



DE OLHO NOS OCEANOS DA TERRA UTILIZANDO OS ROBÔS ARGO

Blair J. Greenan^{1*}, Annie P. Wong², Tammy Morris³, Emily A. Smith⁴ and Marine Bollard⁵

¹Bedford Institute of Oceanography, Fisheries and Oceans Canada, Halifax, NS, Canada

²School of Oceanography, University of Washington, Seattle, WA, United States

³South African Weather Service, Cape Town, South Africa

⁴National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), Washington, DC, United States

⁵Euro-Argo European Research Infrastructure Consortium (ERIC), Brest, France

Você já se perguntou como os cientistas sabem o que está acontecendo nas profundezas do oceano? Hoje em dia, há alguns tipos de robôs que conseguem mergulhar além da superfície e trazer de volta dados do fundo do mar. Um tipo de robô, chamado Argo float, move-se pelos oceanos através das correntes marinhas, voltando à superfície a cada 10 dias para comunicar aos cientistas sobre as informações que coletou. Atualmente há mais ou menos 4.000 Argo floats de olho nos oceanos do planeta Terra todos os dias. Esses robôs coletam dados de temperatura e salinidade, enquanto alguns deles também conseguem medir parâmetros químicos e biológicos mais complexos. Robôs Argo são um novo instrumento no arsenal da caixa de ferramentas do oceanógrafo, para ajudar os cientistas a entender como o oceano funciona e como ele impacta não apenas a vida marinha, mas também o Planeta como um todo.

POR QUE OS CIENTISTAS ESTÃO DE OLHO NOS OCEANOS TERRESTRES?

O oceano é crucial para o nosso bem-estar porque nos fornece alimento, medicina, transporte e recreação. O oceano também abriga muitas espécies marinhas e oceânicas que fazem com que a Terra se torne habitável para os seres humanos. Por exemplo, **plânctons** marinhos (plantas unicelulares) produzem mais de 50% do oxigênio que respiramos. O oceano compõe mais de 70% da superfície da terra e desempenha um papel crucial no ambiente do planeta.

PLÂNCTON

Plantas, algas e bactérias fotossintetizantes que derivam no mar.

CLIMA

Descreve o padrão de longo-prazo do tempo em uma região específica. É normalmente estimado utilizando a média dos dados coletados (por exemplo, dados de temperatura) das últimas duas décadas.

GASES DE EFEITO-ESTUFA

Gases que retêm calor na atmosfera, incluindo dióxido de carbono, metano, óxido nítrico e gases fluorados.

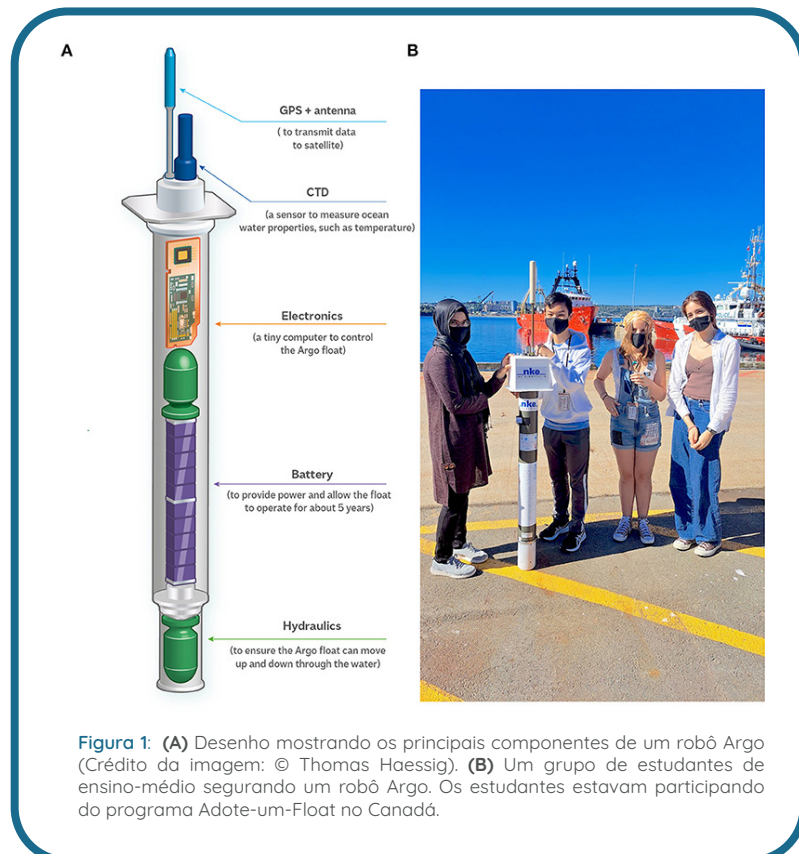
Por todas essas razões, os cientistas sabem há muito tempo que, para melhor compreender o oceano, é essencial observá-lo para prever as mudanças que poderão vir a ocorrer.

Cientistas que estudam a atmosfera também estão interessados em observar os oceanos porque o **clima** que experienciamos todos os dias também é afetado por eles. Por exemplo, você já viu água evaporando em uma estrada muito quente? A mesma coisa acontece no mar quando as temperaturas elevadas na superfície causam evaporação, transferindo água do oceano para a atmosfera. Uma vez na atmosfera, essa mesma água ajuda a formar nuvens, neve e chuva. Portanto, a melhora no monitoramento das condições oceânicas resulta em melhores previsões meteorológicas.

Alguns cientistas são especialistas em estudar o clima da Terra. Regiões de clima tropical recebem muita luz solar todos os anos. Isso faz com que a superfície oceânica esquente e produza nuvens e chuva, resultando em um clima quente e úmido típico para essas regiões. Mas o clima pode mudar ao longo do tempo. Por exemplo, algumas atividades humanas, como dirigir carros e usar aquecedor nas casas podem liberar **gases de efeito-estufa** para a atmosfera. Esses gases agem como um cobertor, retendo o calor e aquecendo a superfície do planeta. As observações do oceano são importantes para melhor entender como esses gases de efeito-estufa estão contribuindo para o aquecimento global, já que ele pode absorver dióxido de carbono e calor direto da atmosfera e transportá-los através das correntes oceânicas.

ROBÔS ARGO: AVENTUREIROS LIVRES NOS OCEANOS!

Para estudar os oceanos, cientistas precisam coletar dados consistentemente por muitos anos. Uma maneira importante de obter essas informações é embarcando em navios de pesquisa para realizar medições (*veja também este artigo da [Frontiers for Young Minds](#)*). Mas há lugares muito difíceis de serem alcançados por navios, como o Ártico e a Antártica. No inverno, mares agitados tornam operações de navios muito difíceis. Para coletar medições durante todas as estações do ano, os cientistas inventaram robôs Argo (*Figura 1*).



SENSORES

Um dispositivo que detecta e responde à certo tipo de informação do ambiente físico.

Esses robôs Argo são chamados “floats” (flutuadores) e possuem **sensores** para coletar dados do oceano. Embora os chamemos de “floats”, eles na verdade se movem para cima e para baixo. Cientistas lançam os robôs Argo no oceano usando navios. Uma vez na água, eles afundam há 1000 metros de profundidade e então se movem livremente seguindo as correntes oceânicas daquela profundidade por 9 dias. No décimo dia, eles mergulham há 2000 metros de profundidade e logo depois sobem à superfície, fazendo medições durante a subida. Quando chegam à superfície, eles enviam os dados coletados junto com sua localização para os cientistas via satélite, permitindo assim construir uma base de dados com as informações dessa área do oceano. Depois disso, eles mergulham novamente até 1000 metros e repetem o ciclo (Figura 2A). Os cientistas então usam programas de computador para verificar a qualidade das medições e só assim transferem a informação para uma base de dados (Figura 2B). As medições ficam disponíveis para qualquer pessoa gratuitamente dentro de 24h após os robôs emergirem (Figura 2C).

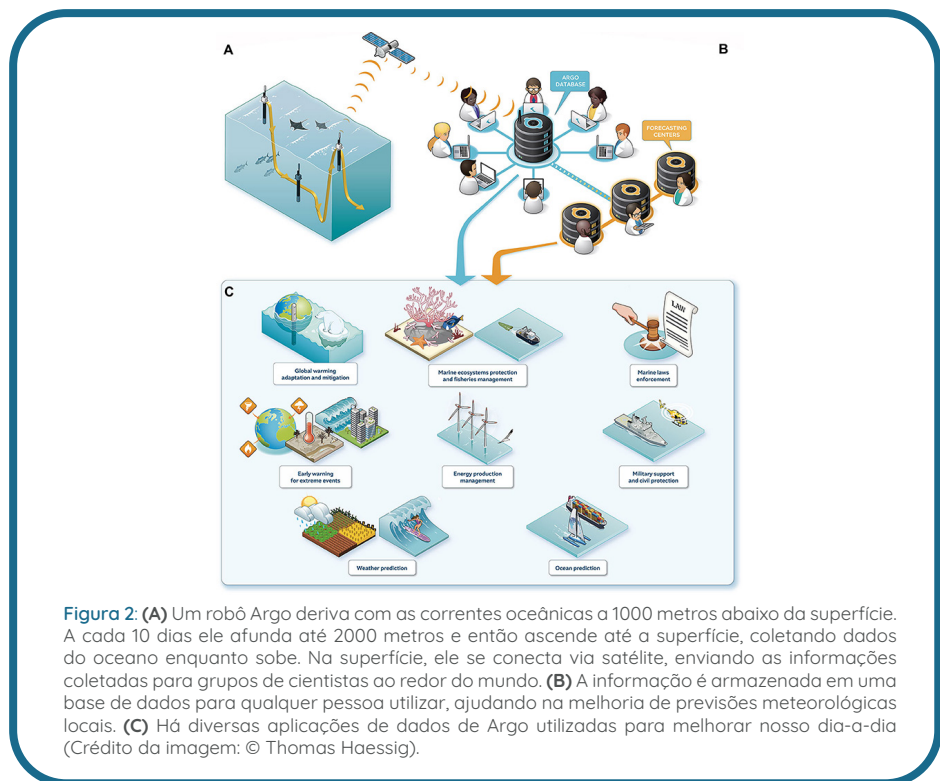


Figura 2: (A) Um robô Argo deriva com as correntes oceânicas a 1000 metros abaixo da superfície. A cada 10 dias ele afunda até 2000 metros e então ascende até a superfície, coletando dados do oceano enquanto sobe. Na superfície, ele se conecta via satélite, enviando as informações coletadas para grupos de cientistas ao redor do mundo. (B) A informação é armazenada em uma base de dados para qualquer pessoa utilizar, ajudando na melhoria de previsões meteorológicas locais. (C) Há diversas aplicações de dados de Argo utilizadas para melhorar nosso dia-a-dia (Crédito da imagem: © Thomas Haessig).

SALINIDADE

Uma medida de concentração de sais no oceano.

DENSIDADE

A quantidade de matéria de uma substância (sua respectiva massa) dividida pela quantidade de espaço que esta substância ocupa (seu volume).

Os robôs Argo registram dados de pressão, temperatura e **salinidade**. A salinidade é a medida de concentração de sais do oceano. Quando analisadas juntas, salinidade e temperatura determinam a **densidade** da água do mar. Já a pressão informa aos cientistas exatamente em que profundidade a temperatura e a salinidade foram medidas. No oceano, 1 metro equivale a mais ou menos 1 decibar (dbar) em unidade de pressão. Na atmosfera, sistemas de alta e baixa pressão criam o nosso sistema meteorológico. No oceano, áreas de altas e baixas densidades geram correntes que movem grandes parcelas de água ao redor do globo. Entender como a água se move pelos oceanos é importante para a pesquisa do clima, assim como para proteger as plantas e os animais que neles habitam.

No final dos anos 90, quando os cientistas projetaram a rede de robôs Argo pela primeira vez, eles queriam que os dados complementassem as medições de altura da superfície do mar coletados por um satélite chamado Jason. Na mitologia Grega, Jason navegou os oceanos à procura de um tecido de ouro utilizando um navio chamado Argo. Portanto, os oceanógrafos chamaram esses robôs de Argo floats. Os dados de altura da superfície do mar coletado por satélites podem ser combinados com os dados de Argo para informar aos cientistas sobre mudanças nas correntes oceânicas. Os robôs Argo já têm derivado pelos oceanos pelos últimos 20 anos, e já coletaram mais de 2 milhões de dados ao redor do mundo¹. Hoje, há quase mais de 4 mil deles realizando medições no ambiente marinho.

Os robôs Argo funcionam através de baterias e trabalham continuamente todos os dias do ano. Graças a esses robôs, os cientistas agora podem monitorar os oceanos da Terra como nunca antes. Suas baterias duram, geralmente, mais ou menos 5 anos. Quando estas se esgotam, os robôs se tornam inativos e afundam para o fundo do oceano. Embora isso possa parecer lixo, o impacto ambiental é extremamente pequeno comparado a outros poluentes, e os dados coletados são extremamente valiosos para entender a Terra.

O QUE OS ROBÔS ARGO NOS DIZEM SOBRE O OCEANO?

Desde 1970, o oceano tem absorvido mais de 90% do calor gerado pelos gases de efeito estufa proveniente de atividades humanas. Por isso, as temperaturas em muitas áreas têm aumentado. Uma maneira pela qual os cientistas monitoram esse efeito é através das medições de temperatura e salinidade. Elas são utilizadas para calcular a quantidade de calor absorvida em cada camada do oceano, um termo conhecido como **conteúdo de calor do oceano** (Figura 3). Utilizando os dados coletado pelos robôs Argo, os cientistas descobriram que eventos extremos, como ondas de calor, estão ocorrendo com maior frequência, assim como na atmosfera. Essas ondas de calor marinhas fazem com que os animais tenham que se locomover para outras áreas em busca de temperaturas mais baixas. No entanto, plantas e animais que não conseguem se mover sofrerão durante esses eventos.

CONTEÚDO DE CALOR DO OCEANO

A quantidade de energia na forma de calor que é armazenada no oceano.

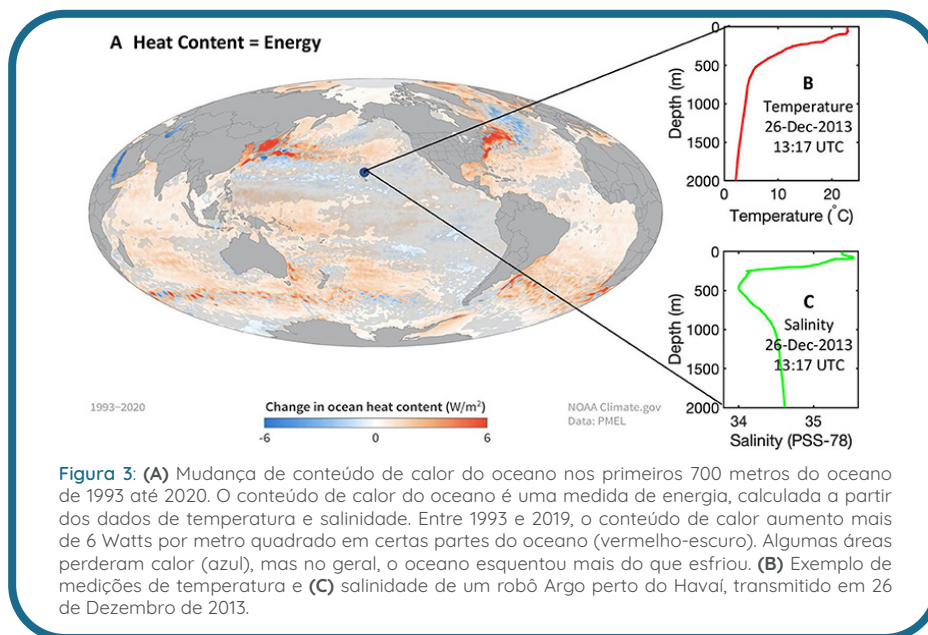


Figura 3: (A) Mudança de conteúdo de calor do oceano nos primeiros 700 metros do oceano de 1993 até 2020. O conteúdo de calor do oceano é uma medida de energia, calculada a partir dos dados de temperatura e salinidade. Entre 1993 e 2019, o conteúdo de calor aumentou mais de 6 Watts por metro quadrado em certas partes do oceano (vermelho-escuro). Algumas áreas perderam calor (azul), mas no geral, o oceano esquentou mais do que esfriou. (B) Exemplo de medições de temperatura e (C) salinidade de um robô Argo perto do Havaí, transmitido em 26 de Dezembro de 2013.

O aumento do nível do mar no planeta é outra grande consequência das mudanças climáticas. À medida que os oceanos se aquecem, eles também se expandem, gerando assim uma das principais causas desse aumento. Com o nível do mar aumentando, o impacto nas nossas vidas pode ser dramático, já que isso pode causar inundações, erosões, e fazer com que a água potável se torne imprópria para o consumo devido à mistura do aquífero com a água salgada ([Veja este artigo do *Frontiers for Young Minds* para mais informações sobre o aumento do nível do mar](#)). Os robôs Argo são uma ferramenta fundamental para monitorar esse fenômeno porque eles já estão monitorando os oceanos do planeta.

O acompanhamento do comportamento dos oceanos também gerou melhorias para a previsão do tempo. Utilizando dados de temperatura e salinidade dos Argo, cientistas incorporaram um **modelo computacional** do oceano em seus cálculos de previsão do tempo. Incluindo dados reais nessas previsões, há uma melhora na compreensão dos cientistas sobre a interação entre o oceano e atmosfera. Isso é muito importante para a previsão de tempestades intensas como furacões, ciclones e tufões, que intensificam a partir de temperaturas elevadas da superfície oceânica.

MODELO COMPUTACIONAL

Um programa de computador desenvolvido para simular um sistema real do mundo, como os oceanos e a atmosfera terrestre.

INDO MAIS A FUNDO E EM NOVAS DIREÇÕES

No passado recente, robôs Argo estavam restritos a coletar apenas os primeiros 2 mil metros de profundidade do oceano, o que representa menos de 50% do seu volume global. Foi um desafio muito grande para os cientistas o de projetar robôs que possam viajar para águas profundas, no entanto, cientistas e engenheiros já conseguiram desenvolver alguns robôs que conseguem mergulhar até 6 mil metros de profundidade². Observar o oceano desde a sua superfície até o solo permitirá aos cientistas entender melhor as mudanças de calor e conteúdo de água doce, o que fornecerá informações mais completas sobre o aumento do nível do mar.

Atualmente, estamos entrando em uma nova era em que os robôs Argo podem realizar medições relacionadas à química e à biologia marinha³. Isso fornecerá informações, por exemplo, sobre mudanças dos níveis de oxigênio e dióxido de carbono no oceano. Atualmente o oceano global está perdendo oxigênio e absorvendo mais gás carbônico da atmosfera da Terra. Essas alterações estão impactando os ecossistemas marinhos, incluindo nos peixes que alimentam muitos de nós.

Os robôs Argo são apenas uma ferramenta dentro de todo um arsenal de um oceanógrafo. Eles são parte de um sistema global chamado Sistema Global de Observações do Oceano (GOOS). Junto de outros parceiros no GOOS, os avanços dos robôs Argo ajudar-nos-ão a construir uma visão global da saúde dos oceanos, e como ela está mudando ao longo do tempo. Você também pode se juntar a estes observadores do oceano. Como? [Adotando um float](#). Você pode escolher um robô Argo, dar um nome a ele e seguir sua jornada ao redor do mundo. Você também pode aprender sobre Argo na [Argo Online School](#) e nos [Ocean Observers](#). Um oceano de aventuras te espera!

REFERÊNCIAS

1. Wong, A. P. S., Wijffels, S. E., Riser, S. C., Pouliquen, S., Hosoda, S., Roemmich, D. et al. 2020. Argo data 1999–2019: two million temperature-salinity profiles and subsurface velocity observations from a global array of profiling floats. *Front. Mar. Sci.* 7:700. doi: 10.3389/fmars.2020.00700
2. Roemmich, D., Alford, M. H., Claustre, H., Johnson, K., King, B., Moum, J. et al. 2019. On the future of argo: a global, full-depth, multi-disciplinary array. *Front. Mar. Sci.* 6:439. doi: 10.3389/fmars.2019.00439
3. Bittig, H. C., Maurer, T. L., Plant, J. N., Schmechtig, C., Wong, A. P. S., Claustre, H., et al. 2019: A BGC-argo guide: planning, deployment, data handling and usage. *Front. Mar. Sci.* 6:502. doi: 10.3389/fmars.2019.00502

SUBMETIDO : 13 de Maio de 2022

ACEITO : 21 de Setembro de 2023

PUBLICAÇÃO ONLINE : 06 de Outubro de 2023

EDITOR : Pedro Morais, Florida International University, United States

MENTORES CIENTÍFICOS : Laura Lorenzoni and Sagi Dalyot

CONFLITO DE INTERESSE : Os autores declaram que a pesquisa foi conduzida sem relação comercial ou financeira, que poderiam constituir potencial conflito de interesse.

REVISORE- JÚNIOR

DENIZ, 12 ANOS

Olá, meu nome é Deniz e eu gosto de olhar estrelas e jogar videogame com meus amigos. Meu aglomerado de estrelas favorito é a Messier 45 e minha constelação favorita é o cinturão de Orion. Meu videogame favorito é o Call of Duty 2.

LÉO, 12 ANOS

Leo nasceu na Flórida e gosta da praia: ele especialmente gosta de fazer snorkel. Ele gosta de história e mitologia, especialmente se estão debaixo d'água. Ele toca violoncelo e tem 2 cachorros, e gosta de jogar videogame no seu tempo livre.





OMER, 12 ANOS

Eu me interesso por política internacional e gosto de ler sobre política, filosofia e história. Eu gosto de jogar videogame no meu Nintendo Switch e PC, e amo ouvir música e jogar RPG como D&D e Warhammer 40k.

AUTORES

BLAIR J. GREENAN

Blair J. Greenan. Blair Greenan é um cientista-pesquisador em Bedford Institute of Oceanography em Halifax, Nova Scotia, Canadá. Ele administra a contribuição Canadense para o programa internacional do Argo. Sua pesquisa está focada em ajudar as comunidades costeiras a se adaptar às mudanças climáticas dos oceanos. Isso inclui lidar com questões de infraestrutura, fornecendo ferramentas baseadas em ciência, o que inclui informações sobre mudanças locais do nível do mar decorrentes das mudanças climáticas.

ANNIE P. WONG

Annie é uma cientista-pesquisadora na Universidade de Washington em Seattle, WA, Estados Unidos. Ela é uma oceanógrafa que começou sua carreira em ciências marinhas coletando dados em cruzeiros oceanográficos. Atualmente, ela utiliza dados de Argo para estudar a salinidade do oceano, especialmente dos oceanos ao redor da Antártica. Ela faz parte da equipe de Gerenciamento de Dados de Argo, ajudando a distribuir dados de Argo para o público.

TAMMY MORRIS

Tammy Morris é uma cientista-sênior na Marine Unit of the South African Weather Service baseada em Cape Town, na África do Sul. Ela é uma Oceanógrafa observacional e passa muitos meses no mar em navios de pesquisa, trabalhando com instrumentos de observação do oceano como floats Argo, derivadores e bóias. Sua pesquisa se concentra ao redor do sistema de correntes de Agulhas e, mais, recentemente, na sua interação com o Oceano Austral.

EMILY A. SMITH

Emily é a administradora de diversos programas, incluindo o programa Argo dos Estados Unidos, o Global Sea Level Observing System (GLOSS), gliders oceânicos em correntes de contorno e produtos de conteúdo de calor dos oceanos. Emily é responsável por administrar orçamentos e planejamentos estratégicos de sistemas observacionais. Ela também coordena o programa Adopt a Drifter (adote um derivador), que facilita parcerias entre escolas dos Estados Unidos e outros países, para que estas possam rastrear boias de deriva e usar seus dados em tempo real dentro das salas de aula. Antes de trabalhar na NOAA, Emily lecionou para alunos de ensino fundamental por muitos anos, e este programa a ajuda a estar conectada com o sistema de educação.

MARINE BOLLARD

Marine é responsável por atividades de extensão do Euro-Argo European Research Infrastructure Consortium (ERIC). O consórcio ERIC é dedicado ao desenvolvimento da contribuição Europeia de longa-duração para o sistema global de monitoramento Argo, cujo objetivo é apoiar o melhor entendimento e previsão do oceano, seu papel no sistema climático e saúde do oceano. Ela possui dois mestrados, em engenharia hidrogeológica e jornalismo científico. Antes de trabalhar no Euro-Argo, Marine passou muitos anos publicando livros para a popularização da ciência e artigos para fins educacionais.



CITAÇÃO : Greenan BJ, Wong AP, Morris T, Smith EA and Bollard M (2023) Keeping an Eye on Earth's Oceans With Argo Robots Front. Young Minds 11:943491. doi: 10.3389/frym.2023.943491

TRADUÇÃO : Mariana Bernardi Bif

DIREITOS AUTORAIS © Greenan, Wong, Morris, Smith e Bollard. Este artigo é de acesso irrestrito, distribuído nos termos da Creative Commons Attribution License (CC BY). Seu uso, distribuição e reprodução em outros meios é permitida, desde que o(s) autor(es) e donos dos direitos autorais sejam creditados e a publicação original seja citada de acordo com prática acadêmica aceitável. Não é permitido o uso, distribuição e reprodução que não esteja de acordo com estes termos.