



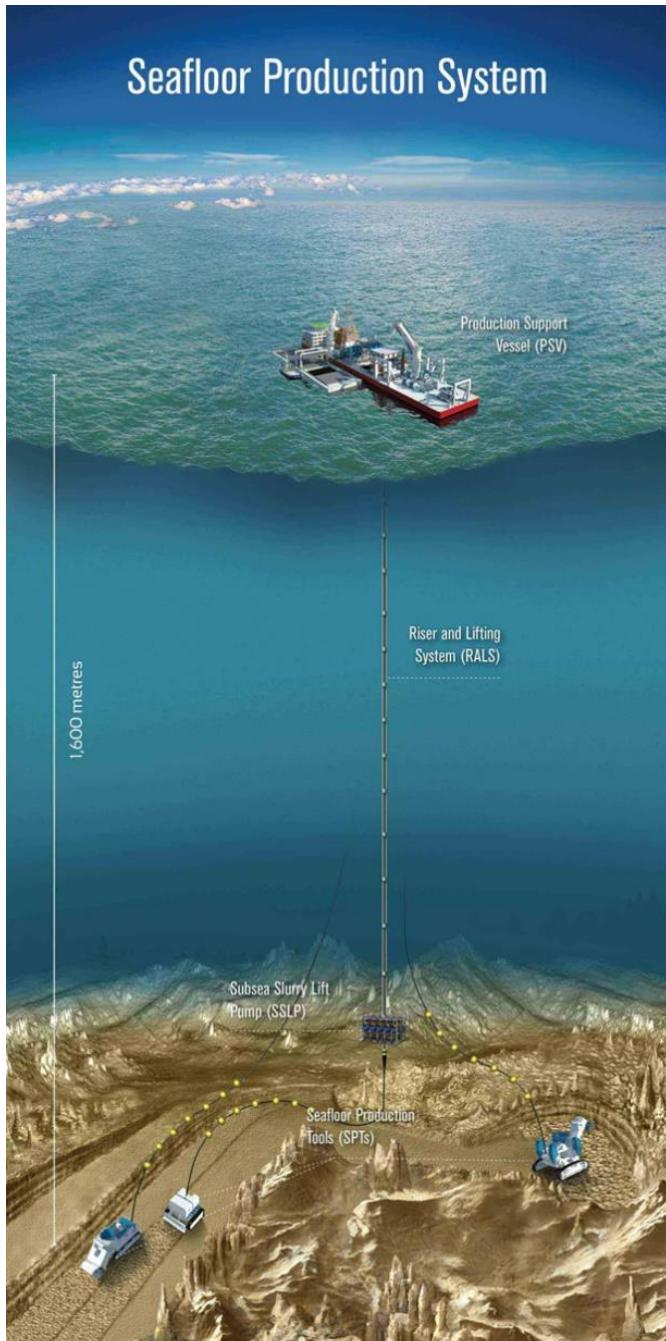
## Mineração Marinha: desafios tecnológicos e ambientais

### Mineração Marinha e os Ecossistemas Profundos: Desafios e políticas para o uso sustentável

Prof. José Angel Alvarez Perez

Escola do Mar, Ciência e Tecnologia  
Universidade do Vale do Itajaí

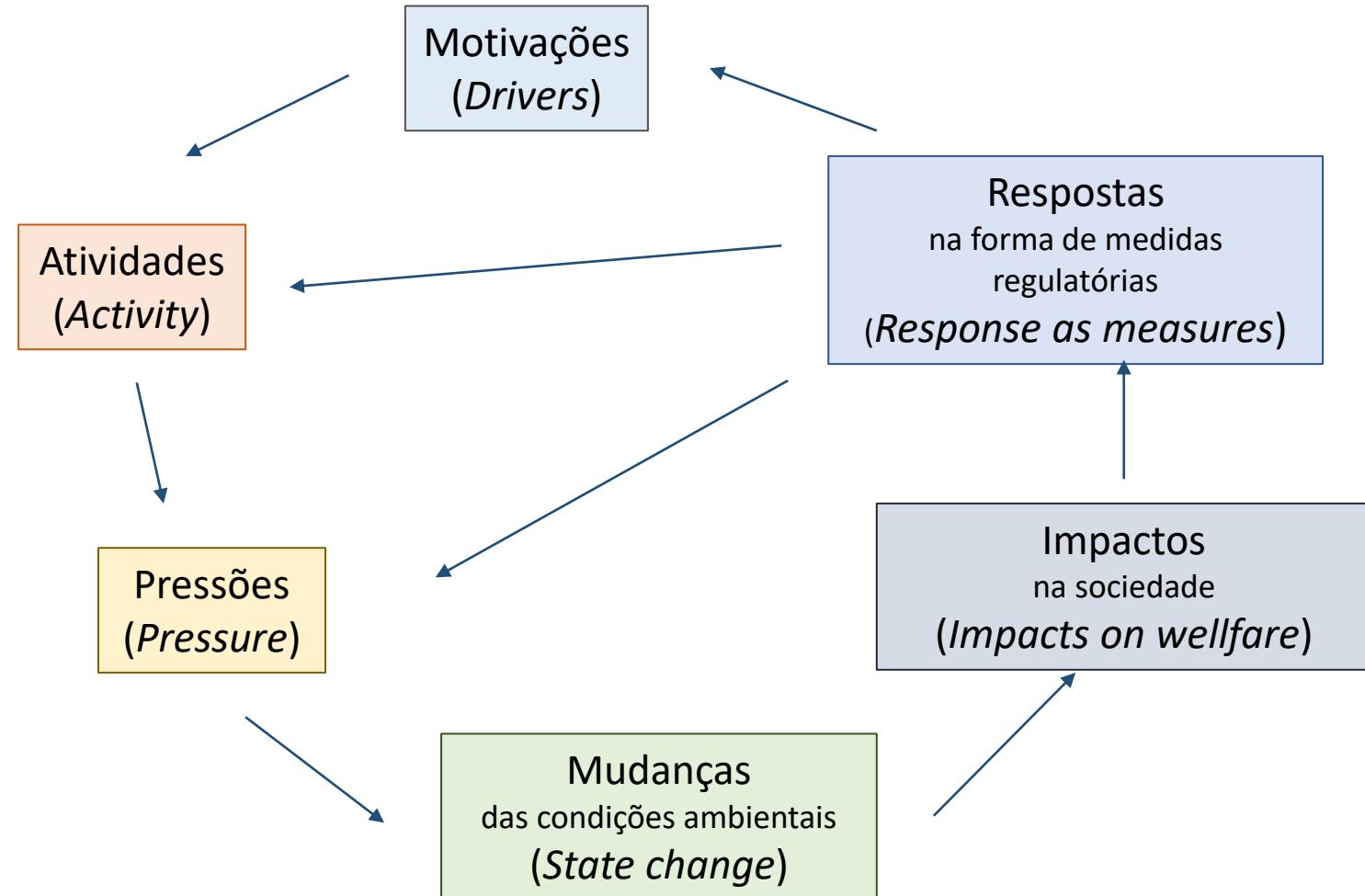




# Sistema Sócio-Ecológico

## Interação humana com ecossistemas marinhos (profundos)

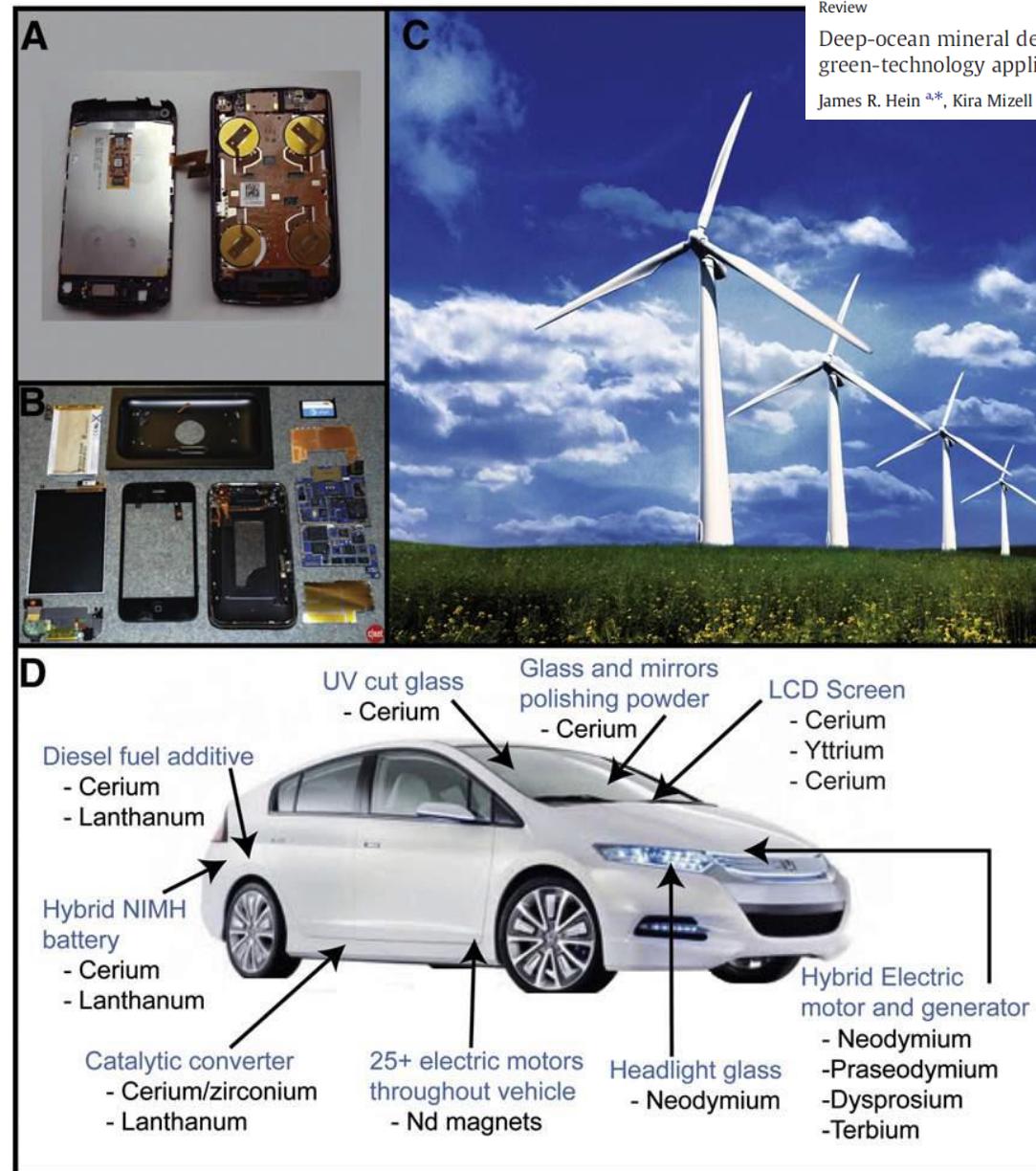
### Abordagem DAPSIR



# MOTIVAÇÕES (Drivers)

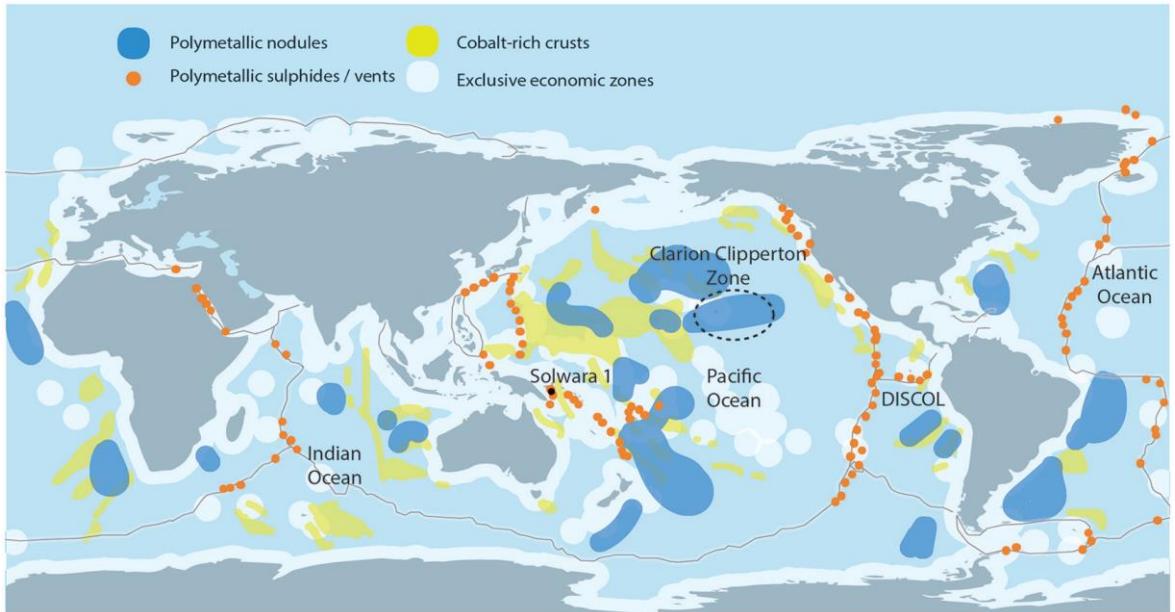
- Tecnologias modernas (high-tech)
  - Tecnologias emergentes
  - Tecnologias verdes
- 
- Demanda crescente de metais raros
  - Suprimento futuro incerto (depósitos terrestres limitados, controlado por poucos produtores , e.g. China)

**Depósitos Oceânicos**  
Fontes Imprescindíveis ?  
Fontes Complementares ?  
Fontes dispensáveis (pelo custo ambiental)?



Nas profundezas do oceano, existem minas de Zinco, Ferro, Prata e Ouro que seriam facilmente explotáveis

Relata o Captião Nemo na obra de Julio Verne “20 mil léguas submarinas” (1870)

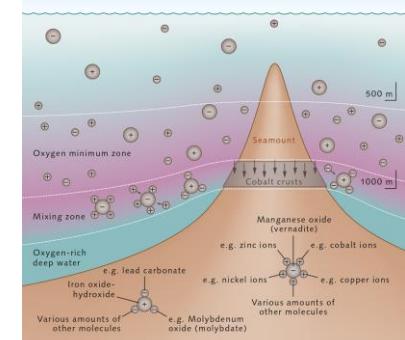
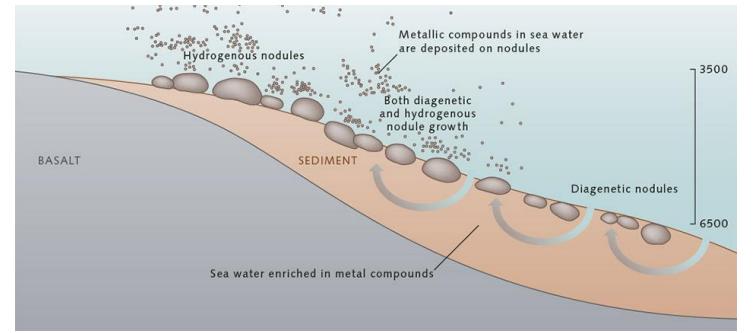
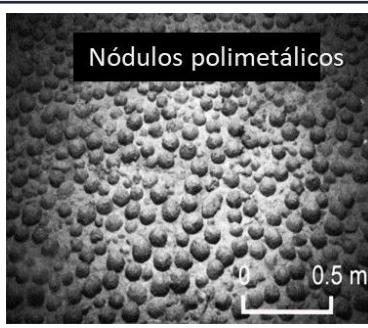
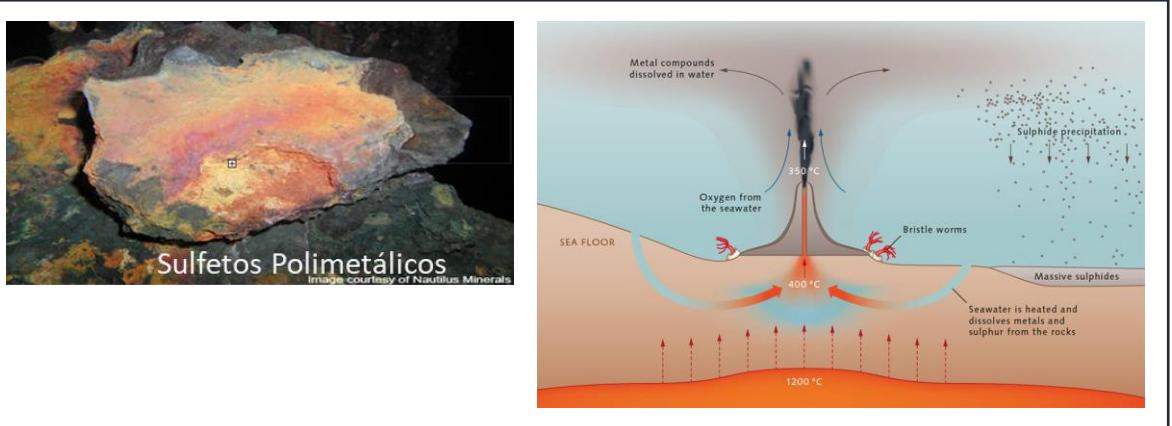


Miller et al., 2018

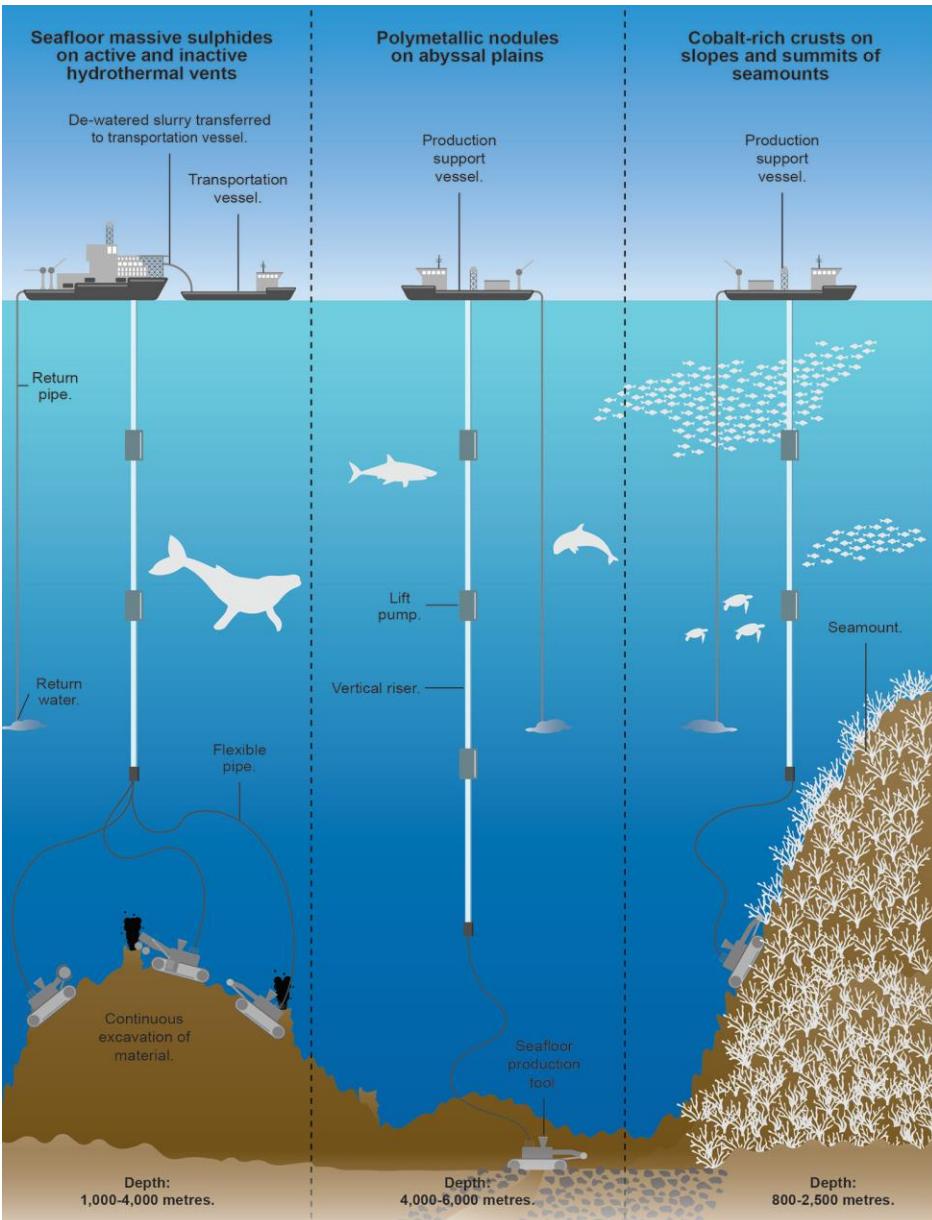


## An Overview of Seabed Mining Including the Current State of Development, Environmental Impacts, and Knowledge Gaps

Kathryn A. Miller<sup>1</sup>, Kirsten F. Thompson<sup>1,2</sup>, Paul Johnston<sup>1</sup> and David Santillo<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> Greenpeace Research Laboratories, College of Life and Environmental Sciences, Innovation Centre Phase 2, University of Exeter, Exeter, United Kingdom; <sup>2</sup> Biosciences, College of Life and Environmental Sciences, Geography, University of Exeter, Exeter, United Kingdom



## ATIVIDADES (Activities)



### Navios de apoio – processamento e transporte do minério

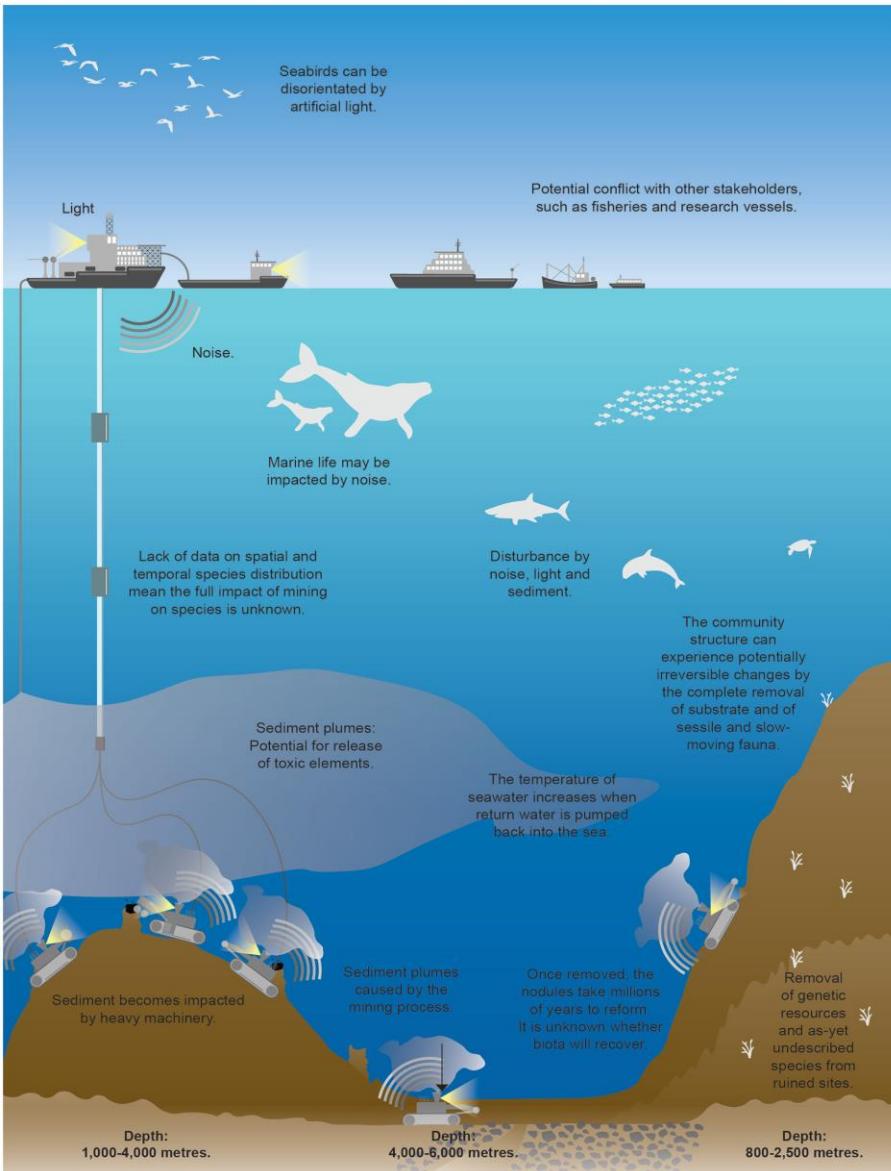
### Sistema de elevação do minério removido

### Coletor do material do fundo marinho

- Sistemas de mineração em desenvolvimento. Nenhuma operação de extração em escala comercial ainda realizada.
- Investimento em avaliar concentração de metais nos depósitos identificados e viabilidade econômica da sua extração – análises de mercado
- Aquisição de dados ambientais Construção de linhas de base ambiental – avaliação de impactos

# PRESSÕES (Pressures)

Pressões podem ser descritas como mecanismos que causam um efeito em qualquer parte do ecossistema possivelmente alterando o estado do ambiente



Miller et al., 2018

## Remoção – mobilização do substrato

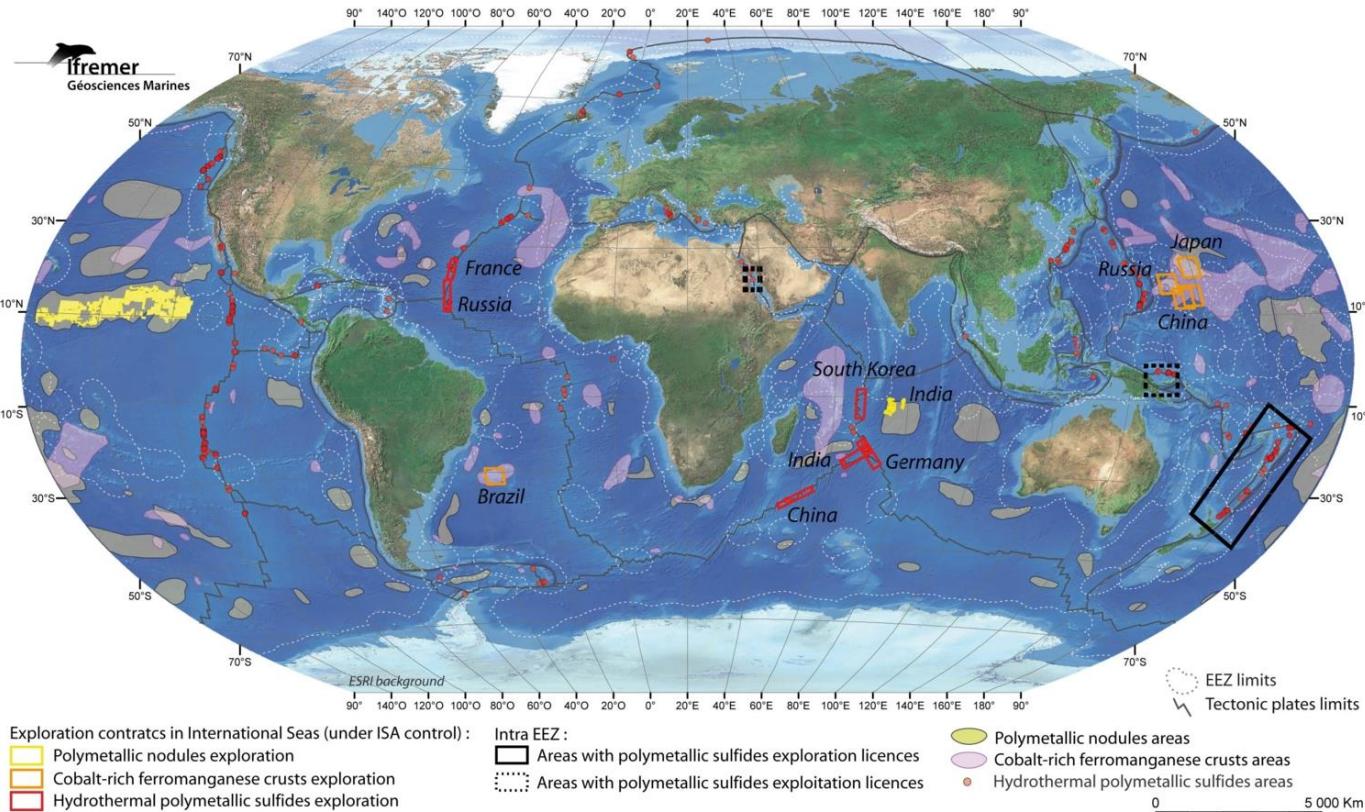
Produção de pluma de sedimento – resíduo no fundo: expansão da pegada espacial

Produção de pluma de sedimento – resíduo em superfície (rejeitos do processamento): expansão da pegada espacial

Liberação de metais tóxicos na coluna de água – contaminação de organismos pelágicos

## PRESSÕES (Pressures)

Pressões podem ser descritas como mecanismos que causam um efeito em qualquer parte do ecossistema possivelmente alterando o estado do ambiente



- 17 contratos – exploração de nódulos polimetálicos
- 1.275.000 km<sup>2</sup>

**Planície Abissal**  
244.360.000 km<sup>2</sup>, 75% do fundo oceano, <1% estudado

- 7 contratos – exploração da sulfetos polimetálicos
- 70.000 km<sup>2</sup>

**Dorsais Meso-oceânicas**  
30.000.000 km<sup>2</sup>, 9,2% do fundo oceano, 10% estudado

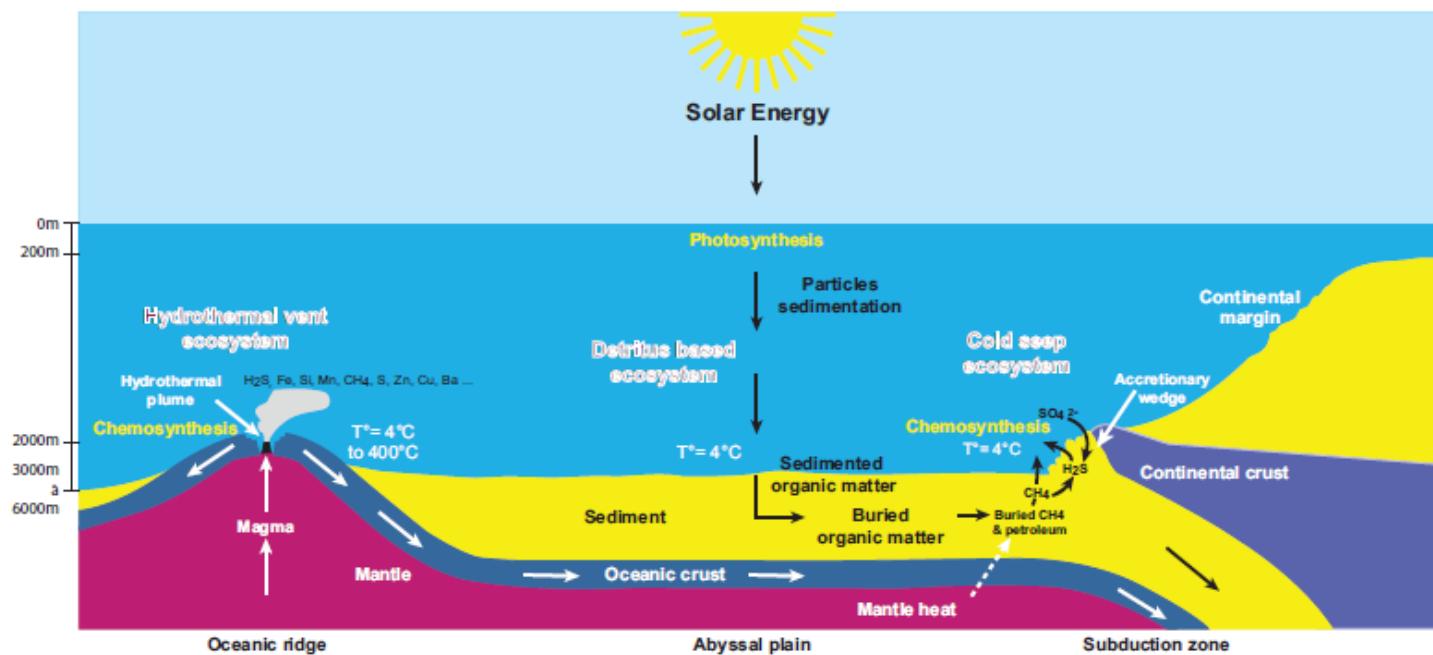
- 5 contratos – exploração de crostas Fe-Mn ricas em Co
- 15.000 km<sup>2</sup>

**Montanhas submarinas**  
8.500.000 km<sup>2</sup>, 2,6% do fundo oceano, 0,25% estudado

# MUDANÇAS DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS (State changes)

E. Ramirez-Llodra et al.: Unique attributes of the world's largest ecosystem

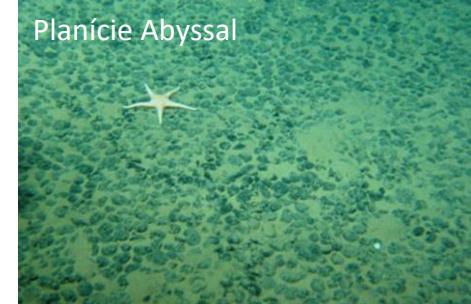
28



## Ecossistemas Quimiossintetizantes

Especialização  
Endemismo  
“Origem da Vida”

## Ecossistemas baseados em detritos



Limitação de energia  
Crescimento Lento  
Alta longevidade  
Baixa resiliência

## MUDANÇAS DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS (*State changes*)

Remoção –  
mobilização do  
substrato

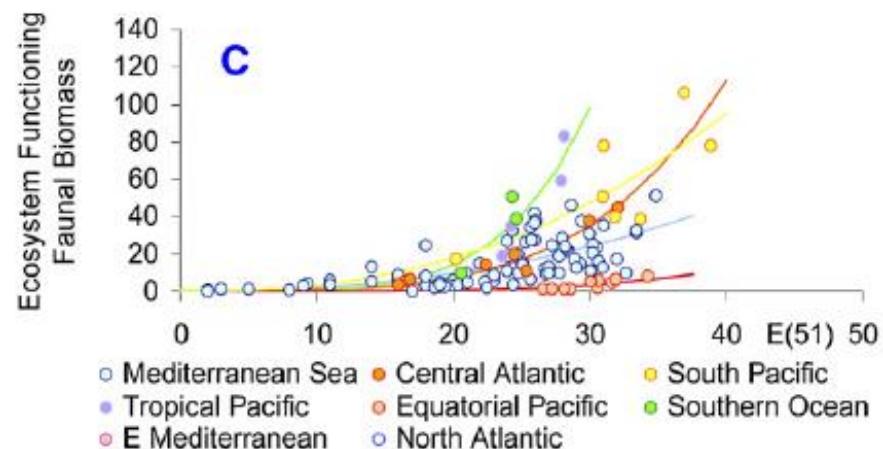
Produção de pluma de  
sedimento – resíduo  
no fundo

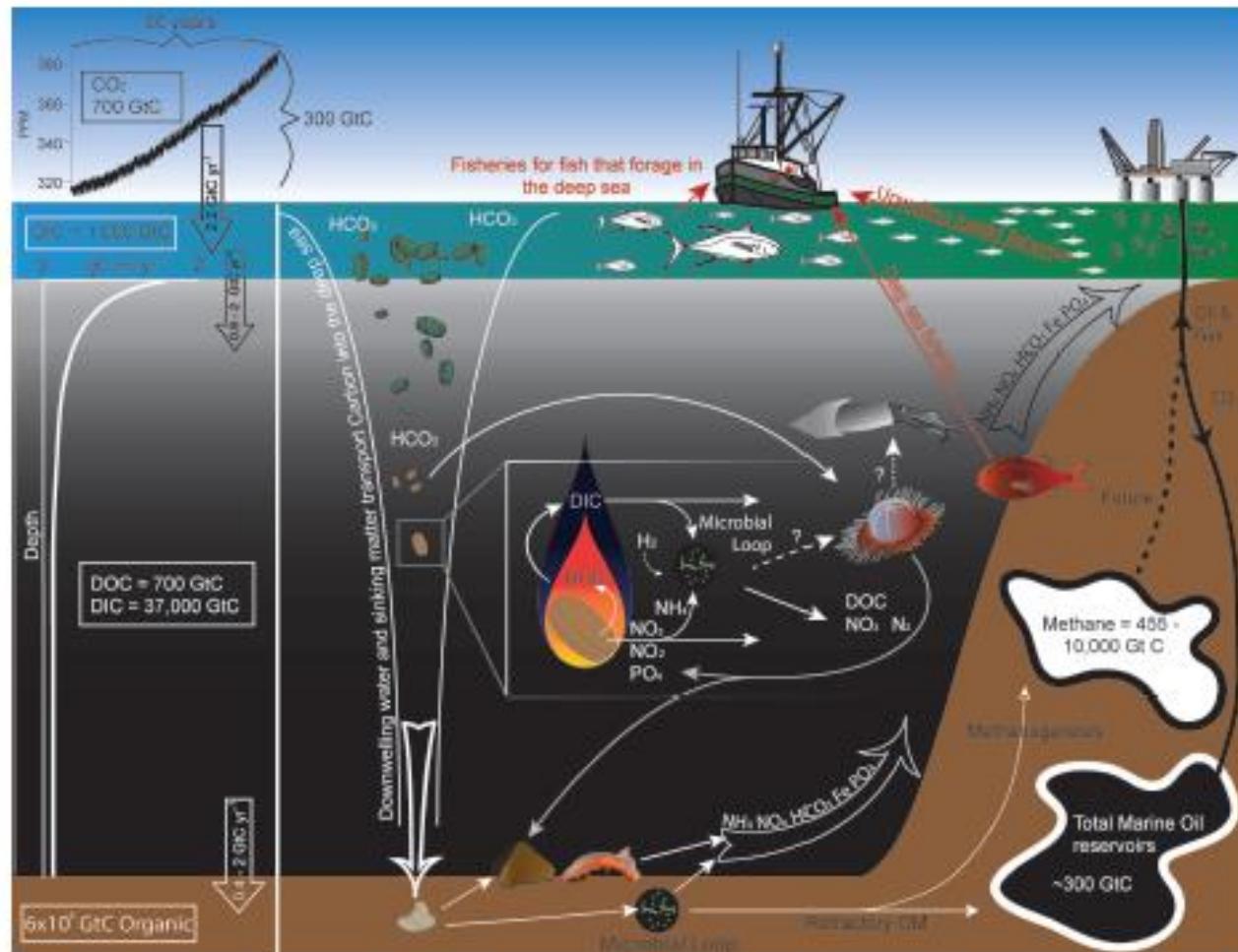
Operações  
Duração  
Pegada espacial  
Intensidade

- Mudanças na morfologia do fundo - habitats
- Perda de fauna bentônica
- Perda da diversidade – funcionamento do ecossistema
- Remoção organismos construtores - comunidades
- Desaparecimento de organismos – comunidades singulares ou raras
- Fragmentação de habitats – perda da conectividade

Current Biology 18, 1–8, January 8, 2008 ©2008 Elsevier Ltd All rights reserved DOI 10.1016/j.cub.2007.11.056

### Exponential Decline of Deep-Sea Ecosystem Functioning Linked to Benthic Biodiversity Loss





## Serviços Ecossistêmicos

Sequestro de Carbono

Estabilidade Ambiental

Reciclagem de nutrientes

Produção Pesqueira

Potencial de Bioprospecção

## RESPOSTAS NA FORMA DE MEDIDAS REGULATÓRIAS (*Response as measures*)

---





**ISBA/18/A/11 – Regulation 34 Linha de Base Ambiental e Monitoramento**

1. *Cada contrato deve requerer ao contratante adquirir dados ambientais e estabelecer “linhas de base ambientais”, levando em consideração recomendações determinadas pela Comissão Técnica e Jurídica em referência ao Artigo 41, a partir das quais se podem avaliar os efeitos prováveis de seu programa de atividades dentro do Plano de Trabalho para exploração sobre o ambiente marinho e um programa para monitorar e reportar esses efeitos.*

Estudos de Linha de Base Ambiental

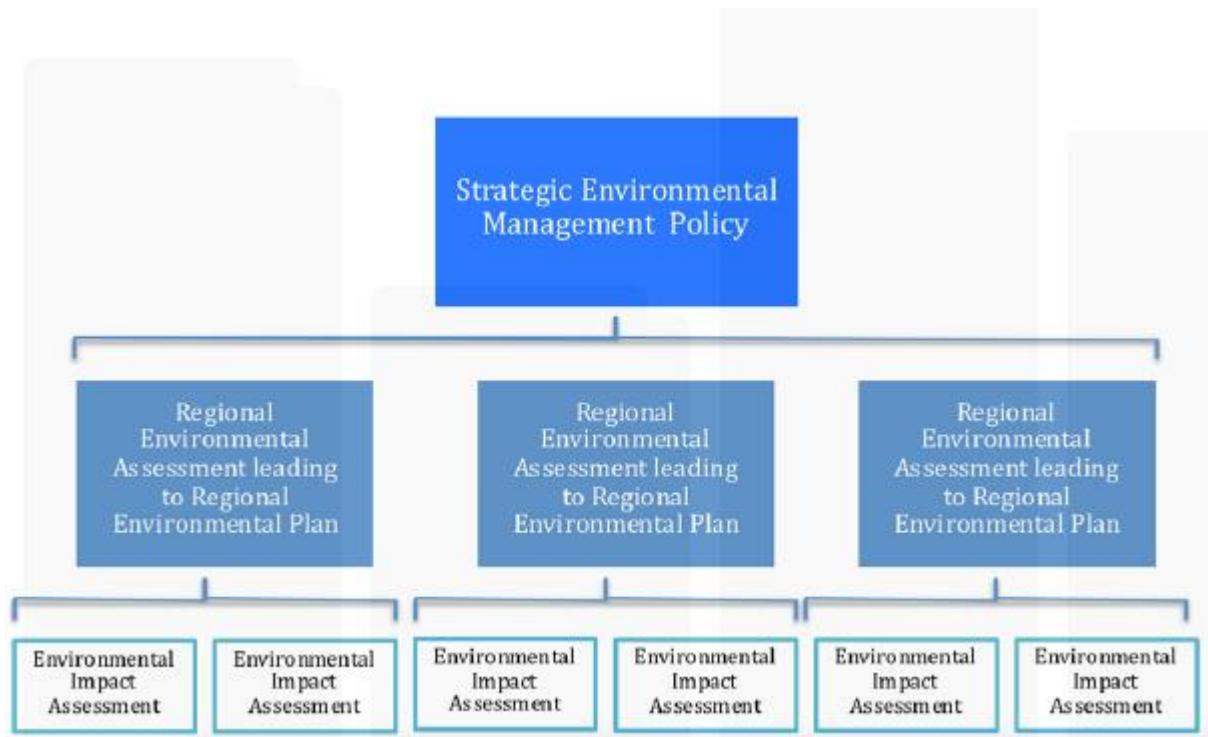
Programa de Monitoramento Ambiental das atividades de exploração

Avaliação de Impacto Ambiental de Atividades de exploração

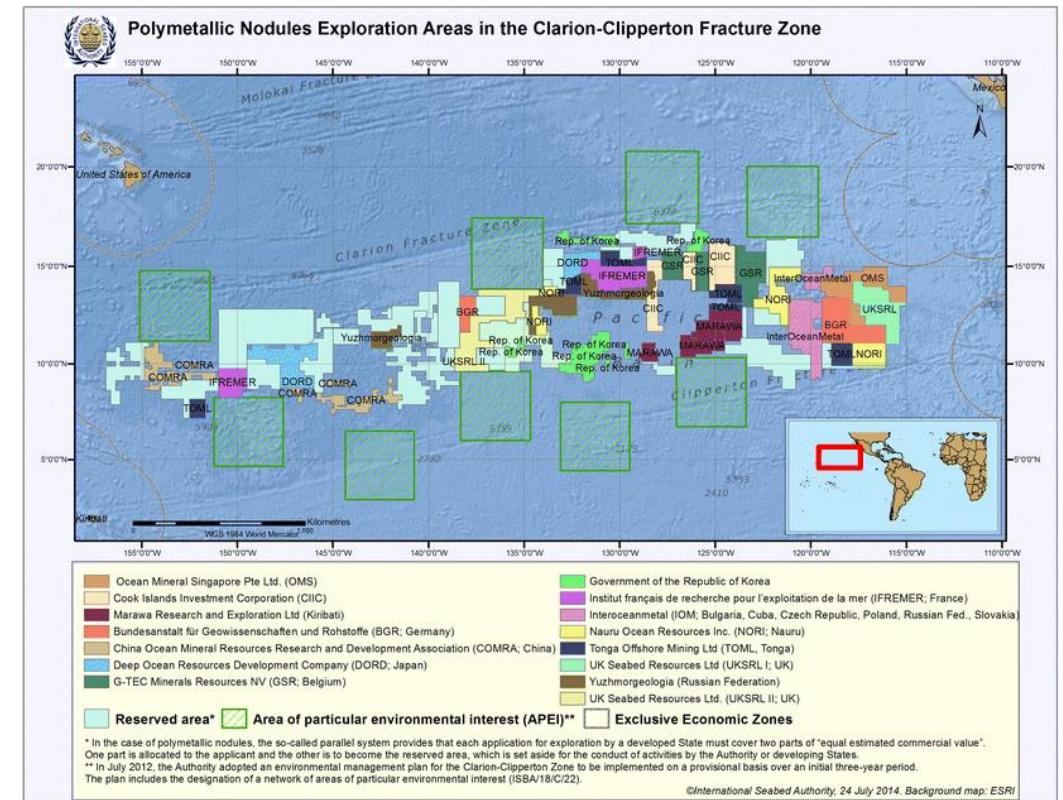
Relatórios Anuais

# RESPOSTAS NA FORMA DE MEDIDAS REGULATÓRIAS (Response as measures)

## PLANOS ESTRATÉGICOS E REGIONAIS DE MANEJO

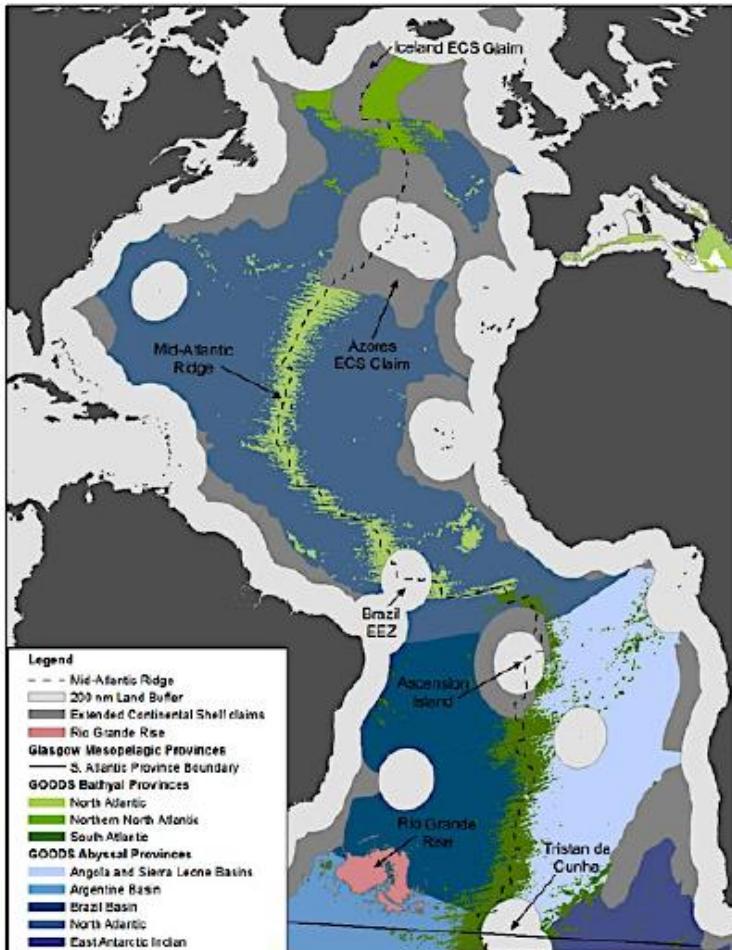


Jones & Weaver, 2017



## RESPOSTAS NA FORMA DE MEDIDAS REGULATÓRIAS (*Response as measures*)

Plano Regional de Manejo – REMP – Atlântico

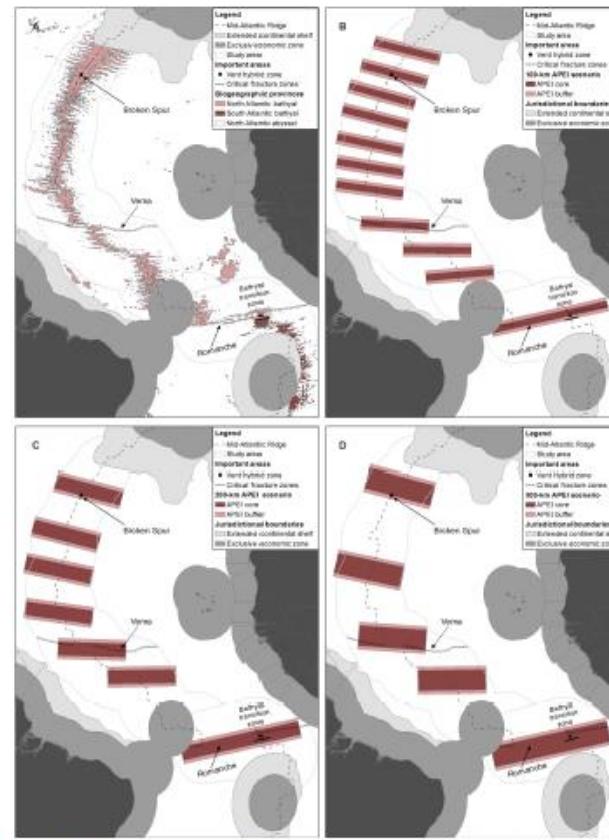


SCIENCE ADVANCES | RESEARCH ARTICLE

## OCEANOGRAPHY

## A strategy for the conservation of biodiversity on mid-ocean ridges from deep-sea mining

Daniel C. Dunn<sup>1,4†</sup>, Cindy L. Van Dover<sup>2,4†</sup>, Ron J. Etter<sup>3</sup>, Craig R. Smith<sup>4</sup>, Lisa A. Levin<sup>5,6</sup>, Telmo Moraes<sup>7</sup>, Ana Colap<sup>8</sup>, Andrew C. Dale<sup>9</sup>, Andrew V. Gebruk<sup>10</sup>, Kristina M. Gjerde<sup>10,11</sup>, Patrick N. Halpin<sup>12</sup>, Kerry L. Howell<sup>12</sup>, David Johnson<sup>13</sup>, José Angel A. Perez<sup>14</sup>, Marta Chantal Ribeiro<sup>15</sup>, Heliko Stuckas<sup>16</sup>, Philip Weaver<sup>13</sup>, SEMPA Workshop Participants





## Mineração Marinha: desafios tecnológicos e ambientais

Obrigado

