

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ
ESCOLA POLITÉCNICA DE SAÚDE JOAQUIM VENÂNCIO
LABORATÓRIO DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL EM TÉCNICAS
LABORATORIAIS EM SAÚDE

Raphael Villela Fernandes

FILO TARDIGRADA: UMA VISÃO GERAL

Rio de Janeiro

2016

Raphael Villela Fernandes

FILO TARDIGRADA: UMA VISÃO GERAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio como requisito parcial para aprovação no curso técnico de nível médio em saúde com habilitação em Análises Clínicas.

Orientador(a): Selma Majerowicz.

Co-orientador(a): Ana Maria Moreira da Silva

Rio de Janeiro

2016

Raphael Villela Fernandes

FILO TARDIGRADA: UMA VISÃO GERAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio como requisito parcial para aprovação no curso técnico de nível médio em saúde com habilitação em Análises Clínicas.

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Dr. Selma Majerowicz – EPSJV/Fiocruz

Ms. Leandro Medrado – EPSJV/Fiocruz

Ms. Flavio Paixão – EPSJV/Fiocruz

*Dedico este trabalho à minha família, à
minha orientadora e co-orientadora e
todos que me ajudaram nesta
caminhada.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a quem me apoiou neste trabalho, meus pais e meus irmãos por sempre incentivarem.

Agradeço a minha orientadora pela paciência e o compartilhamento de conhecimento.

Agradeço a minha co-orientadora por sempre me apoiar e me ajudar principalmente no início do trabalho.

Agradeço também a minha parceira e amiga Marina Viola Dias por me ajudar de todas as maneiras possíveis em tudo.

*“O mais sábio é aquele que sabe que
não sabe”.*
(Sócrates)

RESUMO

Os Tardígrados são animais microscópicos que medem de 0,1 a 0,5 mm. Eles podem viver em diversos ambientes como musgos e líquens, e além disso, são animais cosmopolitas. Possuem reprodução sexuada, embora alguns façam a assexuada. As trocas gasosas dos tardígrados são feitas através de sua parede corporal e sua extensa cavidade. Seu crescimento se dá por meio do crescimento das células do corpo e não pela multiplicação destas. Estes animais possuem a capacidade de entrar em criptobiose, a qual é ativada quando ele se encontra em ambientes extremos. Por causa desta habilidade conseguem sobreviver a altíssimas e baixíssimas temperaturas, viver com pouquíssima água disponível, a uma alta quantidade de radiação comparada a dos seres humanos. O estudo sobre o filo Tardigrada pode ajudar muito em avanços tecnológicos em diversas áreas. Diante disso, sua resistência a radiação pode ajudar a fazer maiores protetores radioativos, sua resistência ao frio pode ajudar a criação de tubos com uma alta proteção contra o frio em laboratórios, sua resistência ao calor pode induzir na produção de máquinas que superaquecem rapidamente a terem uma maior resistência. Estes são alguns de vários exemplos em que o estudo deste animal pode fornecer. O objetivo deste trabalho é incentivar através desta pequena revisão, o conhecimento da morfologia, nicho ecológico, os mecanismos de sobrevivência dos tardígrados e suas aplicações tecnológicas. Foi utilizada a abordagem qualitativa e revisões de literatura e artigos científicos de revistas especializadas, retirados das bases de dados Scielo, Biblioteca Virtual de Saúde e Sciencedirect.

Palavras-chave: Tardigrada; Criptobiose; Tecnologia

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 JUSTIFICATIVA.....	11
1.2 OBJETIVOS.....	11
1.2.1 Objetivo Geral.....	11
1.2.2 Objetivo Específico.....	11
1.3 METODOLOGIA.....	11
2 HABITOS DOS TARDIGRADOS	12
2.1 ALIMENTAÇÃO.....	12
2.2 HABITAT.....	13
2.3 REPRODUÇÃO.....	14
3 MORFOLOGIA E FISIOLOGIA DO ESTADO DE LATÊNCIA	17
3.1 MORFOLOGIA.....	17
3.2 FISIOLOGIA DO ESTADO DE LATÊNCIA.....	21
4 TECNOLOGIAS VISANDO UTILIZAR O TARDIGRADO COMO MODELO	23
5 CONCLUSÃO	25
6 REFERÊNCIAS	26

1- INTRODUÇÃO

O primeiro relato de tardígrafos foi em 1773 por J.A.E. Gooze. Por ele ter a aparência de um urso, pernas com garras e seu andar pesado deu base ao seu nome (NELSON, 2001 *apud* GOEZE, 1773). Então em 1776 o naturalista Lazzaro Spallanzani deu o nome de “il Tardigrado” para descrever seu movimento lento (NELSON, 2001 *apud* SPALLANZANI, 1776). Eles já foram incluídos em diferentes filos, como o anelídio e artrópode, até ser separado em um filo singular (**Fig. 1**) (NELSON, 2001 *apud* DOYÈRE, 1840)

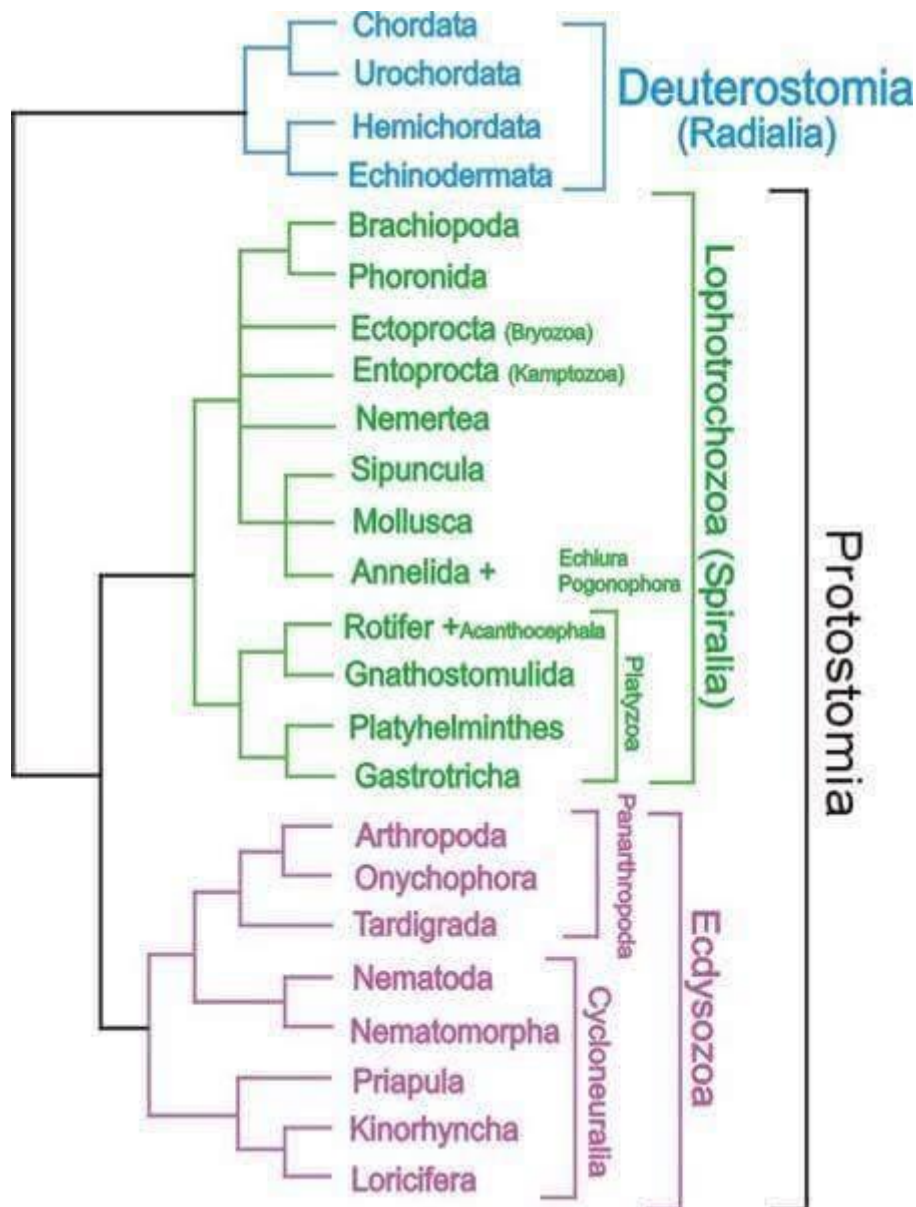


Figura 1: Taxonomia. Fonte: <http://faculty.cas.usf.edu/garey/>, acessado em: 20/12/2016 as 15:37

O filo Tardigrada pertence ao reino animalia e é dividido em duas classes principais: Heterotardigrada e Eutardigrada, baseado em caracteres morfológicos que incluem a estrutura cuticular, apêndices cefálicos, estrutura do cone bucal, número e estrutura das garras. Relatos descrevem 960 espécies de tardigrados no mundo, sendo aproximadamente 163 de Heterotardigrada marinhos classificadas em 41 gêneros e 8 famílias (GUIDETTI & BERTOLANI, 2005).

A terceira classe, Mesotardigrada contém apenas uma espécie, *Thermozodium esakii*, era encontrado nas primaveras quentes no Japão. É difícil a validade deste gênero, por falta de espécimens deste tipo, pelo local onde era encontrado ter sido destruído (RAMAZZOTTI & MAUCCI, 1983).

Os Tardígrados são animais microscópicos que geralmente medem de 0,1 a 0,5 mm de comprimento. Podem viver em diversos ambientes como entre musgos e líquens, além disso, são animais cosmopolitas. Podem se alimentar de matéria orgânica, de vegetais ou até mesmo pequenos animais (GREVEN, 2007).

Possuem reprodução sexuada, embora alguns façam a assexuada. As trocas gasosas dos Tardígrados são feitas através de sua parede corporal e sua extensa cavidade. Seu crescimento se dá por meio do crescimento das células do corpo e não pela multiplicação destas (BRUSCA & BRUSCA, 2007).

Estes animais possuem a capacidade de entrar em criptobiose¹ em qualquer etapa do seu ciclo de vida, a qual é ativada quando ele se encontra em ambientes extremos. (BERTOLANI et al, 2004). Por causa desta habilidade conseguem sobreviver a grandes variações de temperaturas, viver com pouquíssima água disponível, a uma alta quantidade de radiação comparada a dos seres humanos, dentre outros aspectos.

No Brasil ele não é muito estudado, porém existem muitos estudos sobre ele que visam entender a forma de como eles conseguem sobreviver a ambientes extremos com o objetivo de aplicações em futuras tecnologias.

¹ Estado da anabiose, em que o animal faz a redução extrema da atividade metabólica em ambientes onde não há recursos para sobrevivência.

1.1 JUSTIFICATIVA

O estudo sobre o filo Tardigrada pode ajudar muito em avanços tecnológicos em diversas áreas. Diante disso, sua resistência a radiação pode ajudar a fazer maiores protetores radioativos, sua resistência ao frio pode ajudar a criação de tubos com uma alta proteção contra o frio em laboratórios, sua resistência ao calor pode induzir na produção de máquinas que superaquecem rapidamente a terem uma maior resistência. Estes são alguns de vários exemplos em que o estudo deste animal pode fornecer.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objeto Geral:

- Estudar o Tardígrado juntamente com suas habilidades, tendo o intuito de torná-lo mais conhecido e incentivar futuros estudos.

1.2.2 Objetivo Específico:

- Analisar sua morfologia e seu nicho ecológico.
- Entender seus mecanismos de sobrevivência através dos estados de criptobiose.
- Estudar as aplicações tecnológicas baseadas nas características e habilidades dos tardígrados.

1.3 METODOLOGIA

Este estudo se baseará numa abordagem qualitativa e em revisões de literatura específica e artigos científicos retirados das bases de dados Scielo, Biblioteca Virtual de Saúde e Sciencedirect.

2 HÁBITOS DOS TARDIGRADOS

2.1 ALIMENTAÇÃO

Os Tardígrados se alimentam usualmente de fluidos de células animais ou vegetais, perfurando as paredes celulares com o par de estiletos orais que possuem, funcionando como dentes (BRUSCA & BRUSCA, 2007; SÁNCHEZ-MORENO, 2007).

As espécies que vivem no solo se alimentam de bactérias, protozoários e fungos, rotíferas² e nematódeos, algas, raízes de plantas e matéria vegetal em decomposição (**Fig. 2**) (BRUSCA & BRUSCA, 2007; SÁNCHEZ-MORENO, 2007; SCHILL et al, 2011).

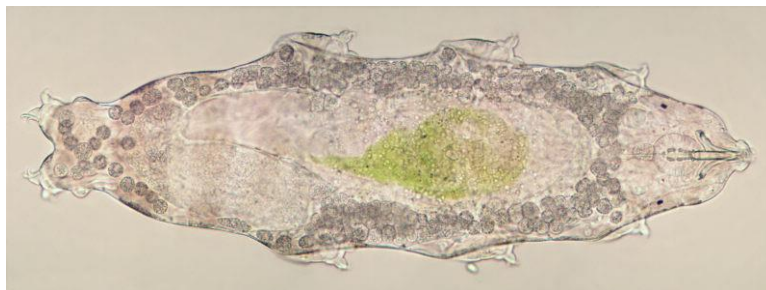


Figura 2: Tardígrado visto em microscópio de luz, visualizando o alimento ingerido. Fonte: <http://ssaft.com/Blog/dotclear/?post/2016/05/04/Observation-Microscopique-Tardigrade>, acessado em: 06/12/2016 às 10:30.

2.2 HABITAT

Os tardígrados são amplamente distribuídos e muitas espécies são cosmopolitas. Por dependerem do mínimo possível de água do ambiente para estarem ativos, são considerados animais aquáticos (RAMAZZOTTI; MAUCCI, 1983). Podem habitar desde ambientes marinhos até os de água doce, inclusive praias, musgos, líquens e em alguns casos até flores. As espécies marinhas são mais variáveis na forma corporal e geralmente apresentam baixa densidade populacional com alta diversidade de espécies (NELSON, 2002).

O ambiente limno-terrestre é geralmente colonizado por Eutardígrados fêmeas e Heterotardígrados. Enquanto Eutardígrados em geral vivem em água doce e outras espécies são comumente terrestres. A única espécie de Mezotardigrada vive em fontes termais. (BERTOLANI, 2001; NELSON, 2001). (**Fig. 3**)

² Filo de animais aquáticos e microscópicos



Figura 3: tardígradovsito em uma microscopia de varredura entre musgos. Fonte: <http://ssaft.com/Blog/dotclear/?post/2016/05/04/Observation-Microscopique-Tardigrade>, acessado em: 06/12/2016 às 10:30.

Também podem viver em ambientes extremos como regiões polares e desertos (EVERATT et al, 2015). A espécie de tardígrado *Acuntucusantarticus* muito difundida na Antártica foi analisada em condições de laboratório e mostrou reprodução partenogenética, ciclo de vida de 60 a 90 dias e reproduziu em um tempo curto de 25 a 26 dias. Foi também observado a sua capacidade criptobiótica, que explica as vantagens para seu crescimento e reprodução durante o curto verão do Continente Antártico (ALTIERO et al., 2015). Esses resultados fornecem novos caminhos na pesquisa do papel estratégico de organismos que vivem em ambientes inóspitos.

2.3 REPRODUÇÃO

Dependendo das espécies, as fêmeas podem colocar de 1 a 30 ovos de uma vez. As espécies terrestres apresentam ovos com casca grossa, geométricas e resistência à dessecação (**Fig. 4**) (BRUSCA & BRUSCA, 2007).

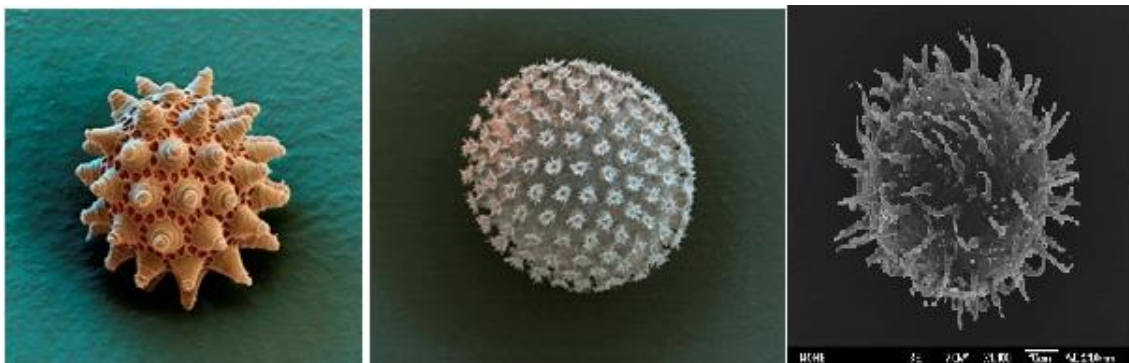


Figura 4: Ovo de Tardígrado visto em microscópio de varredura. Fonte: Eye of Science/SPL, acessado em: 10/08/2016.

Seu desenvolvimento embrionário dura normalmente 14 dias, quando o filhote utiliza seus estiletos para romper a casca do ovo (**Fig. 5**) (BRUSCA & BRUSCA, 2007).

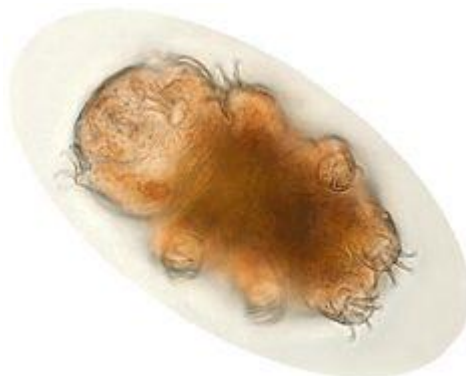


Figura 5: ovo maduro de tardigrado. Fonte: <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/236x/bb/d8/0d/bbd80da8148db019a4719514e35bcbc0.jpg>, acessado em: 06/12/2016 às 11:27.

A quantidade de células que possui é relativamente fixa, pois na primeira fase de crescimento ocorre o aumento do tamanho das células e não o aumento da quantidade delas. No início da vida não possuem a mesma coloração de um adulto e nem sua fisionomia completa (BRUSCA & BRUSCA, 2007).

Alguns Tardígrados marinhos apresentam a reprodução sexuada, pois foram encontrados receptores de sêmen na maioria das fêmeas que vivem em ambiente aquático, pois não existem relatos da sua reprodução por partenogênese (KRISTENSEN, 1984).

Os Tardígrados limno-terrestres contribuíram de forma evolutiva para os 3 tipos de estratégias de reprodução, sendo elas: bissexual, hemafródita e unissexual (BERTOLANI, 2001).

Porém muitos além de serem hermafroditas³ podem se reproduzir partenogenicamente⁴ (BERTOLANI, 2001; MJOLBERG et al, 2011).

A forma de reprodução bissexual prevalece em fêmeas na maioria das espécies, enquanto que em machos são variáveis entre as espécies (BERTOLANI, 2001).

³ Seres que possuem os dois órgãos sexuais bem desenvolvidos, podendo gerar novos indivíduos sem parceiro.

⁴ É uma reprodução assexuada em que o embrião se desenvolve a partir de um óvulo não fecundado.

Todas as fêmeas produzem mais do que um descendente ao longo de sua vida. Maturando e colocando pequenos ou grandes grupos de ovos ao longo de sua vida adulta e estando em associação com a retirada de uma camada da cutícula⁵ exterior (BERTOLANI, 2001).

Existem quatro estágios do desenvolvimento do ovário, maturação do oócito e muda que podem ser distinguidos (BERTOLANI, 2001).

Com poucas exceções os ovos postos livremente possuem cascas com formas geométricas, enquanto os ovos que são postos dentro da exúvia são lisos e algumas espécies colocam ovos ornamentados tanto livremente quanto nas exúvias (**Fig. 6**) (BERTOLANI, 2001)



Figura 6: Exúvia com ovos. Fonte: <http://ssaft.com/Blog/dotclear/?post/2016/05/04/Observation-Microscopique-Tardigrade>, acessado em: 06/12/2016 às 10:30

Tanto os machos de espécies que vivem em água doce quanto os que vivem em água salgada se reproduzem apenas uma vez na vida, com exceção dos gêneros do parágrafo seguinte. Os espermatozóides amadurecem ao longo da vida, preenchendo todo o testículo. Quando todos os espermatozóides estão completamente maduros, os machos procuram uma fêmea para copular, e então um ou mais machos agarram uma fêmea com suas garras frontais modificadas, logo após a cópula morrem, diferente das fêmeas que podem colocar ovos várias vezes durante sua vida adulta (BERTOLANI, 2001).

Machos dos gêneros *Macrobiotus*, *Ramazzottius* e *Diphascion*, os quais vivem em musgos e folhas caídas, têm sua maturação contínua de espermatozóides, com todos seus estágios dentro do testículo e possui tamanho similar ou pouco maior que a fêmea (REBECCHI & BERTOLANI, 1994). Essas espécies são capazes de copular várias vezes durante a vida adulta (BERTOLANI, 2001).

⁵ Camada externa, não celear que recobre o corpo dos Artropodes, por exemplo,

O hermafroditismo em Tardígrados só foi observado em Eutardígrados limno-terrestres que eram associados à reprodução assexuada, somente a partir de 1979 (BERTOLANI 1979, 1990; BERTOLANI & REBECCHI 1999; BERTOLANI, 2001).

De modo geral, os indivíduos auto-férteis gastam mais energia que os que se reproduzem sexuadamente, pois os hermafroditas tem que dobrar sua quantidade de energia gasta pelo fato de realizar a função dos dois sexos (BERTOLANI, 2001).

A vantagem dos hermafroditas é que mesmo tendo apenas um indivíduo, este consegue procriar, porém a recombinação genética não é tão variável, o que não gera a variabilidade genética (BERTOLANI, 2001).

Fêmeas Eutardígrados e Heterotardígrados geralmente se reproduzem por partenogênese, ou seja, estratégia de reprodução adotada favorecendo adaptação para colonizar habitats novos e isolados (BERTOLANI, 2001).

A capacidade de regeneração dos Tardígrados é limitada, uma vez que seu tecido fisiológico é de difícil restauração já que possui poucas células (BERTOLANI, 1970).

As fêmeas geralmente são maiores que os machos, tendo alguns considerados anões, mas os machos anões são conhecidos por apenas uma espécie (KRISTENSEN, 1980).

3 MORFOLOGIA E FISIOLOGIA DO ESTADO DE LATÊNCIA

3.1 MORFOLOGIA

Os tardígrados possuem um corpo roliço, medindo frequentemente menos de um milímetro e é dividido em cinco segmentos com quatro pares de patas, terminando em garras. Sua aparência lembra um urso, tendo também passos pesados (**FIG. 7**) (GAREY ET AL, 1996; BRUSCA & BRUSCA, 2007).

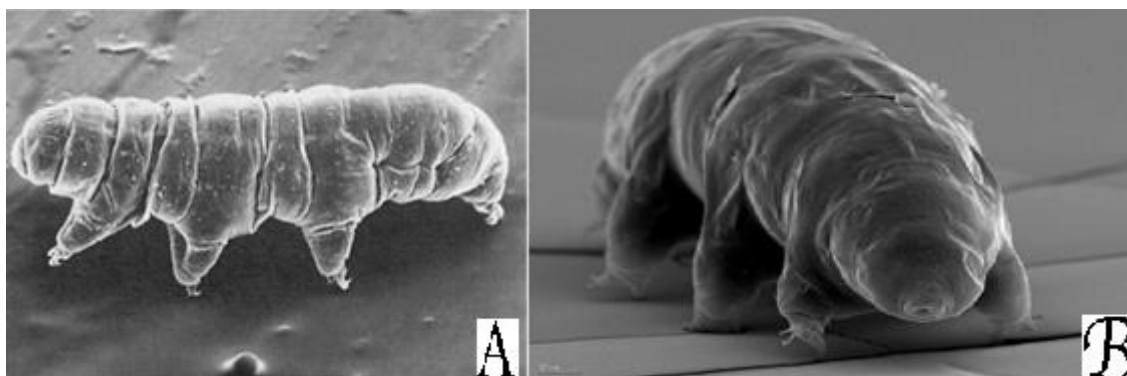


Figura 7: A- Microscopia eletrônica de varredura do Eutardigrado, *Macrobiotus tonollii*. Fonte: Nelson, 2001. B-Acessado em: <http://ssaft.com/Blog/dotclear/?post/2016/05/04/Observation-Microscopique-Tardigrade> no dia 06/12/2016 às 10:30

Baseado nas estruturas de suas cutículas, as quais são importantes para a identificação e diferenciação taxonômica de gêneros e espécies são divididos em dois grandes grupos: os tardígrados com armadura, que possuem uma cutícula dorsal engrossada dividida em placas individuais, tendo um padrão específico de escultura para cada espécie. Os tardígrados com armadura incluem algumas espécies marinhas dentro das famílias Renaudarctidae e Stygarctidae, ordem Arthrotardigrada e muitas espécies terrestres incluídas na família Echiniscidae, ordem Echiniscoidea (NELSON, 2001).

Os tardígrados que não possuem armadura incluem os Eutardígrados terrestres e de água fresca e a maioria dos Heterotardígrados marinhos. Estes possuem uma cutícula fina e lisa ou esculpida com poros, granulação, reticulação, tubérculos, papilas ou espinhas (NELSON, 2001).

Além das estruturas cuticulares, o tamanho, forma e número de garras também são sistemas importantes que têm sido utilizados para classificar os Eutardígrados (NELSON, 2001). Os Eutardígrados geralmente possuem garras duplas em cada perna,

como garras externas e internas. Cada garra dupla consiste em um aparelho basal e um ramo secundário sem pontos de acessório (**FIG. 8**) (NELSON, 2001).

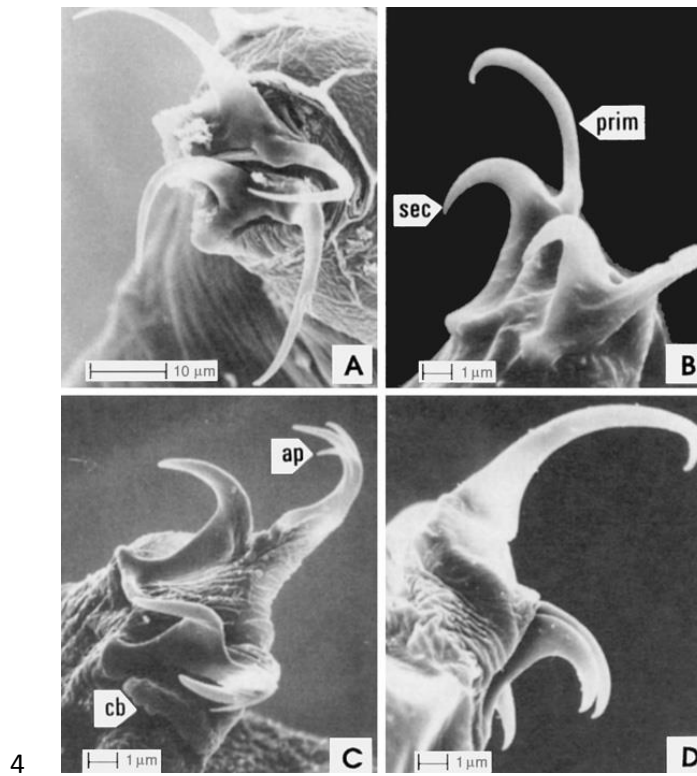


Figura 8: Microscopia eletrônica de varredura das garras de Eutardigrados. (A) *Pseudobiotus*; (B) *Hypsibius*; prim, ramo primário; seg, ramo secundário; (C) *Itaquascon*; ap, ponto de acessório; cb, barra cuticular; (D) *Milnesium*. Fonte: Nelson, 2001.

Na família Echiniscidae dos Heterotardigrados cada perna termina com quatro garras individuais em adultos e em jovens, diferente das larvas que terminam com duas garras. Frequentemente as duas garras internas tem um esporão ventral e ocasionalmente mais esporões podem estar presentes perto da base na garra externa. (NELSON,2001).

Gêneros adicionais foram construídos com base nas variações dos tipos de garras. A redução das garras, principalmente as traseiras tem evoluído de forma independente nos Eutardigrados, especialmente os que vivem no solo (NELSON, 2001)

Tardígrados de água doce (Eutardigrados) tem sua cutícula e epiderme levemente coradas ou brancas, enquanto os tardígrados terrestres, dependendo das substâncias intestinais, podem ter variações nas cores como: marrom, amarelo, verde, rosa, vermelho e laranja (NELSON, 2001).

Os tardígrados possuem um sistema digestivo completo e a cavidade corporal contém um fluido que cumpre as funções de circulação e respiração (NELSON, 2002).

O aparelho bucal dos tardígrados é uma estrutura complexa que é considerável na diferenciação taxonômica nos Eutardigrados (NELSON, 2001). Este consiste basicamente no tubo bucal, faringe sugadora e um par de estiletos cortantes que podem ser estendidos através da abertura da boca. A posição da boca pode ser terminal como em tardígrados carnívoros e onívoros ou posição ventral em herbívoros e detritivos (NELSON, 2001; BRUSCA & BRUSCA, 2007).

O mecanismo do estilete consiste em dois estiletos que podem ser empurrados para cima, estilete bainha, estilete suporte, e músculos associados. Os estiletos são pareados com as estruturas cortantes laterais no tubo bucal, os estiletos podem se localizar no lúmen das glândulas salivares, que são laterais à faringe. Os estiletos e as secreções salivares inserem na extremidade anterior do tubo bucal por meio de bainhas em cada lado, que transferem e afastam os músculos operantes em cada estilete (NELSON, 2001).

O sistema nervoso dos Tardígrados se assemelha no grupo dos anelídeo⁶-artrópodes⁷ e é distintamente metâmero⁸, possuindo um gânglio cerebral dorsal conectado a um gânglio subesofágico através de um par de comissuras⁹ que circundam o tubo bucal. (NELSON, 2001; BRUSCA & BRUSCA, 2007). Possuem também cerdas ou espinhos sensoriais localizados sobre o pescoço. A parte anterior de muitos Tardígrados apresenta vários cirros sensoriais longos. Muitas espécies possuem um par de cirros chamados de clavas, que apresentam uma natureza quimiossensorial, sendo uma estrutura parecida às cerdas olfativas de muitos artrópodes (BRUSCA & BRUSCA, 2007).

Normalmente a muda ocorre ao longo da vida dos tardígrados, em períodos de 5 a 10 dias. Todo o revestimento cuticular do intestino anterior, incluindo o estilete, é ejetado através da abertura bucal expandida, que em algum momento fecha e o animal não pode se alimentar. Este é o estágio "simples", caracterizado pela ausência do aparelho bucal. As glândulas salivares reformam as estruturas cuticulares dos tubos vestibulares, e o estilete. O esôfago regenera seu próprio revestimento cuticular. Concomitantemente, a nova cutícula do corpo, incluindo o revestimento do intestino

⁶ Animais que possuem o corpo dividido em anéis.

⁷ Animais que possuem as patas articuladas.

⁸ Segmentos semelhantes em que se divide o corpo de um animal.

⁹ Ponto que une partes simétricas dos centros nervosos.

posterior, é sintetizada pelas células subjacentes e as novas garras são produzidas por glândulas de garras nas pernas (NELSON, 2001).

A cutícula velha é retirada junto com as garras e o revestimento do intestino posterior ao longo da muda. O corpo sempre cresce e vão ocorrendo várias mudas, mesmo depois de atingir a maturidade sexual, até que o animal chegue a seu tamanho máximo (**Fig. 9**). (NELSON, 2001).

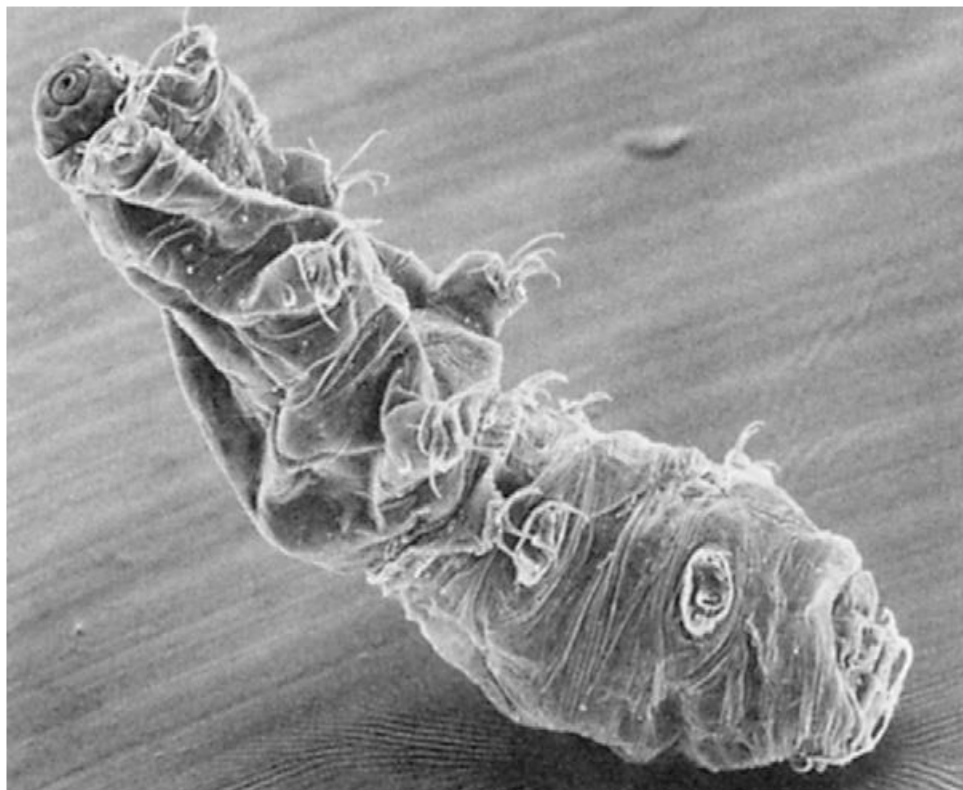


Figura 9: Tardígrado sofrendo muda. Fonte: Nelson, 2001.

3.2 FISIOLOGIA DO ESTADO DE LATÊNCIA

Uma das características mais marcantes do filo Tardigrada é sua capacidade de entrar em anabiose¹⁰ e criptobiose quando as condições ambientais são desfavoráveis. Dependendo da condição, o animal pode entrar em diferentes formas dela: criobiose (induzida pelo frio), anidrobiose (induzida pela desidratação), osmobiose (induzida por diferenças de pressões osmóticas) e anoxibiose (induzida pela ausência de oxigênio) (MJOLBERG et al., 2011). Quando os tardígrados entram nestes estados, seu metabolismo, crescimento, reprodução e envelhecimento são reduzidos ou cessados

¹⁰Estado de dormência que quando há condições ambientais desfavoráveis o indivíduo reduz sua atividade metabólica.

temporariamente e a resistência às condições ambientais extremas é aumentada (**Fig. 10**) (Crowe 1975; NELSON, 2001).

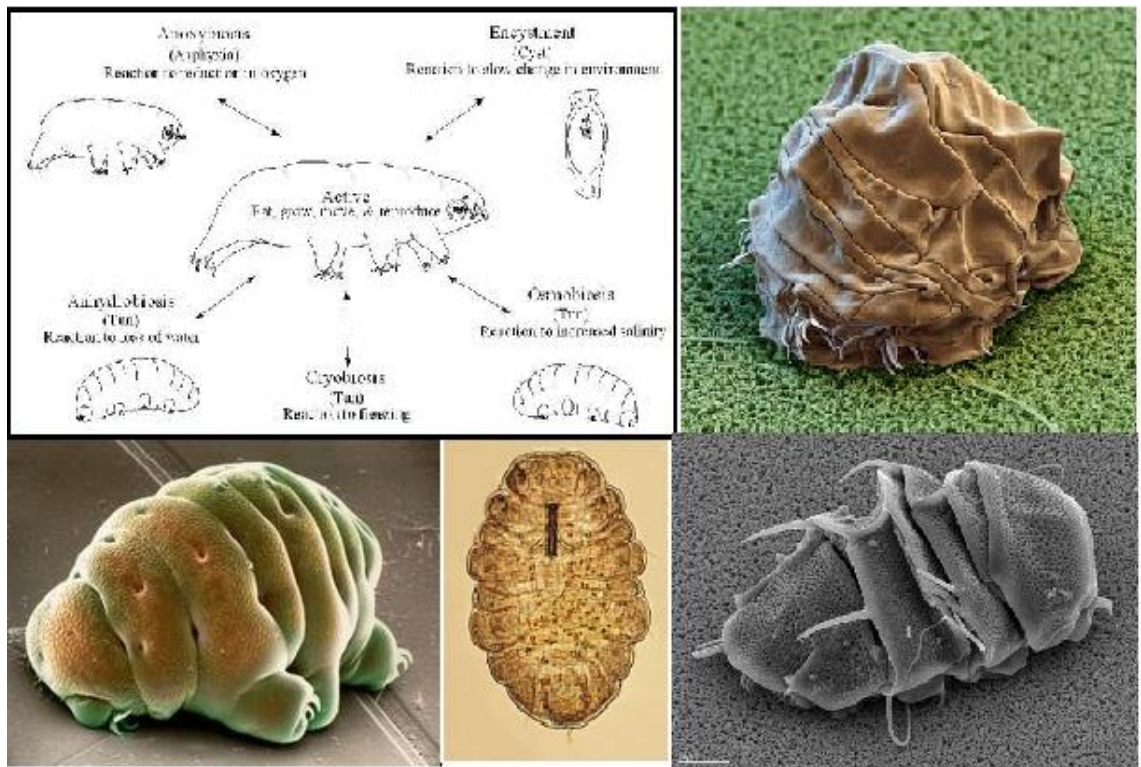


Figura 10: estados de latência do tardigrado. Fonte: <https://br.pinterest.com> ;<https://tardigradawaddup.wikispaces.com/Tardigrades+Introduced>, acessado em: 06/12/2016 às 12:00.

No estado de anidrobiose, os animais se contraem em forma de um pequeno barril, podem sobreviver a condições extremamente áridas, como temperaturas de até -192 °C (RAMLOV; WESTH, 1992), temperaturas acima de 100 °C por breves períodos (HENGHERR et al., 2009b), intensas radiações (HOKIRAWA et al., 2006), pressões de até 7,5 GPa (ONO et al., 2008), exposição a álcool (RAMLOV; WESTH, 2001) e sobrevivendo até mesmo ao vácuo espacial e radiação solar (JÖNSSON et al., 2008). Mesmo em estado ativo e hidratado, os animais toleram temperaturas de -30 °C (HENGHERR et al., 2009a).

Várias pesquisas relatam as proteínas de choque térmico¹¹, síntese de açúcares como a trealose e proteínas LEA (“late embryogenesis abundant”) como principais responsáveis para garantir a sobrevivência dos animais à desidratação e ao congelamento (SCHILL et al, 2009; JONSSON & SCHILL, 2007).

¹¹ Proteínas que fazem a proteção celular contra estresses térmicos, osmóticos, oxidativo, entre outros

A alta diversidade das espécies e número de espécimes de tardígrados pode ser explicado pelas vantagens seletivas da criptobiose que permite a persistência em ambientes hostis à vida, redução de competidores, parasitas e predadores (GUIDETTI et al, 2011).

4 TECNOLOGIAS VISANDO UTILIZAR O TARDIGRADO COMO MODELO

Os Tardígrados são animais que estão sendo cada vez mais estudados devido a sua capacidade de criptobiose que chama bastante atenção pela sua grande resistência às adversidades ambientais. O seu estudo tem se tornado importante para entender como funciona esse estado de criptobiose e se o que estes animais fazem pode vir a ajudar em uma futura tecnologia.

Estudos em biotecnologia estão utilizando células de Tardígrados que resistem ao congelamento e à desidratação com o intuito de conservar alimentos, amostras de sangue, vacinas em temperatura ambiente e também tecidos que teriam seus danos evitados em processos de congelamento (JÖNSSON et al., 2008 SCHILL et al., 2009 a).

Entender como funciona a anidrobiose pode ajudar a estimular a construção de materiais biológicos no estado seco estáveis e que podem ser preservados à longo prazo (SCHILL et al., 2009).

Esse tema é de interesse na área da medicina na conservação de células e órgão. Na indústria alimentícia os interesses são na conservação e armazenamento, já a indústria farmacêutica pretende estender o prazo de validade de medicamentos à base de proteínas e enzimas, que também são interesses da biotecnologia branca¹² (SCHILL et al, 2009).

O estudo mais aprofundado do Tardigrado permite que futuramente seja possível estabilizar células em estado seco ou congelado, principalmente em órgãos e tecidos, para a preservação, transporte e aplicações medicas, como o armazenamento de órgãos e tecidos homólogos e heterólogos. Alguns exemplos destes procedimentos são: o armazenamento de plaquetas com uma duração maior que 5 dias, linhagens celulares em cultivos e tecidos ou órgãos em temperatura ambiente (SCHILL et al, 2009).

A aplicação da anidrobiose pode ser utilizada também em vacinas, podendo produzir uma vacina seca que reative no corpo. Em teoria, a tecnologia das vacinas secas poderia ser usada em qualquer outra vacina, incluindo vacinas vivas, como a

¹² A biotecnologia branca abrange a área de utilização da biotecnologia dentro da industria química. O objetivo da biotecnologia branca é produzir substancias tais como o álcool, as vitaminas, os aminoácidos, os antibióticos ou as enzimas de modo compatível com o ambiente e com os recursos.

do sarampo. Podendo também adaptar para permitir a libertação de uma vacina lenta, eliminando a necessidade de doses subsequentes. Possivelmente eliminando a necessidade de vacinas refrigeradas tornando as vacinas secas mais amplamente disponíveis em todo o mundo em desenvolvimento, onde a refrigeração e o armazenamento adequado são menos acessíveis (SCHILL et al, 2009).

Uma das áreas que estuda estes animais é a astrobiologia. Através do projeto *Tardigrades in Space* enviou-se em 2007 eutardigrados adultos da espécie *Richtersius coronifer* e *Milnesium tardigradum* desidratados que foram expostos ao vácuo espacial e a dois diferentes espectros de radiação ultra-violeta (UV) por 10 dias. Após a rehidratação os tardigrados sobreviveram e ainda mantiveram seus padrões normais de reprodução (JONSSON ET al., 2008). Em 2007 também, no projeto *Tardigrade Resistance to Espace Effects* (TARSE) foram mandados para o espaço tardigrados da espécie *Macrobotus richtersi*. Durante o experimento a microgravidade e radiação não tiveram efeito sobre a sobrevivência ou a integridade do DNA dos tardigrados. Além disso, as fêmeas puseram ovos que eclodiram e os filhotes apresentaram morfologia e comportamento normais (REBECCI et al, 2009).

Os mecanismos que fazem os tardigrados terem tolerância a desidratação e radiações extremas ainda são desconhecidos e representa um grande desafio para pesquisas futuras (JONSSON et al, 2005).

Provavelmente um eficiente sistema de reparo de DNA e configurações especiais de DNA e outros componentes celulares, como as proteínas de choque térmico HSP 70 e proteínas LEA estejam envolvidos na tolerância a desidratação e radiação e congelamento (JONSSON & SCHILL, 2007; SCHILL et al, 2009).

Os sistemas de reparação do DNA atuam como mantenedor da integridade do genoma a respeito de erros de replicação, aspectos ambientais e efeitos cumulativos do tempo (YU et al, 1999). O estudo desses sistemas de reparação genética é muito importante devido as suas deficiências em humanos que podem levar a várias enfermidades (HUANG & SHERIDAN, 1981). Devido a isto, vários sistemas procariotas têm sido estudados (HANAWALT, 1989). Sendo assim, os tardigrados poderiam ser um modelo eucariota, com um eficiente sistema de reparação mais próximo do humano (BÉLTRAN-PARDO & BERNAL-VILLEGAS, 2009).

5 CONCLUSÃO

A partir deste estudo, pode-se concluir que já existem grandes pesquisas sendo realizadas em diversas áreas para a criação de novas tecnologias em diferentes países. Devido à alta resistência a diferentes tipos de ambientes e temperaturas, os tardigrados têm sido muito estudados nas áreas de biotecnologia, astrobiologia, medicina e pelas indústrias farmacêutica e alimentícia.

A compreensão dos mecanismos e substâncias utilizados por esse pequeno animal poderá ser um grande passo para o avanço da tecnologia humana em geral.

Os tardigrados podem viver desde os mais profundos oceanos até as mais altas montanhas, conseguem sobreviver no espaço sem dano celular e até mesmo um grande período de tempo sem água.

Tudo isso é graças a sua capacidade de entrar em criptobiose que o ajuda na proteção contra ambientes extremos como a criobiose (induzida pelo frio), anidrobiose (induzida pela desidratação), osmobiose (induzida por diferenças de pressões osmóticas) e anoxibiose (induzida pela ausência de oxigênio).

Quando nestes estados seu metabolismo, crescimento, reprodução e envelhecimento são reduzidos ou cessados temporariamente.

Eles estão sendo cada vez mais estudados por ter esta grande resistência e por isso os tardigrados estão sendo cada vez mais estudados.

6-REFERÊNCIAS

- ALTIERO, T; GIOVANNINI, I; GUIDETTI, R; REBECCHI, L. **Life history traits and reproductive mode of the tardigrade *Acutuncus antarcticus* under laboratory conditions: strategies to colonize the Antarctic environment**. Italia: Springer International: Modena, 2015
- BELTRÁN-PARDO; BERNAL-VILLEGAS J. **Acercamiento a los estudios actuales sobre el filo Tardigrada y su importância em la medicina**. Universitas Médica, 2009; 50(3): 380-403
- BERTOLANI, R.: **Mitosi somatiche e costanza cellulare numérica nei Tardigradi**. Atti Accad. Nazl. Linc. Ser. Rend. Classe Sci. Fis. Mat. Nat., 1970; 8 (48): 739–742.
- BERTOLANI, R. **Hermaphroditism in tardigrades**. Interational Journal of Invertebrate Reproduction, 1979; 1 (1): 67–71.
- BERTOLANI, R.; REBECCHI, L.; BECCACCIOLI, G. **Dispersal of *Ramazzottius* and other tardigrades in relation to type of reproduction**. Invertebrate reproduction and development, 1990; 18 (3) : 153-157.
- BERTOLANI, R.; REBECCHI, L., E. NEILL, J. D. **TARDIGRADA**. San Diego: Encyclopedia of Reproduction, 1999; 4: 703–717
- BERTOLANI, Roberto. **Evolution of the Reproductive Mechanisms in Tardigrades – A Review**. Itália: Zoologischer Anzeiger-A Journal of Comparative Zoology, 2001; 240 (3): 247-252.
- BERTOLANI, R., GUIDETTI, R., JÖNSSON, K.I., ALTIERO, T., BOSCHINI, D., REBECCHI, L., J. LIMNOL. **Experiences with dormancy in tardigrades**. Journal of Limnology, 2004; 63 (1s): 16–25.
- REBECCHI, R et al. **Tardigrade Resistance to Space Effects: First Results of Experiments on the LIFE-TARSE Mission on FOTON-M3 (September 2007)**. Italia: Astrobiology, 2009; 9(6): 581-591
- BRUSCA, Gary J.; BRUSCA, Richard C. **Invertebrados**. Brasil: Guanabara Koogan, 2007; 15(2): 485-491.
- Crowe, J. **The physiology of cryptobiosis in tardigrades**. Italia: Memorie dell’Istituto Italiano di Idrobiologia, 1975; 32: 37-59
- EVERATT MJP, CONVEY P, BALE JS, WORLANDMR & HAYWARD SAL. **Responses of invertebrates to temperature and water stress: a polar perspective**. Journal of Thermal Biology doi, 2015; 54: 118-132.
- GAREY JR, KROTEC M, NELSON DR, BROOKS J. **Molecular analysis supports a tardigrade arthropod association**. Estados Unidos da América: Invertebrate Biology, 1996; 115:79-88.
- GREVEN H. **Comments on the eyes of tardigrades**. Arthropod Structure & development, 2007; 36(4): 401-407.
- GUIDETTI, Roberto; ALTIERO, Tiziana; REBECCHI, Lorena. **On dormancy strategies in tardigrades**. Journal of Insect Physiology: Itália, 2011; 57 (5): 567-576.
- GUIDETTIR, BERTOLANI R.. **Tardigrade taxonomy: na updated check list of the taxa and a list of characters of their identification**. Italia: Zootaxa, 2005; 845 (1):1-46.

HANAWALT P. **Concepts and models for DNA repair: from *Escherichia coli* to mammalian cells.** Environmental and molecular mutagenesis 1989; 14 (S16): 90-98.

HENGHERR, S.; WORLAND, M. R.; REUNER, A.; BRUMMER, F.; SCHILL, R. O. **Freeze tolerance, supercooling points and ice formation: comparative studies on subzero temperature survival on limnno-terrestrial tardigrades.** The Journal of Experimental Biology, 2009; 212(6): 802-807.

HENGHERR, S.; WORLAND, M. R.; REUNER, A.; BRUMMER, F.; SCHILL, R. O. **High temperature tolerance in anhydrobiotic tardigrades is limited by glass transition.** Chicago: Physiological and Biochemical Zoology: Ecological and Evolutionary Approaches, 2009; 82(6): 749-755.

HORIKAWA, Daiki D.; SAKASHITA, Tetsuya; KATAGIRI, Chihiro; WATANABE, Masahiko; KIKAWADA, Takahiro; NAKAHARA, Yuichi; HAMADA, Nobuyuki; WADA, Seiichi; FUNAYAMA, Tomoo; HIGASHI, Seigo; KOBAYASHI, Yasuhiko; OKUDA, Takashi; KUWABARA, Mikinori. **Radiation tolerance in the tardigrade *Milnesium tardigradum*.** International journal of radiation biology, 2006; 82(12): 843-848.

HUANG I, SHERIDAN R. **Genetic and biochemical studies with *ataxia telangiectasia*.** Human Genetics , 1981; 59 (1):1-9.

JÖNSSON KI, HARMS-RINGDAHL M, TORUDD J. **Radiation tolerance in the eutardigrade *Richtersius coronifer*.** Int J Radiat Biol 2005; 81: 649-656.

JÖNSSON KI and SCHILL R. **Induction of sp 70 by desiccation, ionizing radiation and heat-shock in the eutardigrade *Richtersius coronifer*.** Comp.BiochemPhysiol, .2007; 146: 456-600.

JÖNSSONKI, Rabbow E, SCHILL RO, HARMS-RINGDAHL M, RETTBERG P. **Tardigrades survive exposure to space in low Earth orbit.** Current Biology, 2008; 8(17): 729-731.

KRISTENSEN, R. M. **Zur Biologie des marinen Heterotardigraden *Tetrakentron synaptae*.** Helgoländer Meeresuntersuchungen, 1980; 34 (2): 165-177.

KRISTENSEN, R. M. & HIGGINS, R. P. **Revision of *Styraconyx* (Tardigrada: Halechiniscidae), with description of two new species from Disko Bay, West Greenland.** Dinamarca: Smithsonian Contributions Zoology , 1984; 391: 1–40.

MJOLBERG, N; HALBERG, K. A.; JORGENSEN, A.; PERSSON, D.; JORN, M.; RAMLOV, H.; KRISTENSEN, R. M. **Survival in extreme environments – on the current knowledge of adaptations in tardigrades.** Dinamarca: Acta Physiologica, 2011; 202(3): 409-420.

NELSON, Diane R. **TARDIGRADA em Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates.** Academic Press Tennessee, 2001 (2): 527-550

NELSON, Diane. R. **Current Status of the Tardigrada: Evolution and Ecology.** Tennessee: Integrative And comparative Biology, 2002; 42(3): 652–659.

ONO, F.; SAIGUSA, M.; UOSUMI, T.; MATSUSHIMA, Y.; IKEDA, H.; SAINI, N. L.; YAMASHITA, M. **Effect of high hydrostatic pressure on to life of the tiny animal tardigrade.** Japão: Journal of Physics and Chemistry of Solids, 2008; 69(9): 2297-2300.

RAMAZZOTTI, G.; MAUCCI, W. **The phylum tardigrada.** Italia, Memorie dell'Istituto Italiano dildrobiologiaDott. Marco de Marchi, 1983; 41(3).

- RAMLOV, Hans; WESTH, Peter. **Survival of the cryptobiotic eutardigrade *Adorybiotus coronifer* during cooling to -196 °C: Effect of cooling rate, trehalose level, and short-term acclimation.** Dinamarca: Criobiology, 1992; 29 (1): 125-130
- RAMLOV, Hans; WESTH, Peter. **Cryptobiosis in the Eutardigrade *Adorybiotus (Richtersius) coronifer*: Tolerance to Alcohols, Temperature and *de novo* Protein Synthesis.** Dinamarca: Zoologischer Anzeiger – A Journal of Comparative Zoology, 2001; 240(3): 517-523.
- REBECCHI, L., BERTOLANI, R. **Maturative pattern of ovary and testis in eutardigrade of freshwater and terrestrial habitats.** Invertebrate Reproduction and Development, 1994; 26 (2): 107–117.
- SÁNCHEZ-MORENO, Sara; FERRIS, Howard; GUIL, Noemí. **Role of tardigrades in the suppressive service of a soil food web.** Espanha: Agriculture, Ecosystems and Environment: Estados Unidos, 2008; 124 (3): 187-192.
- SCHILL, R. O. et al. **Measurement of the Beam-Spin Azimuthal Asymmetry Associated with Deeply-Virtual Compton Scattering.** 2001; 87 (18): 182001
<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.87.182001>
- SCHILL, R. O. et. al. **Molecular mechanisms of tolerance in tardigrades: New perspectives for preservation and stabilization of biological material.** Alemanha: Biotechnology Advances, 2009; 27(4): 348-352
- YU Z, CHEN J, FORD B, BRACKLEY M, GLICKMAN B. **human DNA repair system:an overview.** Canada: Environmental and Molecular Mutagenesis. 1999; 33 (1): 3-20.