante a fase aquática. A serapilheira foi recolhida de diversos pontos do solo e acondicionada dentro de sacos plásticos que foram transportados em recipientes com isolamento térmico. Para extração dos animais foi utilizado o método de Kempson (Kempson *et al.*, 1963), modificado por Adis (1987). A temperatura do aparelho foi mantida a 32°C. O material foi extraído diariamente, colocado em um recipiente contendo água destilada e observado em microscópio estereoscópio para seleção dos espécimens vivos e sem mutilações.

As espécies foram identificadas através de chaves dicotômicas de Balogh (1963; 1972) e Balogh & Balogh (1988; 1990).

Grupos de animais de cada espécie ou apenas um indivíduo

(quando se tratava de animais coletados em 1996), foram mantidos em placas redondas de acrílico (diâmetro de 5cm; altura de 1,5cm), com uma camada de 0,5 cm de gesso para propiciar substrato para a locomoção. A abundância de *R. foveolatus* é diferente em cada área, com menor número de indivíduos nos ambientes de terra firme em relação ao igapó, razão pela qual não foi possível padronizar o mesmo número de animais em todos os experimentos.

Para os experimentos em condições submersas, adicionou-se água destilada até 0,5 cm acima da camada de gesso. Para os experimentos em condições não submersas, a placa de gesso foi umedecida com água destilada, permanecendo com uma umidade relativa em torno de 95%. Foi selecionado como alimento aveia em flocos e ração para peixe ("Tetramina"). Foram acrescentados pequenos pedaços de folhas recolhidas durante a coleta em campo, para servirem de substrato e abrigo aos animais.

O período de mortalidade (PM50) foi registrado quando morria cerca de metade da população da placa. O período médio de resistência (PME) foi calculado pelo total do período máximo de resistência de cada animal mantido individualmente.

As placas foram depositadas em câmaras de criação, instaladas no laboratório de Entomologia do Projeto Inpa/Max-Planck, que consistem em um tipo de refrigerador, com mecanismos de aquecimento, refrigeração, ventilação, e iluminação (luz branca de 750 lux) e células

fotorreceptoras, com as seguintes condições de temperatura e fotoperíodo: 27°C - 12 horas com luz; 21°C - 12 horas sem luz. De três em três dias, foram efetuados os procedimentos de limpeza, troca de alimento e substituição de 1/3 da água por água destilada. O controle consistiu na contagem de mortos e vivos e observações do comportamento e habitat preferido. O estado geral do animal foi registrado em duas categorias: “vivo” (com movimento sem toque de estilete) e “morto” (sem movimento após estímulo). Na maioria dos casos, nos animais mortos as pernas I e II ficavam esticadas para a frente. Os animais supostamente mortos, foram observados por mais duas semanas.

Tratamento estatístico

As análises de variância foram efetuadas pelo teste de Kruskal-Wallis (ANOVA não paramétrica; pacote estatístico SigmaStat 2.0). As comparações múltiplas foram efetuadas pelo teste de Dunn. O gráfico tipo “Box Plot” foi feito através do pacote estatístico SigmaPlot 4.0. Neste tipo de gráfico, cada coluna é plotada como uma caixa vertical, indicando o limite entre os percentis 25 e 75 dos dados e uma linha horizontal marca o valor do percentil 50. Os percentis 5 e 95 são as barras de erro. No texto, os demais valores que acompanham as médias são os respectivos desvios padrões.

RESULTADOS

Populações de *R. foveolatus* de 1992

A resistência dos oribatídeos à submersão, variou em função da fase do ciclo de inundação e o ambiente de origem.

No igapó (Fig. 1), os animais sob condição não submersa foram mais resistentes em fevereiro. Em abril as curvas de mortalidade entre os animais em condições submersa e não submersa foram muito parecidas. Contudo, em julho, os animais não submersos foram mais resistentes (acima de 150 dias), em comparação a uma média de resistência de cerca de 80 dias dos animais submersos. Em abril, o período médio de mortalidade (PM50) dos animais sob condição de submersão (acima de 100 dias) foi maior que em fevereiro (75 dias) e julho (60 dias).

Na várzea da Ilha de Marchantaria (coletas efetuadas em abril, na serapilheira submersa), o PM50 da população não submersa foi de cerca de 70 dias (Fig. 2). O PM50 dos experimentos 1, 2 e 4 (em condições submersas) foi superior a 100 dias. O menor período de resistência (cerca de 75 dias) foi registrado no experimento 3.

Na floresta secundária (capoeira) de terra firme no Rio Tarumã Mirim (coletas em fevereiro de 1992), o PM50 dos indivíduos sob submersão foi cerca de 60 dias (Fig. 2).

Na floresta secundária (capoeira) de terra firme no Campus do INPA (coletas em abril de 1992), o PM50 foi registrado com cerca de 15 dias de submersão.

Populações de *R. foveolatus* de 1996

Foram observadas diferenças marcantes nos períodos de sobrevivência das criações provenientes das coletas efetuadas em fevereiro de 1996, mantidos em placas individualizadas (Fig. 3). Os tempos médios de sobrevivência dos animais das florestas inundáveis da várzea (PME de 150,5±5 dias) e do igapó (PME de

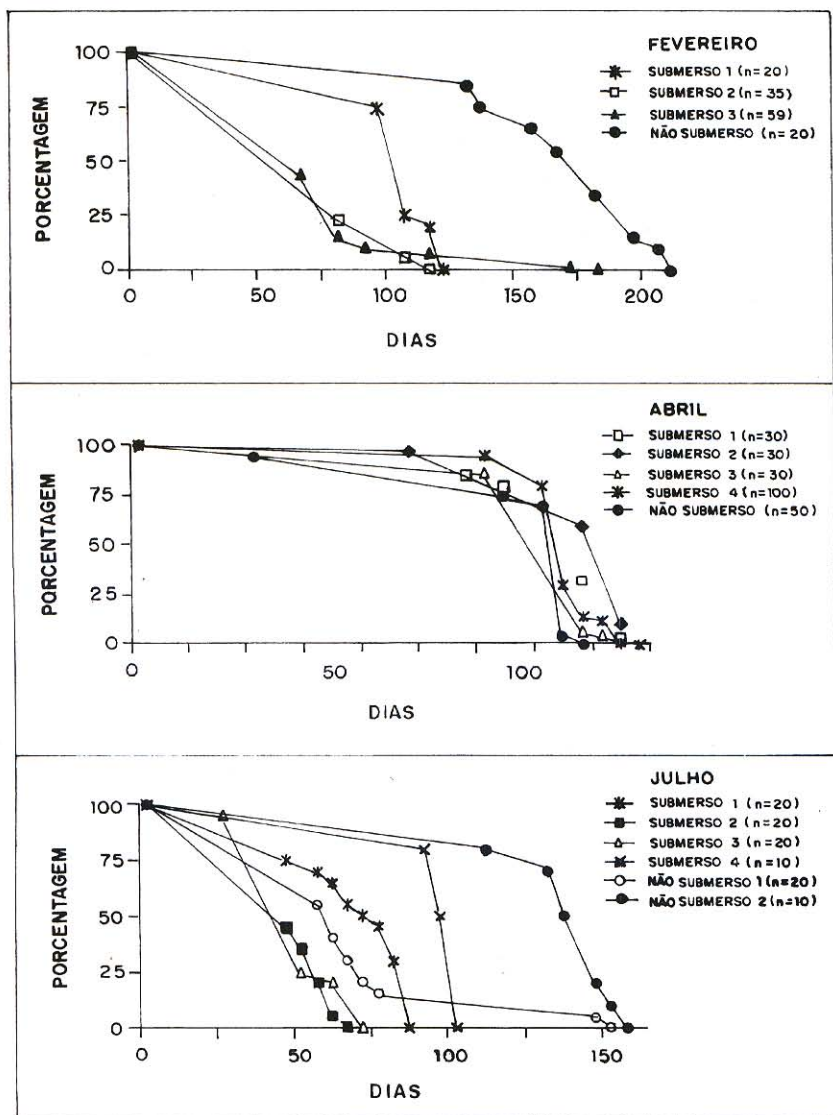


Figura 1. Sobrevivência de *Rostrozetes foveolatus* ao longo do tempo, em condições submersa e não submersa na serapilheira do igapó. Populações coletadas em fevereiro (antes do período submerso), em abril (período submerso) e em julho (pico máximo de inundação) de 1992.

110,8±60 dias), foram maiores ($P < 0,001$; $H = 62,3$) que os provenientes das florestas de terra firme da capoeira do Tarumã Mirim (PME de

49 ±26 dias) e da capoeira do INPA (PME de 47±36 dias) (Tab. 1).

Foi detectada a presença de três exemplares submersos de *R. foveolatus*

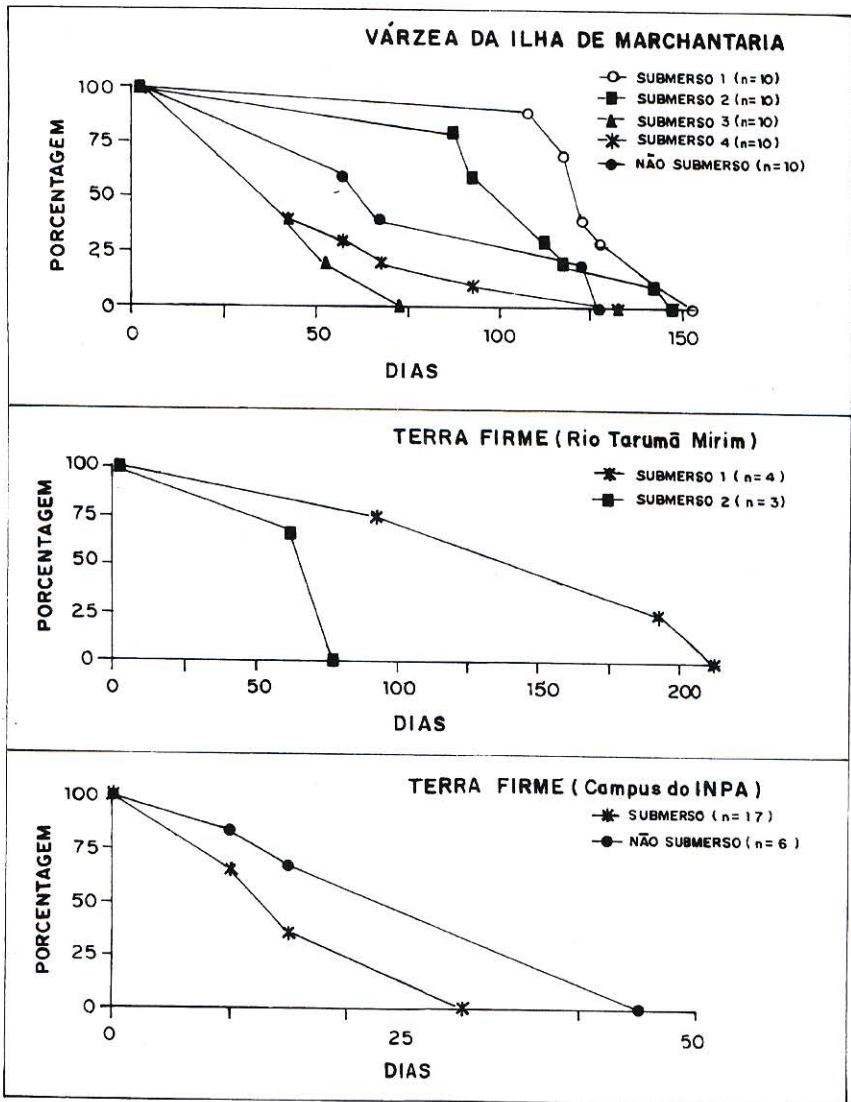


Figura 2. Sobrevivência de *Rostrozetes foveolatus* ao longo do tempo, em condições submersa e não submersa na serapilheira da várzea da Ilha de Marchantaria (abril de 1992, período submerso), das florestas secundárias de terra-firme nas adjacências do Rio Tarumã Mirim (fevereiro de 1992) e do Campus INPA (abril de 1992).

no estágio larval. Uma das larvas deu origem a um adulto pouco esclerotizado, que morreu após 15 dias.

Populações de outras espécies de oribatídeos de 1992.

Foi também medida a resistência à submersão em outra espécie de *Rostrozetes* (denominada de *Rostrozetes* sp. C) e em *Rhynchoribates* sp., *Rostrozetes rimachensis*, e *Suctoribates* sp., *Epilohmannia* sp., *Plateremaeus* sp., *Cyrthermannia* sp., *Eremobelba* sp., *Haplozetes* sp., *Sternoppia* sp., *Schalleria cruscicata* e *Teratoppia* sp. (Tab. 2).

DISCUSSÃO

No igapó, apesar da exceção de abril, os animais tendem a resistir melhor quando não estão submersos, o que significa que a submersão é um fator de estresse. O mesmo não ocorreu na várzea, o que pode indicar que esta população está melhor adaptada ao estresse da submersão. Contudo, foi detectada uma considerável resistência a submersão na população de *R. foveolatus* coletada na terra firme (capoeira do Rio Tarumã Mirim), próxima ao igapó,

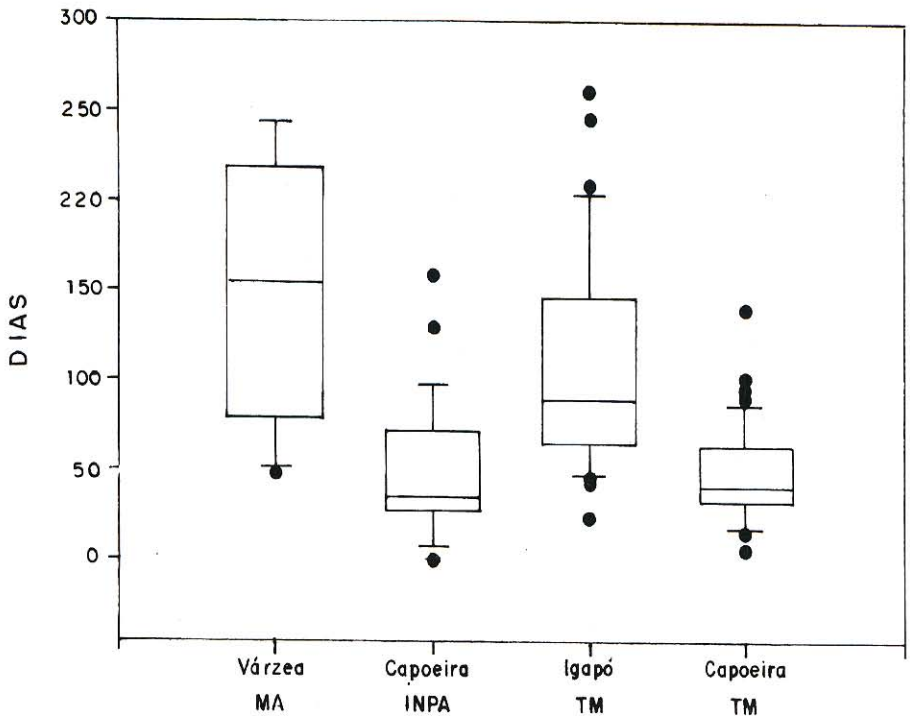


Figura 3. Período de sobrevivência de espécimens de *Rostrozetes foveolatus* coletados em fevereiro de 1996 e criados em placas individuais em condições submersas.

Tabela 1. Teste de comparações múltiplas (Método de Dunn) entre as populações de *R. foveolatus* provenientes das florestas inundáveis (várzea e igapó) e as florestas secundárias de terra-firme (Tarumã Mirim e INPA).

Comparações	n1	n2	Diferença de Rank	Q	P<0,05
Várzea X Capoeira INPA	8	35	81,657	4,092	Sim
Várzea X Capoeira Tarumã Mirim	8	83	74,416	3,948	Sim
Várzea X Igapó Tarumã Mirim	8	50	14,670	0,757	Não
Igapó Tarumã Mirim X Capoeira INPA	50	35	66,987	5,969	Sim
Igapó Tarumã Mirim X Capoeira Tarumã Mirim	50	83	59,746	6,554	Sim
Capoeira Tarumã Mirim X Capoeira INPA	83	35	7,241	0,706	Não

comparável à registrada para as populações das áreas inundáveis e maior do que a resistência registrada em terra firme longe do igapó, novamente indicando diferença entre população para a resistência a submersão.

Em contrapartida, nas criações efetuadas em 1996, envolvendo maior número de animais e em placas individualizadas, foi verificado que os animais coletados nas áreas inundadas possuem um período de sobrevivência significativamente maior em relação à área de terra firme. Esse resultado não apoia o fato de termos registrado na capoeira de terra firme próxima ao igapó uma resistência comparável aos de áreas inundáveis. Contudo, alguns indivíduos dentro de uma população tem a capacidade de sobreviver maior ou menor tempo do que os outros em condições submersas. O tempo de isolamento e o período submetido à inundação, pode levar à seleção natural dos mais resistentes, o que nos leva a concluir que registramos três situações: a) várzea com população mais resistente, b) igapó, com uma população

intermediária e c) terra-firme longe do igapó (capoeira do INPA), com uma população menos resistente.

Nossos resultados obtidos para *R. foveolatus*, no igapó do Rio Tarumã Mirim, corroboram os de Beck (1972), que registrou a capacidade de sobrevivência dessa espécie, na forma adulta, durante todo o ciclo de inundação das florestas inundáveis, que varia de 4-6 meses anualmente.

Messner *et al.* (1992) verificaram que *R. foveolatus* pode resistir à ausência de oxig nio, aparentemente em dormência, voltando ao estágio ativo em água normal. Os autores supõem que a atividade da espécie em áreas submersas anualmente durante 6 meses, depende da concentração do oxig nio dissolvido na  gua. Eles também confirmaram a existência de um cerotegumento em alguns Oribatida coletados em áreas inundáveis. O cerotegumento de *R. foveolatus* e de *Eremobelba sp.* foi previamente demonstrado por Franklin *et al.* (1997).

Muitas espécies de oribatídeos

Tabela 2. Resistência máxima (dias) de ácaros oribatídeos adultos coletados no igapó (Rio Taramã Mirim) e na várzea (Ilha de Marchantaria) em 1992, criados em condições submersas em laboratório.

ESPÉCIE	RESISTÊNCIA MÁXIMA (DIAS)	NÚMERO DE INDIVÍDUOS NA PLACA		ÁREA E MÊS DE COLETA EM 1992
MACROPYLINA - ORIBATIDA INFERIORES				
1. <i>Lohmannia</i> sp. (Lohmannidae Berlese, 1916; <i>Lohmannia</i> Michael, 1898)	9	3	15	Ilha de Marchantaria/ABRIL
2. <i>Epilohmannia</i> sp. (Epilohmanniidae Oudemans, 1923; <i>Epilohmannia</i> Berlese, 1910)	3	4	4	Tatu ná Mirim/FEVEREIRO
3. <i>Cythermannia</i> sp. (Nanhermanniidae Sellnick, 1928; <i>Cythermannia</i> Balogh, 1958)	139	3	3	Tatu ná Mirim/ABRIL
	123	3	3	Tatu ná Mirim/ABRIL
	271	8	8	Tatu ná Mirim/ABRIL
	69	20	20	Tatu ná Mirim/ABRIL
BRACHYPYLINA - ORIBATIDA SUPERIORES				
4. <i>Platereomus</i> sp. (Platereomidae Trägård, 1931; <i>Platereomus</i> Berlese, 1908)	97	1	1	Tatu ná Mirim/FEVEREIRO
5. <i>Eremobelba</i> sp. (Eremobelbidae Balogh, 1961; <i>Eremobelba</i> Berlese, 1908)	91	1	1	Tatu ná Mirim/ABRIL
6. <i>Rhynchoribatates</i> sp. (Rhynchoribatidae Grandjean, 1929; <i>Rhynchoribatates</i> Grandjean, 1929)	106	2	2	Tatu ná Mirim/FEVEREIRO
	671	1	1	Tatu ná Mirim/FEVEREIRO
7. <i>Schalleria cruciata</i> (Microzetidae Grandjean, 1936; <i>Schalleria</i> Balogh, 1962)	113	3	3	Tatu ná Mirim/ABRIL
8. <i>Sternoppia</i> sp. (Sternoppiidae Balogh & Mahunka, 1969; <i>Sternoppia</i> Balogh & Mahunka, 1968)	271	3	3	Tatu ná Mirim/ABRIL
9. <i>Suctoribatates</i> sp. (Rhynchoribatidae Balogh, 1961; <i>Suctoribatates</i> Balogh, 1963)	296	2	2	Tatu ná Mirim/ABRIL
	271	2	2	Tatu ná Mirim/ABRIL
	86	2	2	Tatu ná Mirim/ABRIL
10. <i>Teratoppia raluca</i> (Oppiidae Grandjean, 1954; <i>Teratoppia</i> Balogh, 1959)	113	2	2	Tatu ná Mirim/ABRIL
11. <i>Haplozetes</i> sp. (Haplozetidae Grandjean, 1930; <i>Haplozetes</i> Willman, 1925)	147	3	3	Tatu ná Mirim/ABRIL
12. <i>Rosrozates</i> sp. C (Haplozetidae Grandjean, 1930; <i>Rosrozates</i> Sellnick, 1925)	181	5	5	Tatu ná Mirim/FEVEREIRO
	134	50	50	Tatu ná Mirim/FEVEREIRO
	101	7	7	Tatu ná Mirim/FEVEREIRO
	296	50	50	Tatu ná Mirim/FEVEREIRO
13. <i>Rosrozates foveolatus</i> (Haplozetidae Grandjean, 1930; <i>Rosrozates foveolatus</i> Sellnick, 1925)	107	15	15	Tatu ná Mirim/ABRIL
14. <i>Rosrozates rimanchensis</i> (Haplozetidae Grandjean, 1930; <i>Rosrozates rimanchensis</i> Beck, 1965)	684	250	250	Tatu ná Mirim/ABRIL
	107	15	15	Tatu ná Mirim/ABRIL
	101	10	10	Tatu ná Mirim/ABRIL
	296	50	50	Tatu ná Mirim/ABRIL
15. <i>Galumna</i> sp. (Galumnidae Jacot, 1925; <i>Galumna</i> Von Hayden, 1826)	7	6	6	Tatu ná Mirim/FEVEREIRO
	6	6	6	Tatu ná Mirim/FEVEREIRO

que ocorrem em ambientes sujeitos à inundação possuem uma estrutura tipo plastrão para permitir a respiração traqueal. Este plastrão é suportado por um cerotegumento modificado, que são camadas epicuticulares, também observadas em oribatídeos que ocorrem no solo (Alberti *et al.*, 1981), em água doce (Newell, 1945; Grandjean, 1948; Crowe & Magnus, 1973; Krantz & Baker, 1982; Fernandez, 1984) e no litoral marinho (Alberti *et al.*, 1981).

Nas espécies *R. foveolatus*, *R. rimachensis* Beck, 1965, *Rostrozetes* sp. *C*, *Haplozetes* sp. *A*, *Eremobelba* sp. e *Rhynchoribates* sp. *A*, pode-se inferir que a resistência à submersão pode ser, em parte, atribuída ao plastrão. Os organismos do solo estão envolvidos em um ambiente que impõe três requerimentos principais, (1) se mover em um ambiente compacto com porosidade frouxamente conectada, (2) se alimentar de recursos com baixa qualidade e (3) se adaptar a ocasionais secas e inundações dos espaços entre os poros (Lavelle, 1997). Portanto, mesmo em terra firme, a espécie *R. foveolatus* pode ser frequentemente submetida a uma situação semelhante à inundação em filmes de água sobre as folhas mortas e no solo, durante e após as fortes chuvas. A presença do plastrão pode permitir que o animal continue respirando normalmente com o auxílio de uma película de ar aderida ao corpo, e assim continuar se alimentando. Isso poderia ser uma pré-adaptação (Futuyama, 1992; Schaefer,

1992) para uma submersão mais prolongada nas florestas inundáveis. Esta suposição reforça aquelas de Beck (1972), de que *R. foveolatus* pode possuir uma “condição prévia” para sobreviver no ambiente inundado, já que as espécies de terra firme, especialmente do gênero *Rostrozetes*, apresentam a mesma estrutura. Os resultados obtidos no presente estudo sugerem que os indivíduos provenientes da terra firme estão pré-adaptados às condições de submersão nas florestas inundáveis (igapó e várzea). Um exemplo disso é a capacidade que *R. foveolatus* possui para sobreviver, se alimentar (Messner *et al.*, 1992) e até mesmo se reproduzir, embaixo da água. Segundo Beck (1972), a partenogênese poderia ser um pré-requisito necessário para que as espécies de terra firme invadam as áreas inundadas. Por outro lado, fica a ser estudado se a população do igapó na realidade representa uma outra (sub-) espécie em comparação à da terra firme que não pode ser diferenciada pelas características morfológicas mas somente pelas características genéticas (compare Wolf & Adis, 1992).

Neste estudo, *Epilohmannia* sp. e *Lohmannia* sp. (Oribatida Inferiores) permaneceram flutuando na superfície da água por longos períodos, morrendo poucos dias após a total submersão. A explicação para a permanência destas no ambiente natural poderia ser a sobrevivência em forma de ovo durante o período submerso. Contudo, podem resistir ao

período de inundação, possivelmente em dormência, pois *Epilohmannia sp.* e *Lohmannia sp.* foram consideradas espécies de média (acima de 72 dias) e de alta (acima de 183 dias) resistência à submersão, respectivamente (Franklin, 1994; Franklin *et al.*, 1997). De acordo com Tamm (1984), a permanência em estágio de ovo seria a única estratégia de sobrevivência de invertebrados terrestres em regiões inundáveis, pois o autor acreditava que os estágios desenvolvidos deveriam ser capazes de sobreviver por apenas poucas semanas. Entretanto, Sømme & Conradi-Lasen (1977), mantiveram os oribatídeos *Carabodes labyrinthicus* Michael, 1879 e *Calyptozetes sarekensis* Trägårdh, 1910, em condições de anoxia por 96 dias. Durante a anaerobiose houve acúmulo de lactato, mas os autores argumentaram que essa não seria a única condição para sobrevivência em ausência de oxigênio. De fato, as estratégias de sobrevivência já encontradas nos artrópodos terrestres do igapó e da várzea na Amazonia Central são de vários tipos (Adis 1997a; b).

Já foram confirmadas estruturas tipo plastrão em *R. foveolatus*, *R. rimachensis*, *Rostrozetes sp.*, *Haplozetes sp.*, *Eremobelba sp.* e *Rhynchoribates sp.*, em microscopia eletrônica de varredura (SEM/Scanning Electron Microscopy) (Messner *et. al* 1992), significando que são estruturas comuns em algumas espécies, e que podem justificar, em parte, a resistência desses

animais às condições submersas (Adis & Messner 1997).

Um ponto em comum entre os gêneros de maior resistência à submersão (>60 dias) listados na Tabela 2, é que todos são considerados grupos basílares na linha filogenética dos Oribatida (Woas, 1990). *Haplozetes*, apesar de não estar classificado como gênero basilar, é considerado primitivo entre os periféricos (Woas, S. comunicação pessoal). O gênero *Galumna*, classificado como um dos mais recentes na linha de evolução dos Oribatida, possui pouca ou nenhuma resistência à submersão e não foi encontrado na serapilheira submersa, podendo morrer ou “migrar” para os troncos ou superfícies não submersas quando a água invade o ambiente (Franklin, 1994; Franklin *et al.*, 1997).

A presença do plastrão pode contribuir para a resistência de oribatídeos no início da submersão. Mas é possível que numa submersão prolongada, sob condições de pouco oxigênio, esses animais possam também mudar para uma respiração anaeróbica.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Prof. Dr. S. Woas do Museu de História Natural de Karlsruhe pelas discussões e comentários. A contribuição dos *refer-ees* indicados pela revista também foi fundamental para este trabalho. Ao Prof. Dr. G. Alberti, do Instituto de Zoologia da Universidade de Greifswald, pela análise do plastrão

com microscopia eletrônica. Ao CNPq pela bolsa de Iniciação Científica concedida ao segundo autor. Ao Edilson de Araújo Silva, a Lúcia Paz e ao Claudio Sena (Inpa) pelo apoio técnico. Ao Inpa e ao Convênio Inpa/Max-Planck, nossos sinceros agradecimentos pelo apoio logístico.

Bibliografia citada

- Adis, J. 1987. Extraction of arthropods from Neotropical soils with a modified Kempson apparatus. *J. Trop. Ecol.*, 3: 131-138.
- 1992. Ueberlebensstrategie terrestrischer Invertebraten in Ueberschwemmungswaldern Zentralamazoniens. *Ver. Naturwiss. Ver. Hamburg (NF)*, 33: 21 - 114.
- 1997a. Terrestrial invertebrates: Survival strategies, group spectrum, dominance and activity patterns. In: Junk, W.J. (ed.): *The Central Amazon Floodplain. Ecology of a pulsing system*. Ecological Studies 126. Springer, Berlin. pp. 299-317.
- 1997b. Estratégias de sobrevivência de invertebrados terrestres em florestas inundáveis da Amazônia Central: uma resposta à inundação de longo período. *Acta Amazonica*, 27(1): 43-54.
- Adis, J.; Messner, B. 1997. Adaptations to life under water: Tiger beetles and millipedes. In: Junk, W.J. (ed.): *The Central Amazon floodplain. Ecology of a pulsing system*. Ecological Studies 126. Springer, Berlin. pp. 318-330.
- Adis, J.; Messner, B.; Platnick, N. 1999. Morphological studies and vertical distribution in the soil indicate facultative plastron respiration in *Cryptocellus adisi* (Arachnida, Ricinulei) from Central Amazonia. *Stud. Neotrop. Fauna & Environm.*, 34(1): 1-9.
- Adis, J.; Paarmann, W.; Amorim, M.A.; Arndt, E.; Fonseca, C.R.V. da. 1998. On occurrence, habitat specificity and natural history of adult tiger beetles (Coleoptera: Carabidae: Cicindelinae) near Manaus, Central Amazonia, and key to the larvae of tiger beetle genera. *Acta Amazonica*, 28(3): 247-272.
- Alberti, G.; Storch, H.; Renner, H. 1981. Ueber den feinstrukturellen Aufbau der Milbencuticula (Acari: Arachnida). *Zool. Jb. Anat.*, 105: 183-236.
- Balogh, J. 1963. Identification keys of holartic mites (Acari) families and genera. *Acta Zool. Hung.*, 9: 1-60.
- 1972. *The oribatid genera of the world*. Akademiai Kiado, Budapest. 188 pp. + 71 pl.
- Balogh, J.; Balogh, P. 1988. *Oribatid mites of the Neotropical Region*. I. Elsevier, Amsterdam. 335 pp.
- 1990. *Oribatid mites of the Neotropical Region*. II. Elsevier, Amsterdam. 333 pp.
- Beck, L. 1968. Zum jahresperiodischen Massenwechsel zweier Oribatidenarten (Acari) im neotropischen Ueberschwemmungswald. *Verh. Dtsch Zool. Ges.*; 535-540.
- 1971. Bodenzoologische Gliederung und Charakterisierung des amazonischen Regenwaldes. *Amazoniana*, 3(1):69-132.
- 1972. Der Einfluss der jahresperiodischen Ueberflutungen auf den Massenwechsel der Bodenarthropoden im zentralamazonischen Regenwaldgebiet. *Pedobiologia*, 12: 133-148.
- 1976. Zum Massenwechsel der Makro-Arthropodenfauna des Bodens in Ueberschwemmungswaldern des zentralen Amazonasgebietes. *Amazoniana*, 6(1): 1-20.
- Crowe, J. H.; Magnus, K. A. 1973. Studies on acarine cuticles II. Plastron respiration in a water mite. *Comp. Biochem. Physiol.*, 49A: 301-310.
- Fernandez, N. 1984. Contribution à la connaissance de la famille Hydrozetidae. I. *Hydrozetes (Argentinobates) ringueleti* nov. sub-gen., nov. sp. *Acarologia*, 25: 307-317.
- Franklin, E. 1994. *Ecologia de oribatídeos (Acari: Oribatida) em florestas inundáveis*

- da *Amazônia Central*. Tese de doutorado, Inpa/Universidade do Amazonas, Manaus. 266 pp.
- Franklin, E.N.; Adis, J.; Woas, S. 1997. The oribatid mites. In: Junk, W.J. (ed.): *The Central Amazon floodplain. Ecology of a pulsing system*. Ecological Studies 126. Springer, Berlin. pp. 331-349.
- Futuyama, D.J. 1992. *Biologia Evolutiva*. Ribeirão Preto, Sociedade Brasileira de Genética/CNPq, 646 pp.
- Grandjean, F. 1948. Sur les Hydrozetes (Acariens) de l'Europe occidentale. *Bull. Mus. Nat. Hist. natur.*, (2), 20: 328-325.
- Irmiler, U. 1981. Ueberlebensstrategie von Tieren im saisonal ueberfluteten amazonischen Ueberschwemmungswald. *Zool. Anz.*, 206: 26-38.
- Junk, W. J; Bailey, P. B.; Sparks, R. E. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. In: Dodge, D.P. (ed.). Proceedings of the International Large River Symposium (LARS). *Can. Spec. Publ. Fish. Sci.*, 106: 110-127.
- Kempson, D.; Lloyd, M.; Gelardi, R. 1963. A new extractor for woodland litter. *Pedobiologia*, 3: 1-21.
- Krantz, G.W.; Baker, G.T. 1982. Observations on the plastron mechanism of *Hydrozetes* sp. (Acari: Oribatida: Hidrozetidae). *Acarologia*, 23: 273-277.
- Lavelle, P. 1997. Faunal activities and soil processes: adaptative strategies that determine ecosystem function. *Advances in Ecological Research*, 27: 93-132.
- Luxton, M. 1975. Studies on the oribatid mites of a Danish beech forest II. Biomass, calorimetry and respirometry. *Pedobiologia*, 15: 161-200.
- Messner, B.; Adis, J.; Ribeiro, E.F. 1992. Eine vergleichende Untersuchung ueber Plastronstrukturen bei Milben (Acari). *Dtsch. ent. Z.*, N.F., 39(1-3): 159-176.
- Newell, I.M. 1945. *Hydrozetes* Berlese (Acari: Oribatoidea): the occurrence of the genus in North America, and the phenomenon of levitation. *Trans. Connecticut Acad. Art. Sci.*, 6:253-275.
- Schaefer, M. 1992. *Woerterbuecher der Biologie*. Oekologie. 3 ed. Fischer, Jena. 433 pp.
- Schuster, R. 1965. Die Oekologie der terrestrischen Kleinfauuna des Meeresstrandes. *Verh. Dtsch. Zool. Ges.*: 492-521.
- 1966. Hornmilben (Oribatei) als Bewohner des marinen Litorals. *Veroeff. Inst. Meeresf. Bremerhaven*, II: 319-328.
- 1978. Soil mites in the marine environment. *Rec. Advan. Acarol.*, I: 593-602.
- Sømme, L.; Conradi-Larsen, E.-M. 1977. Anaerobiosis in overwintering collembolans and oribatid mites from windswept mountain ridges. *Oikos*, 29:127-132.
- Tamm, J.C. 1984. Surviving long submergence in the egg stage - a successful strategy of terrestrial arthropods living on flood plains (Collembola, Acari, Diptera). *Oecologia*, 61: 417-419.
- Weigmann, G. 1973. Zur Oekologie der Collembolen und Oribatiden im Grenzbereich Land-See (Collembola, Insecta - Oribatei, Acari). *Z. wiss. Zool.*, 186 (3/4): 295-391.
- Woas, S. 1990. Die phylogenetischen Entwicklungslinien der Hoeheren Oribatiden (Acari). I. Zur Monophylie der Poronota Grandjean, 1953. *Andrias*, 7: 91-168.
- Wolf, H.G.; Adis, J. 1992. Genetic differentiation between populations of *Neomachilellus scandens* Meinertellidae, Archaeognatha, Insecta) inhabiting neighbouring forests in Central Amazonia. *Verh. naturwiss. Ver. Hamburg (NF)*, 233: 5-13.

Aceito para publicação em 07/03/2001