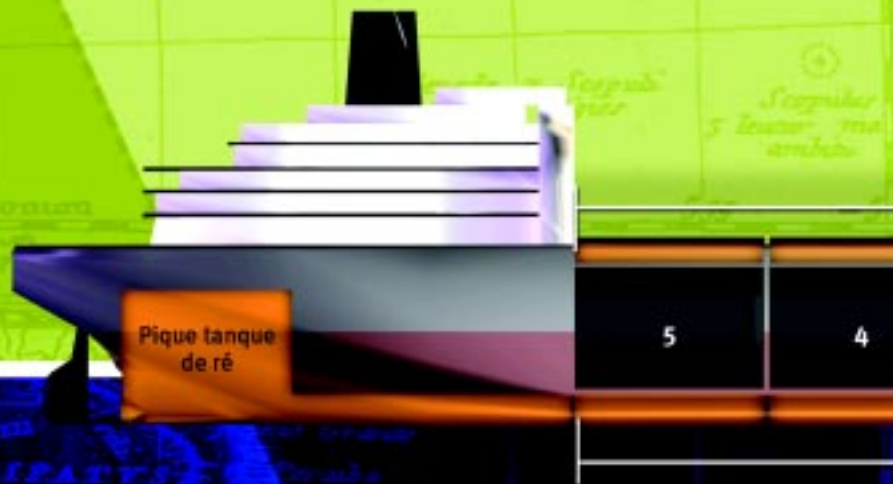


A invasão de espécies exóticas é hoje uma das maiores ameaças à integridade dos ecossistemas. O aumento do tráfego marítimo e o uso de grandes navios têm feito da água de lastro – utilizada nas viagens para obter maior estabilidade e ajudar na propulsão e em manobras – o mecanismo mais eficiente de dispersão de organismos marinhos e de água doce. O transporte de longa distância contribui para eliminar ou reduzir as barreiras naturais que sempre separaram os ecossistemas e mantiveram sua integridade, aumentando a homogeneização da flora e da fauna em todo o mundo, com sérios prejuízos ao meio ambiente, à biodiversidade e à saúde humana.



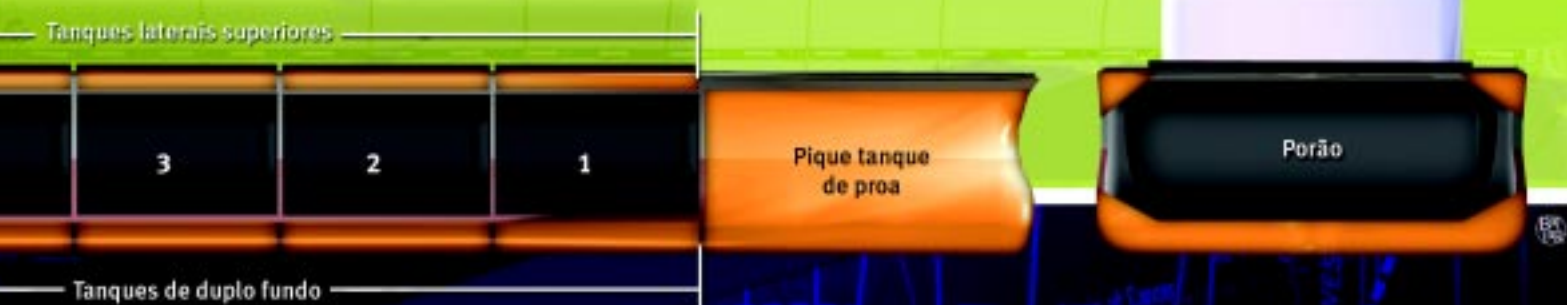
**Julieta Salles Vianna da Silva,
Flavio da Costa Fernandes,
Karen Tereza Sampaio Larsen
e Rosa Cristina Corrêa Luz de Souza**
*Instituto de Estudos do Mar
Almirante Paulo Moreira*

ÁGUA DE LASTRO

A atenção da comunidade científica e do governo tem se voltado, nos últimos anos, para a questão da introdução de espécies, em função dos impactos ecológicos e econômicos decorrentes da invasão de vários ecossistemas, em todo o planeta, por animais e plantas exóticos.

São considerados espécies exóticas os organismos ou materiais biológicos (sementes, ovos, esporos etc.) capazes de propagar animais e plantas e que tenham entrado em um ecossistema onde antes não existiam. Esses seres e materiais podem ser levados involuntariamente de um lugar a outro do mundo por meios de transporte de longa distância, como aviões e navios. Em aviões, essa ocorrência é mais rara. Nos navios, porém, eles são transportados através de incrustações nos cascos e na água de lastro, embora o emprego de tintas biocidas antiincrustantes venha reduzindo bastante o número de

Figura 1. Cortes longitudinal e transversal de navio graneleiro, com a distribuição dos tanques de lastro (em laranja) e dos porões de carga (1 a 5)



AMEAÇA AOS ECOSSISTEMAS

organismos presos aos cascos. O problema maior, portanto, está na contínua transferência de organismos através da água de lastro.

Os navios usam água nos tanques de lastro (figura 1) para manter a segurança, aumentar o calado (distância entre o nível da água e a quilha), compensar perdas de peso com o uso do combustível e da água de consumo e ajudar na propulsão e em manobras, além de manter níveis aceitáveis de estresse na estrutura. Para controlar a submersão e a estabilidade, é necessário lastrear e deslastrear com frequência.

Responsável por cerca de 80% do atual comércio mundial, o transporte marítimo internacional vem contribuindo para eliminar ou reduzir as barreiras criadas pela história geológica e biológica da Terra entre os diferentes ecossistemas. Com isso, a homogeneização da flora e fauna vem crescendo em todo o mundo. No Brasil, a situação é ainda mais ameaça-

dora em função de sua extensa costa e do fato de que cerca de 95% de todo o comércio exterior do país é realizado por via marítima, segundo a Diretoria de Portos e Costas (DPC) da Marinha do Brasil.

Em todo o mundo, são transferidas anualmente cerca de 10 bilhões de toneladas de água de lastro, e transportadas por dia em torno de 3 mil espécies de plantas e animais. Segundo a DPC, a média anual de visitas aos portos brasileiros é de 40 mil navios. O Brasil ainda não tem dados sobre quanto lastro é lançado nos portos do país, nem controle sobre esses lançamentos, mas essa quantidade pode ser estimada em cerca de 40 milhões de toneladas anuais, em função do volume total de carga exportada. Esse volume está diretamente relacionado com a quantidade de lastro despejada nos portos brasileiros porque um navio só deslastrea quando está sendo carregado. ▶

Figura 2.
O controle do mexilhão-zebra (*Dreissena polymorpha*), introduzido nos Grandes Lagos, nos Estados Unidos, tem um custo elevado



FOTO: S. GAGAN

CHANCES E RISCOS DAS INVASÕES

O registro de uma espécie exótica em um novo ambiente não significa necessariamente que tenha ocorrido a introdução do organismo e o estabelecimento de uma população do mesmo. O sucesso da colonização de uma nova região por uma espécie trazida na água de lastro de um navio depende do ponto de descarga dessa água. Portos situados em áreas protegidas, como baías e estuários, são mais suscetíveis ao processo.

A introdução e o assentamento de espécies exóticas em um dado local, em geral trazendo problemas para os animais e plantas nativos e até para a população humana local, está associada a diversos fatores. Os mais importantes são as características biológicas das espécies e as condições do ambiente onde ocorre a introdução. Aspectos como o clima, o número de indivíduos introduzidos (o que afeta a chance de implantação de uma população), a competição com as espécies nativas e a disponibilidade de alimento no local também influenciam o processo.

O risco de uma introdução ter sucesso, ou seja, transformar-se em colonização, aumenta muito se os portos de carga ou descarga (ou de coleta e descarte da água de lastro) forem ecologicamente comparáveis. Ações que modificam ou degradam o ambiente ou o regime hidrográfico (como dragagens, drenagens, canalizações etc.) também favorecem a sobrevivência e permanência das espécies introduzidas, criando novas oportunidades para seu estabelecimento.

Já foram documentados, em todo o mundo, numerosos exemplos de invasões bem-sucedidas – para as espécies invasoras, não para o ambiente afetado. Alguns desses exemplos podem ser destacados.

O mexilhão-zebra (*Dreissena polymorpha* – figura 2), nativo da Europa, invadiu e se estabeleceu nos Grandes Lagos, ao norte dos Estados Unidos, provocando gastos de milhões de dólares por ano para sua

remoção (onde já se incrustou) e seu controle.

O ctenóforo (um tipo de invertebrado marinho) *Mnemiopsis leidyi*, endêmico da costa atlântica na América do Norte, teve sua primeira ocorrência registrada nos mares Negro e de Azov, ao sul da Ucrânia e da Rússia, em 1982. Hoje, a espécie está estabelecida nesses mares interiores e ocorre em massa. Os ctenóforos nativos foram totalmente extintos e a pesca de enchovas e espadartes na região caiu drasticamente. Em 1992, a espécie invasora foi registrada também no mar Mediterrâneo.

A introdução na Austrália de uma estrela-do-mar (*Asterias amurensis* – figura 3) e de outras espécies como a alga *Undaria pinnatifida* (oriunda do Japão), o caranguejo *Carcinus maenas* (oriundo da Europa), o verme poliqueto *Sabella spallanzani* (oriundo da Europa) e dinoflagelados (microalgas – figura 4) tóxicos dos gêneros *Gymnodinium* e *Alexandrium* (oriundos do Japão) prejudicou a pesca e a aquicultura industrial.

A epidemia de cólera iniciada na Indonésia em 1961 espalhou-se por todo o mundo até 1991. Acredita-se que a bactéria *Vibrio cholerae*, causadora da doença, tenha sido introduzida na América do Sul por tráfego marítimo. Em 1991 e 1992, o *V. cholerae* foi detectado, nos Estados Unidos, na água de lastro de navios oriundos da América do Sul. As águas de lastro contaminadas apresentavam salinidades variadas, indicando a habilidade da bactéria para sobreviver em ambientes estuarino e marinho.

A alga *Caulerpa taxifolia* (nativa dos oceanos Pacífico e Atlântico tropical e do mar Vermelho) foi introduzida acidentalmente no mar Mediterrâneo e sua distribuição através de barcos e navios domésticos tem sido objeto de pesquisas pela Comunidade Européia. Em 1984, a espécie cobria apenas 1 m², área que saltou para cerca de 3 mil hectares em 1966 e hoje chega a milhares de hectares ao longo da costa da França. Essa alga, já registrada na Espanha, na Itália e no mar Adriático, vem substituindo as algas nativas, limitando o habitat de larvas de peixes

Figura 3.
A estrela-do-mar *Asterias amurensis*, natural da China e do Japão, hoje causa problemas na Nova Zelândia



FOTO: WALTERS

e invertebrados e comprometendo a continuidade de suas populações.

Na costa brasileira já existe o relato da introdução de pelo menos três espécies de caranguejos e cinco de camarões. Destes, só o caranguejo-aranha *Pyromaia tuberculata* se estabeleceu no Brasil: já foi detectado no Rio de Janeiro, em São Paulo e no Paraná. Originária da Califórnia, essa espécie foi introduzida na baía do Panamá e levada por navios para o Japão, a Austrália e a Nova Zelândia. Sua descoberta no Brasil foi o primeiro registro de ocorrência no Atlântico ocidental.

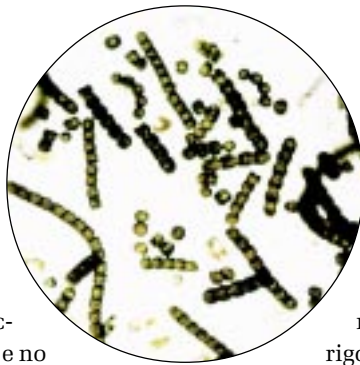
Uma fêmea do siri *Scylla serrata*, da Ásia e do oceano Índico, foi capturada por pescadores em Peruíbe (SP), mas esse foi o único relato de ocorrência da espécie no Brasil. Um macho de outro siri, *Charybdis hellerii* (figura 5), originário dos oceanos Índico e Pacífico e do mar Mediterrâneo, foi coletado em 1995 na baía de Todos os Santos (BA). Posteriormente, mergulhadores capturaram nove indivíduos, incluindo adultos, fêmeas ovadas e juvenis, na baía de Guanabara (RJ).

O mais recente caso de invasão com sucesso no Brasil é o do mexilhão-dourado (*Limnoperna fortunei* – figura 6). Esse molusco bivalve chegou à América do Sul em 1991, estabelecendo-se no rio da Prata, na região de Buenos Aires, na Argentina. No Brasil, o primeiro registro ocorreu em 19 de janeiro de 1999, na praia de Itapuã e em Porto das Pombas, situados no município de Viamão (RS), ao sul do lago Guaíba.

Os problemas causados pelo mexilhão-dourado assemelham-se aos descritos para o mexilhão-zebra. Por se incrustar em tubulações, *L. fortunei* já está causando problemas nos equipamentos da Estação de Tratamento de Águas de Punta Lara, no rio da Prata, reduzindo a eficiência das bombas e alterando o funcionamento normal do sistema, entre outros problemas. Em 20 de abril de 2001, o mesmo mexilhão foi detectado em uma unidade da usina hidrelétrica de Itaipu (PR), e em maio outros indivíduos foram observados em mais duas unidades. Isso confirma que *L. fortunei* já invadiu o Brasil e está se estabelecendo com sucesso.

DIRETRIZES E AÇÕES INTERNACIONAIS

Não existem medidas universalmente padronizadas para prevenção e controle da introdução de espécies através da água de lastro, mas a Organização Marítima Internacional (IMO, na sigla em inglês), agência das Nações Unidas (ONU) que regula o transporte e as atividades marítimas com relação à



segurança, à preservação do meio ambiente e a outros aspectos legais, propõe algumas medidas básicas.

A IMO recomenda – em sua Resolução A.868(20) – que não se deve lastrear nas seguintes situações: (a) em locais onde tenham sido registrados organismos tidos como ‘perigosos’ ou onde esteja ocorrendo florescimento de algas; (b) em portos com grande acúmulo de sedimentos em suspensão; (c) em áreas com descarga de esgoto ou com conhecida incidência de doenças; e (d) à noite, quando alguns organismos planctônicos migram para a superfície.

A adoção de medidas preventivas ou remediadoras, porém, cabe a cada nação, e isso já vem ocorrendo, principalmente em países que sofreram grandes impactos ecológicos e econômicos em função da entrada de espécies exóticas. As diretrizes elaboradas por esses países para eliminar ou remover organismos invasores e evitar sua introdução incluem o tratamento da água de lastro e a determinação de locais apropriados para o deslastro da água, de acordo com a origem do navio.

Nos Estados Unidos, a Guarda Costeira tem controlado a introdução de espécies exóticas através de água de lastro nos Grandes Lagos. Foram emitidas, a partir de 1990, diretrizes para prevenir novas introduções e dispersão de espécies indesejáveis, e 90% dos navios aderiram voluntariamente a elas, permitindo análises de salinidade nos tanques de lastro. Esse procedimento é importante especialmente em navios provenientes de portos com água salobra e doce.

No canal do Panamá é proibida a descarga de águas de lastro. Na Argentina, desde 1990, as autoridades portuárias de Buenos Aires exigem a cloração da água de lastro dos navios que chegam ao porto. O Chile determinou, em 1995, que todos os navios vindos de outros países troquem as águas de lastro a 12 milhas náuticas da costa, para prevenir epidemias, especialmente de cólera. Caso a troca não tenha sido feita ou não possa ser comprovada, é necessário clorar a água dos tanques (14 g de hipoclorito de sódio por tonelada) 24 horas antes do deslastro.

Na Austrália, o Serviço de Inspeção e Quarentena elaborou desde 1990 suas próprias diretrizes para a entrada de navios em suas águas, baseadas em instruções da IMO. Já a Nova Zelândia criou as suas normas em 1992, com a ajuda do Grupo de Trabalho de Água de Lastro da IMO. Em Israel, ▶

Figura 4. Dinoflagelados tóxicos japoneses (gênero *Alexandrium*), introduzidos na Austrália, prejudicaram a pesca e a aqüicultura no país

Figura 5. O siri *Charybdis hellerii*, originário dos oceanos Índico e Pacífico e do mar Mediterrâneo, é uma das espécies invasoras no Brasil



no porto de Haifa, é necessário trocar a água de lastro em águas oceânicas, antes do deslastro.

Em geral, organismos oriundos de portos tropicais não sobreviverão nem se reproduzirão em águas polares, geladas e temperadas, e vice-versa. No entanto, a região de ocorrência de algumas espécies de invertebrados e algas inclui desde áreas subpolares até áreas tropicais: nesses casos, não se pode considerar nulo o risco de introdução. Além disso, fatores biológicos e ecológicos podem variar drasticamente entre estações do ano ou de um ano para o outro, resultando no estabelecimento de espécies que não tiveram sucesso em períodos anteriores.

É impossível prever que impacto terá a introdução de uma espécie não nativa. Mesmo uma espécie que não mostra impacto negativo em sua área de origem pode ter efeitos dramáticos quando invade novos ambientes. Logo, não é possível identificar áreas de risco zero, onde o controle do lastro não seja necessário. Sedimentos em tanques de lastro podem acumular diversas formas de vida de várias localidades do mundo, gerando um perigo extra. Também é arriscado lastrear em países onde não há uma boa estrutura de tratamento de esgoto, como é o caso do Brasil.

CONTROLE SOBRE ÁGUAS DE LASTRO

Além de ser um dos maiores países do mundo, o Brasil possui 7.367 km de litoral. Existem no território brasileiro 89 portos comerciais e terminais especiais (de petróleo, industriais e outros). Dos 22 mais importantes, com grande volume de carga e descarga, 17 são marítimos e cinco fluviais.

Com o propósito de conscientizar os governos dos países que integram a ONU a respeito do assunto e de acelerar o processo de adesão às novas normas, a IMO – com o apoio do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) e do Fundo para o Meio Ambiente Global (GEF) – lançou em 1998, na 42ª Reunião do Comitê de Proteção do Meio

Ambiente Marinho, o Programa Global de Gerenciamento de Água de Lastro (GloBallast). O Brasil foi convidado a participar desse projeto, junto com China, Índia, Irã, África do Sul e Ucrânia.

O objetivo do projeto é promover ações coordenadas, nesses seis países em desenvolvimento, que assegurem a eles proteção efetiva contra as consequências negativas da transferência de espécies indesejáveis através da água de lastro. Para isso, cada país deve: (a) criar um grupo interministerial para cuidar do assunto, (b) elaborar uma política nacional a respeito da introdução de espécies exóticas através de águas de lastro, (c) ampliar as pesquisas sobre o problema, (d) definir e implantar normas de controle, (e) desenvolver programas de monitoramento marinho, e (f) estimular a cooperação regional.

No Brasil, os estudos iniciais necessários ao GloBallast estão ocorrendo no porto de Sepetiba (RJ). O projeto foi iniciado em maio de 2000 e se estenderá até março de 2004. Em setembro de 2000 ocorreu o 1º Simpósio de Água de Lastro, no Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira (IEAPM), em Arraial do Cabo (RJ), com a presença do coordenador-geral do GloBallast, Steve Raaymakers, e de pesquisadores de diversas instituições de pesquisa, universidades e órgãos governamentais envolvidos no projeto, formando uma 'força tarefa' nacional. Na ocasião foi elaborado um plano de ação visando o cumprimento das metas do programa.

Dentro desse plano, já está concluído o levantamento de dados históricos sobre a baía de Sepetiba, e todos os trabalhos científicos (publicados ou não) com registros de organismos coletados nessa baía já foram catalogados. Em novembro de 2001, campanhas oceanográficas coletaram no local organismos planctônicos e bentônicos, além de peixes. As coletas foram feitas na água, no sedimento, nos costões rochosos e nos pilares dos terminais portuários. As amostras, que estão sendo analisadas, mostrarão um retrato fiel da fauna e da flora atuais da baía e identificarão possíveis espécies exóticas.

Em relação a uma política nacional sobre a questão da introdução de espécies exóticas no Brasil, pode ser destacada a Norma da Autoridade Marítima 08, aprovada pela DPC em fevereiro de 2000. Essa norma, em seu capítulo 3, criou o 'Relatório de Água de Lastro', que tem como objetivo instruir os usuários sobre as diretrizes de controle e gerenciamento da água de lastro e recolher dados sobre descargas no país. A entrega desse relatório, pelos navios, à Capitania dos Portos, Delegacia ou Agência ao qual o porto está subordinado possibilitará um levantamento preciso da quantidade, quali-

Figura 6.
Colônia do mexilhão-dourado (*Limnoperna fortunei*) fixada em raízes de plantas aquáticas no rio Guaíba (RS)



FOTOGRAFIA: C. MANSUR

dade e procedência da água de lastro que o Brasil recebe e ainda dos locais de descarga. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária é responsável pela centralização e análise desses relatórios.

O porto de Sepetiba foi escolhido por estar situado próximo a um grande centro como o Rio de Janeiro (o que facilita o apoio técnico, científico e logístico) e em uma área ecologicamente sensível. Além disso, é um porto exportador com tendência de crescimento no volume de carga, nele é efetuado o monitoramento marinho, pela Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (Feema), e a Autoridade Portuária tem interesse na implantação de um sistema de gestão ambiental.

O projeto envolve o inventário da flora e da fauna costeiras (identificação de todas as espécies que habitam a região) e o incentivo à pesquisa acadêmica sobre a contaminação de águas de lastro (e a introdução de organismos), sobre a extensão dos impactos já observados e sobre métodos de tratamento. Além disso, está prevista a capacitação do pessoal de bordo e terra para a coleta de amostras e a implantação de um banco de dados e de um sistema de informações sobre o assunto.

PREVENÇÃO PARA EVITAR INVASÕES

É impossível tratar a água de lastro com garantia de 100% de eficiência. A total esterilização dessas águas talvez não seja economicamente viável, mas a adoção de um sistema de gerenciamento e controle pode reduzir a possibilidade de introdução de espécies indesejáveis (figura 7).

A troca de lastro em alto mar (em área com profundidade superior a 500 m) é considerada o mais efetivo método preventivo, capaz de minimizar a transferência de espécies indesejáveis. O meio ambiente oceânico é inóspito para organismos de água doce e estuarinos e para a maioria dos organismos que vivem em águas costeiras. Mesmo a substituição em alto-mar, porém, pode não ser segura, dependendo do tipo do navio, da carga e das condições do tempo e do mar. Sob certas condições hostis, a estabilidade e a estrutura do navio podem ser afetadas.

Para evitar problemas desse tipo, a Petrobras desenvolveu o chamado 'método brasileiro de diluição', testado em um de seus navios e depois aprovado pela IMO. Nesse método, a troca em alto-mar

FOTO DO PROJETO DE BALLAST



é feita com o carregamento da água pelo topo do tanque de lastro e, ao mesmo tempo, a descarga pelo fundo do tanque com a mesma vazão, levando a uma renovação da água em torno de 90%, índice considerado eficaz. Outros métodos podem prejudicar a estabilidade ou a estrutura dos navios, submeter os tanques a pressões excessivas ou expor os tripulantes a riscos (em alguns, a água transborda dos tanques pelo convés). O sistema criado pela Petrobras, que também facilita a remoção dos sedimentos acumulados no fundo dos tanques, é portanto uma alternativa vantajosa.

Vêm sendo testados diversos métodos de tratamento para a água de lastro, entre eles aquecimento ou resfriamento, filtração, aplicação de biocidas e esterilização com o uso de eletricidade, radiação ultravioleta, técnicas acústicas ou desoxigenação, além de processos biológicos. Para que qualquer método possa ser utilizado, porém, precisa ser seguro, prático, tecnicamente exequível, de baixo custo e ambientalmente aceitável. Os grandes volumes de água, as altas taxas de fluxo, a diversidade de organismos e o tempo curto de residência da água nos tanques constituem um grande desafio para esses tratamentos.

No Brasil, o grande número de portos e a variedade de ecossistemas trarão, com certeza, dificuldades no monitoramento e controle das descargas de água de lastro ao longo da costa. O vasto território nacional é provavelmente a primeira barreira para a execução rápida e eficiente de futuras leis e diretrizes que regulamentem a descarga de águas de lastro. O monitoramento do ambiente é imprescindível para o controle e o gerenciamento do problema. O pré-requisito para qualquer tentativa de controle está no conhecimento da fauna e da flora locais, identificando as espécies endêmicas e determinando a presença, distribuição e abundância de espécies exóticas.

A água de lastro é uma grande ameaça ao equilíbrio dos ambientes costeiros. As transferências dos organismos nocivos, através dessa água, têm sido desastrosas e vêm crescendo de forma alarmante. Essas invasões biológicas vêm causando danos a inúmeros ecossistemas e prejuízos à saúde humana, à biodiversidade e às atividades pesqueiras e de maricultura. O problema é um grande desafio em todo o mundo. ■

Figura 7. O despejo de água de lastro pelos navios, de forma indiscriminada, é uma grande ameaça aos ecossistemas costeiros de todo o mundo

Sugestões para leitura

- CARLTON, J.T. 'Transoceanic and interoceanic dispersal of coastal marine organisms: the biology of ballast water', in *Oceanography Marine Biology Annual Review*, v. 23, p. 313, 1985.
- MANSUR, M.C.; Richinitti, L.M. & Santos, C.P. 'Limnoperna fortunei (Dunker, 1857), molusco bivalve invasor, na baía do Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil', in *Biociências*, Porto Alegre, v. 7, n. 2, p. 147, 1999.
- SOUZA, R.C.C.L. 'Metodologia de amostragem dos organismos transportados em água de lastro de navios mercantes' (monografia), Departamento de Biologia Marinha, Universidade Federal Fluminense, 2000.
- SILVA, J.S.V. 'Avaliação de sobrevivência de organismos em água de lastro tratada com cloro' (dissertação), Departamento de Biologia Marinha, Universidade Federal Fluminense, 2001.