

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA:

Conhecimentos didático-pedagógicos
e o ensino-aprendizagem



Milson dos Santos Barbosa
(Organizador)

Atena
Editora
Ano 2022

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA:

Conhecimentos didático-pedagógicos
e o ensino-aprendizagem



Milson dos Santos Barbosa
(Organizador)

Atena
Editora
Ano 2022

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



Ciências exatas e da terra: conhecimentos didático-pedagógicos e o ensino-aprendizagem

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Yaidy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Milson dos Santos Barbosa

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C569 Ciências exatas e da terra: conhecimentos didático-pedagógicos e o ensino-aprendizagem / Organizador Milson dos Santos Barbosa. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0422-4

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.224220408>

1. Ciências exatas - Estudo e ensino. I. Barbosa, Milson dos Santos (Organizador). II. Título.

CDD 507

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

A coleção “Ciências exatas e da terra: Conhecimentos didático-pedagógicos e o ensino-aprendizagem” é um e-book que tem o intuito de fornecer *insights* sobre metodologias educacionais e aplicações tecnológicas para fomentar e desenvolver processos e produtos inovadores. O volume reúne estudos teóricos e práticos (revisões bibliográficas, relatos de casos, pesquisas científicas, entre outros) envolvendo cálculos matemáticos e afins para solucionar problemas e beneficiar diretamente a sociedade.

Neste contexto, a obra apresenta de maneira objetiva e didática estudos desenvolvidos por docentes e discentes de diferentes instituições de ensino e pesquisa do país. Os artigos englobam desenvolvimentos recentes no campo das tecnologias, energias renováveis, modelagens e simulações computacionais, algoritmos e softwares, bem como máquinas e equipamentos. Outra direção importante fomentada no e-book é abordagem utilizada para difundir os conhecimentos pedagógicos e o ensino científico nas ciências exatas e da terra.

Questões relevantes para a sociedade moderna são, portanto, debatidas a partir de uma perspectiva crítica, trazendo discussões de temáticas da área e propiciando um conhecimento específico e aprofundado para discentes, docentes e pesquisadores. Deste modo, a obra composta por capítulos que abordam múltiplos temas e com conceitos interdisciplinares da área de ciências exatas e da terra. Diante dessa oportunidade de aprendizagem, convido todos os leitores para usufruírem das produções da coletânea. Tenham uma ótima leitura!

Milson dos Santos Barbosa

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE (CTS) E O ENSINO DE CIÊNCIAS ATRAVÉS DA TECNOLOGIA

Micheline Soares Costa Oliveira

Letícia Martins Nunes

Letícia de Araújo Rodrigues

Hemilly Sales Alburquerque

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2242204081>

CAPÍTULO 2..... 6

DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE COMO AÇÃO DE EXTENSÃO: RELATO DE EXPERIÊNCIA


Luis Fernando Meneghel Benatto

Daniela de Freitas Guilhermino Trindade

Carlos Eduardo Ribeiro

Renata Alfredo

José Reinaldo Merlin

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2242204082>

CAPÍTULO 3..... 13

A CONCEPÇÃO DOS PROFESSORES DE QUÍMICA EM RELAÇÃO À CONTRIBUIÇÃO DA EXPERIMENTAÇÃO NA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DOS ALUNOS

Tatiana Medeiros Ibiapina


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2242204083>

CAPÍTULO 4..... 34

O ENSINO DE QUÍMICA E CULTURA: CONCEPÇÕES PRESENTES NA REVISTA QUÍMICA NOVA NA ESCOLA

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua


Rafael Martins Mendes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2242204084>

CAPÍTULO 5..... 48

CLASSROOM COMO RECURSO TECNOLÓGICO PARA A EDUCAÇÃO EM MATEMÁTICA

Mauricio da Silva Oliveira


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2242204085>

CAPÍTULO 6..... 74

PRÁTICAS EXPERIMENTAIS SOBRE POLUIÇÃO SONORA

Maria Lúcia Grillo

Luiz Roberto Perez Lisboa Baptista

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2242204086>


CAPÍTULO 7..... 83

ANÁLISE DE TÉCNICAS DE APRENDIZADO DE MÁQUINA APLICADOS À CLASSIFICAÇÃO DE GRÃOS DE CAFÉ

Igor Garcia Lube

Gustavo Maia de Almeida

Fidelis Zanetti de Castro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2242204087>

CAPÍTULO 8..... 94

MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS COMERCIAIS ORGÂNICOS E FLEXÍVEIS MECANICAMENTE

Ana Carolina da Silva Mota


Cleber Lourenço Izidoro

Vagner da Silva Rodrigues

Jorge Javier Gimenez Ledesma

Oswaldo Hideo Ando Junior

Marco Roberto Cavallari

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2242204088>

CAPÍTULO 9..... 106

SIMULAÇÃO DE ALGORITMOS DE RASTREAMENTO DO PONTO DE MÁXIMA POTÊNCIA APLICADOS A PAINÉIS FOTOVOLTAICOS ORGÂNICOS COM CONVERSOR CC-CC SOB SOMBREAMENTO PARCIAL

Ana Carolina da Silva Mota

Vagner da Silva Rodrigues

Cleber Lourenço Izidoro

Jorge Javier Gimenez Ledesma

Oswaldo Hideo Ando Junior

Marco Roberto Cavallari

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2242204089>

CAPÍTULO 10..... 120

IDENTIFICAÇÃO E MODELAGEM DE PLUMAS GASOSAS NA COLUNA D'ÁGUA ATRAVÉS DE MÉTODOS GEOFÍSICOS DE ALTA RESOLUÇÃO

Jorge Fiori Fernandes Sobreira

Carlos Eduardo Borges de Salles Abreu

Esmeraldino Aleluia Oliveira Júnior

Marcelo Rocha Peres

Marco Ianniruberto

Luciano Emídio da Fonseca

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.22422040810>

CAPÍTULO 11..... 135

NUMERICAL SIMULATION OF A CONNECTED-PIPE TEST RAMJET MOTOR

Douglas Carvalho Cerbino

Olexiy Shynkarenko


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.22422040811>

CAPÍTULO 12..... 149

UMA REVISÃO DE LITERATURA SOBRE A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS E O CAMPO CONCEITUAL DAS ESTRUTURAS ADITIVAS

Grazielle Jenske

Verônica Gesser


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.22422040812>

CAPÍTULO 13..... 162

INFLUENCE OF NON-LINEAR DAMPING ON NON-LINEAR STRUCTURES VIBRATIONS

Thiago R. Carvalho

Zénon J. Guzman N. Del Prado

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.22422040813>


CAPÍTULO 14..... 168

ESTUDO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL EM NOSSA SENHORA DA GLÓRIA/SE

José Batista Siqueira

Edson Magalhães Bastos Júnior

José Antônio Pacheco Almeida

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.22422040814>

SOBRE O ORGANIZADOR..... 182

ÍNDICE REMISSIVO..... 183

IDENTIFICAÇÃO E MODELAGEM DE PLUMAS GASOSAS NA COLUNA D'ÁGUA ATRAVÉS DE MÉTODOS GEOFÍSICOS DE ALTA RESOLUÇÃO

Data de aceite: 01/08/2022

Jorge Fiori Fernandes Sobreira
PETROBRAS

Carlos Eduardo Borges de Salles Abreu
PETROBRAS

Esmeraldino Aleluia Oliveira Júnior
PETROBRAS

Marcelo Rocha Peres
UnB

Marco Ianniruberto
UnB

Luciano Emídio da Fonseca
UnB

RESUMO: Enquanto campanhas convencionais de aquisição sísmica procuram imagear os reservatórios e a subsuperfície profunda com frequência da ordem de dezenas de hertz, outros métodos acústicos, que empregam fontes de frequência de emissão de algumas ordens de grandeza superiores, oferecem ganhos evidentes em termos de resolução vertical, embora com penetração restrita à seção mais rasa. Tais métodos são empregados no offshore para a determinação acurada da batimetria e da geomorfologia submarina, mas se prestam também à obtenção de uma imagem sísmica do substrato marinho raso, até profundidades que dependem das características de atenuação do meio, do equipamento e da frequência utilizada.

Com o devido cuidado na aquisição dos dados e no seu posterior processamento, é possível utilizar estes dados para se detectar evidências de exsudações de “shallow gas”, através de imagens que detectas diretamente plumas ascendentes de gás na coluna d’água. Esta possibilidade de detecção remota de exsudações de gás tem implicações diretas para a Indústria de Petróleo para fins de Exploração, de Meio-ambiente e de Monitoramento da integridade geomecânica do campo produtor. Um experimento controlado, conduzido pela Universidade de Brasília (UnB), no âmbito de um Termo de Cooperação coordenado pela área de Reservatório do Centro de Pesquisa da PETROBRAS simulou uma exsudação gasosa no fundo do Lago Paranoá (em Brasília – DF), a partir da injeção de ar comprimido no fundo do Lago (alvo submerso). Esta injeção de gás originou uma pluma ascendente na coluna d’água que pôde ser imageada por dados de Ecobatímetro Multifeixe de elevada frequência (190 a 420 kHz), comprovando assim a aplicabilidade deste tipo de dado ao reconhecimento de problemas reais da atividade offshore. Também foi adaptada uma modelagem física/matemática do retroespalhamento acústico de um campo de bolhas de modo a se entender quais os parâmetros físicos influenciam as observações.

PALAVRAS-CHAVE: Exsudações de gás, coluna d’água, sonar multifeixe.

ABSTRACT: Enquanto campanhas convencionais de aquisição sísmica procuram imagear os reservatórios e a subsuperfície profunda com frequência da ordem de dezenas

de hertz, outros métodos acústicos, que empregam fontes de frequência de emissão de algumas ordens de grandeza superiores, oferecem ganhos evidentes em termos de resolução vertical, embora com penetração restrita à seção mais rasa. Tais métodos são empregados no offshore para a determinação acurada da batimetria e da geomorfologia submarina, mas se prestam também à obtenção de uma imagem sísmica do substrato marinho raso, até profundidades que dependem das características de atenuação do meio, do equipamento e da frequência utilizada. Com o devido cuidado na aquisição dos dados e no seu posterior processamento, é possível utilizar estes dados para se detectar evidências de exsudações de “shallow gas”, através de imagens que detectas diretamente plumas ascendentes de gás na coluna d’água. Esta possibilidade de detecção remota de exsudações de gás tem implicações diretas para a Indústria de Petróleo para fins de Exploração, de Meio-ambiente e de Monitoramento da integridade geomecânica do campo produtor. Um experimento controlado, conduzido pela Universidade de Brasília (UnB), no âmbito de um Termo de Cooperação coordenado pela área de Reservatório do Centro de Pesquisa da PETROBRAS simulou uma exsudação gasosa no fundo do Lago Paranoá (em Brasília – DF), a partir da injeção de ar comprimido no fundo do Lago (alvo submerso). Esta injeção de gás originou uma pluma ascendente na coluna d’água que pôde ser imageada por dados de Ecobatímetro Multifeixe de elevada frequência (190 a 420 kHz), comprovando assim a aplicabilidade deste tipo de dado ao reconhecimento de problemas reais da atividade offshore. Também foi adaptada uma modelagem física/matemática do retroespalhamento acústico de um campo de bolhas de modo a se entender quais os parâmetros físicos influenciam as observações.

KEYWORDS: Gas seepage, water column, multibeam sonar.

INTRODUÇÃO

Os métodos sísmicos constituem os principais métodos geofísicos aplicados à Indústria de Petróleo. Enquanto a Sísmica convencional procura imagear os reservatórios e a subsuperfície profunda, métodos acústicos que empregam fontes de frequência de emissão algumas ordens de grandeza superiores (em geral entre 3,5 e 420 kHz), tais como Ecobatímetros Monofeixe e Multifeixe (Figura 1), Sonares de Varredura Lateral (Side Scan Sonar) e Perfiladores de Sub-fundo (Sub Bottom Profiler ou SBP, como boomer, sparker e chirp) possibilitam ganhos evidentes em termos de resolução vertical, embora com penetração restrita à seção mais rasa (Figura 2).



Figura 1 – Sonar Multifeixe SeaBat T50-P da Teledyne Reson, frequência de 420 KHz, utilizado para aquisição de dados do batimétricos e na coluna d’água durante o experimento.

Estes métodos acústicos de alta frequência são empregados no offshore para a determinação acurada da batimetria e da geomorfologia submarina, mas se prestam também à obtenção de uma imagem sísmica do substrato marinho raso, até profundidades que dependem das características de atenuação do meio, do equipamento e da frequência utilizada. Deste modo podem ser identificadas feições como interfaces sedimentares rasas e mesmo plumas, associadas a exsudações gasosas ou líquidas de hidrocarbonetos, sejam elas naturais ou eventualmente induzidas, relacionadas a efeitos geomecânicos nos reservatórios petrolíferos e/ ou seção sobrejacente [2]. Por meio da análise de dados de SBP é possível identificar tais plumas diretamente na seção sedimentar rasa, ou mesmo possíveis indícios das mesmas na coluna d’água (Figura 2).

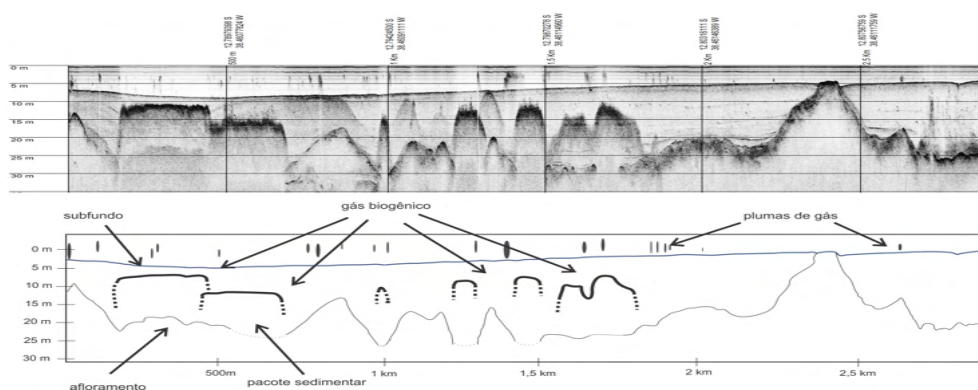


Figura 2. Plumagens de gás (biogênico) interpretadas na seção rasa, em dados de SBP adquiridos na Baía de Aratu (BA)

A utilização adequada de sonares multifeixe de alta frequência, com capacidade de imageamento da coluna d’água [11], permite a produção de imagens de plumas ascendentes

na coluna d'água, com implicações diretas para a Indústria de Petróleo, com aplicações para fins de Exploração, Meio-ambiente e Monitoramento da integridade geomecânica do campo produtor [8] [9]. Este imageamento é possível desde que se utilize do modo de operação e de parâmetros de aquisição adequados para o sonar, como por exemplo, tempo mais longo de registro, que permita obter informações também na coluna d'água [3]. É necessário ainda um processamento dos dados adquiridos, de modo a evidenciar as bolhas de gás. Este tipo de dado de sonar multifeixe permite ainda inferir a natureza do sedimento de fundo, através de inversão da resposta do feixe acústico incidente sob diferentes ângulos, a partir do retroespalhamento acústico (backscatter) do fundo do mar [12].

Alguns estudos com aquisição de dados ultrassonográficos controlados testes podem ser encontrados na literatura. Bergés et al. [1] realizaram um teste controlado em um tanque de 8 x 8 metros com 5 metros de profundidade com o intuito de quantificar o fluxo de gás usando medidas passivas de emissão de nuvens de bolhas de nitrogênio. Um experimento controlado com medições de ecobatímetro multifeixe foi realizado também foi realizada por Leblond et al. [4]. em um tanque de 12,5 x 50 metros com estratos de água do mar de 10 a 20 metros para se validar a modelagem direta e inversa do fluxo volumétrico de bolhas. Há também resultados publicados sobre a liberação de CO₂ injetado de forma controlada em sedimentos marinhos rasos na baía de Ardmucknish Oban [5] [6]. Cevatoglu et al. [5] estudou o fluxo de liberação de CO₂ usando pesquisas de reflexão sísmica 2D antes e depois da liberação do gás, sendo possível observar a realce dos refletores e das bolhas na coluna d'água.

MATERIAIS E MÉTODOS

A fim de avaliar a possibilidade de imageamento acústico de plumas gasosas também na coluna d'água, um experimento controlado foi conduzido, em 2016 e 2017, pela Universidade de Brasília (UnB), no âmbito de um Termo de Cooperação coordenado pelo Centro de Pesquisa da PETROBRAS. Neste experimento simulou-se uma exsudação gasosa no fundo de um corpo d'água extenso, no caso o Lago Paranoá (em Brasília – DF), o que foi feito por meio da injeção de ar comprimido (à pressão de 4 bar), bombeado a partir de um compressor instalado numa embarcação de apoio (Figura 3).

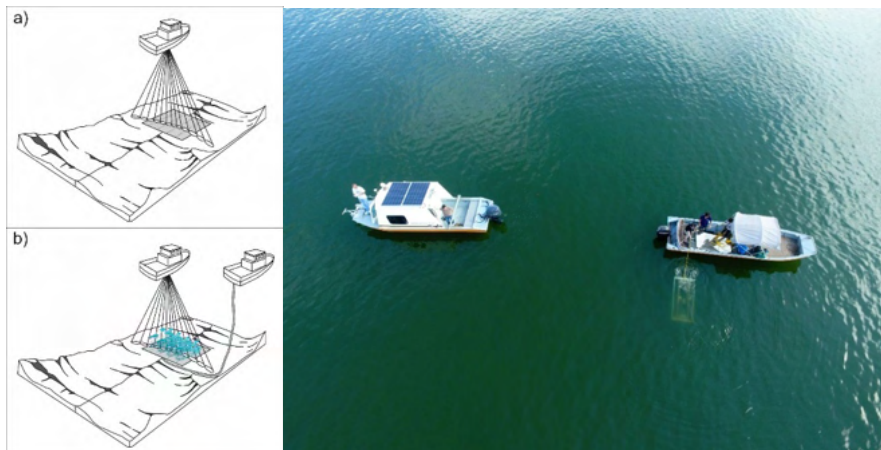


Figura 3. Esquema do experimento controlado de injeção de gás (ar comprimido) no fundo (lodoso) do Lago Paranoá (DF), empregando uma embarcação para injetar o gás numa estrutura acrílica com base metálica (alvo submerso), e outra para o registro de dados de Ecobatímetro Multifeixe de 420 kHz. A assinatura acústica do fundo difere no caso do alvo com bolhas (b) e sem bolhas (a), mostrando a influência da presença do gás na resposta acústica. (c) Visão das embarcações de aquisição e de transporte do alvo. Destaque para o alvo sendo lançado

Este ar bombeado fluiu através de uma mangueira até tubos de PVC perfurados, montados sobre placas de acrílico por sua vez sustentadas por uma estrutura metálica (alvo submerso) com dimensões (2 x 1) m, especialmente construída para o experimento (fig. 4). Esta injeção de gás originou uma pluma gasosa ascendente na coluna d'água. Para o registro de dados acústicos, empregou-se um Ecobatímetro Multifeixe com a elevada frequência de 420 kHz.

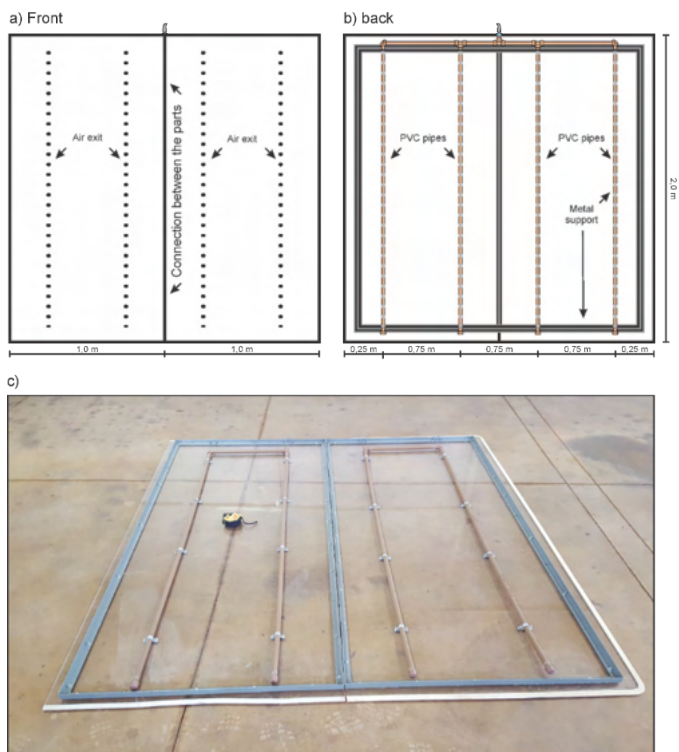


Figura 4 –Alvo controlado desenvolvido para o experimento. a) Projeto do Alvo: Visão frontal com destaque para os orifícios de saída de ar para a formação das bolhas. b) Projeto do Alvo: Visão posterior, com destaque para a tubulação de passagem de ar. c) Visão do alvo controlado construído para o projeto: Parte inferior, com destaque para a tubulação do sistema de injeção de ar e para as estruturas individualizadas de cada placa.

RESULTADOS

Como resultados desta aquisição foi possível se obter imagens acústicas das bolhas de ar liberadas pelo sistema de injeção e discriminá-las do alvo controlado e do fundo do lago. Nas Figuras 5a e 5b estão apresentados os resultados de antes e depois da injeção de ar, respectivamente. É possível observar que as bolhas parecem ser mais dispersas e mais intensas na área profunda, devido ao tamanho das bolhas aumentarem com a diminuição da pressão à medida que se aproximam da superfície. Com as bolhas maiores, é mais fácil que as ondas emitidas pelo equipamento interajam com sua superfície, propiciando uma maior superfície de reflexão. A dispersão das bolhas deve estar relacionada com a maior coluna d'água pela qual estas percorrem, que favorece que estas se afastem mais umas das outras.

Site 1

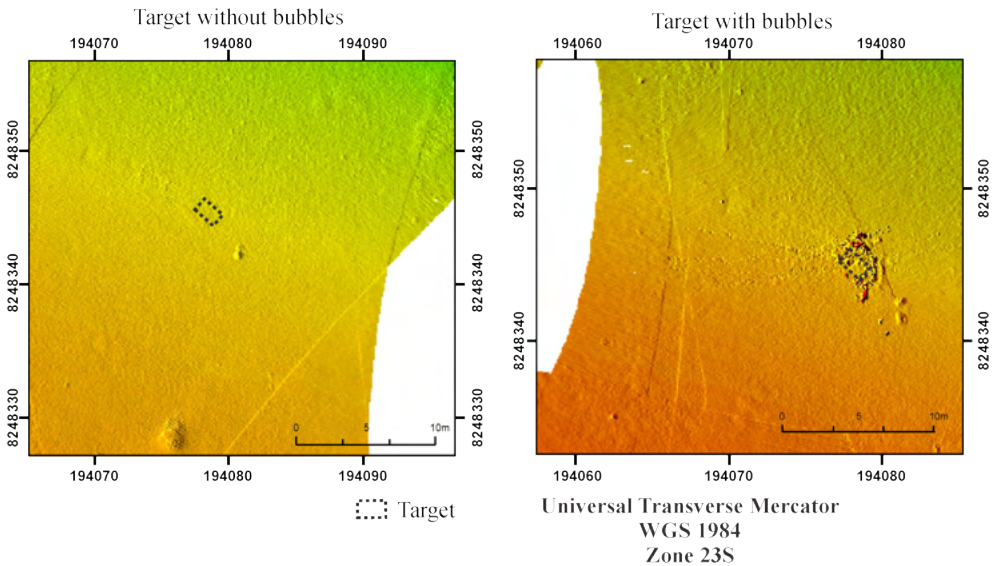


Figure 5 – Imagens acústicas do alvo controlado no Site 01 (mais profundo) antes (esquerda) e depois (direita) da injeção de ar. O retângulo pontilhado indica a posição do alvo.

Além de detecção do alvo submerso na imagem acústica do fundo do Lago (fig. 5), uma pluma ascendente de bolhas gasosas pôde ser imageada na coluna d'água por dados de Ecobatímetro Multifeixe com frequência 420 kHz, comprovando assim a aplicabilidade deste tipo de dado ao reconhecimento de problemas reais da atividade offshore (fig. 6). A pluma pode ser também detectada na imagem de porção referente a coluna d'água da através da Waterfall de dados de sonar (Figura 7). Este tipo de visualização de dados permite tanto a detecção quanto uma quantificação relativa da densidade de bolhas. Digno de nota é que a profundidade do Lago nessa área, de até 15 m, não difere muito da típica altura de voo dos Autonomous Underwater Vehicles (AUV's) empregados na aquisição deste tipo de dado, que é da ordem, de até 40 m.

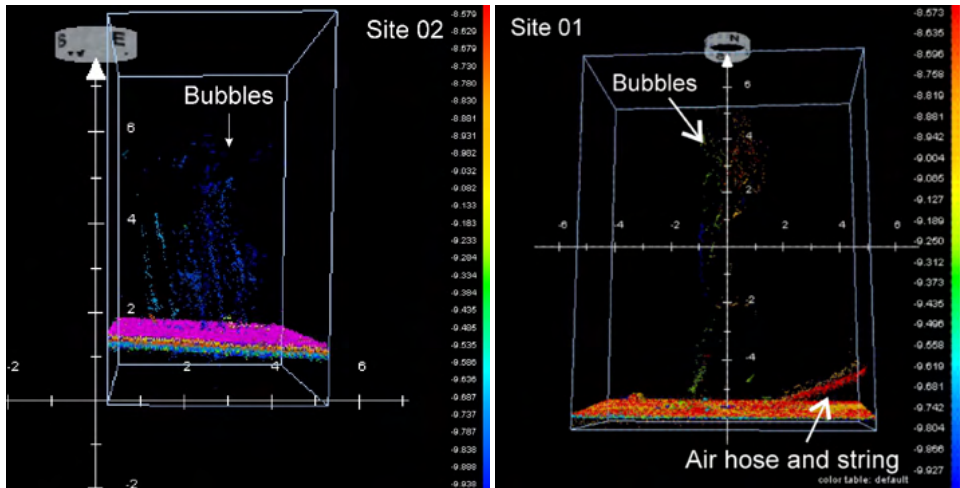


Figura 6. Experimento no Lago Paranoá (DF): imagem acústica da pluma de bolhas gasosas na coluna d'água a partir da resposta da intensidade do retroespalhamento acústico em dados de Ecobatímetro Multifeixe de 420 kHz (à esquerda, em lâmina d'água um pouco mais rasa, e à direita, em lâmina d'água um pouco mais profunda). Observar que mesmo a mangueira injetora de ar comprimido e a corda que prendia o alvo submerso foram imageadas. Este tipo de resposta tende a ser ressaltado em lâminas d'água maiores

Por outro lado, observou-se que a resposta acústica da exsudação na coluna d'água pode ser amplificada pelo efeito de ressonância das bolhas, associada a uma frequência característica, que depende de fatores como a pressão hidrostática local, o que potencialmente resalta tal resposta em águas mais profundas, onde reside boa parte do interesse da Indústria de Petróleo no Brasil, devido à maior rigidez esperada para as bolhas nesta situação. Um outro fator que determina aquela frequência é o diâmetro da bolha. Havendo bolhas de diâmetros variados, maior será a probabilidade de uma determinada faixa de diâmetros entrar em ressonância, o que facilita a sua identificação. Para se quantificar esta hipótese foi feita uma modelagem física da interação do campo de bolhas com a frente de onda acústica do sonar.

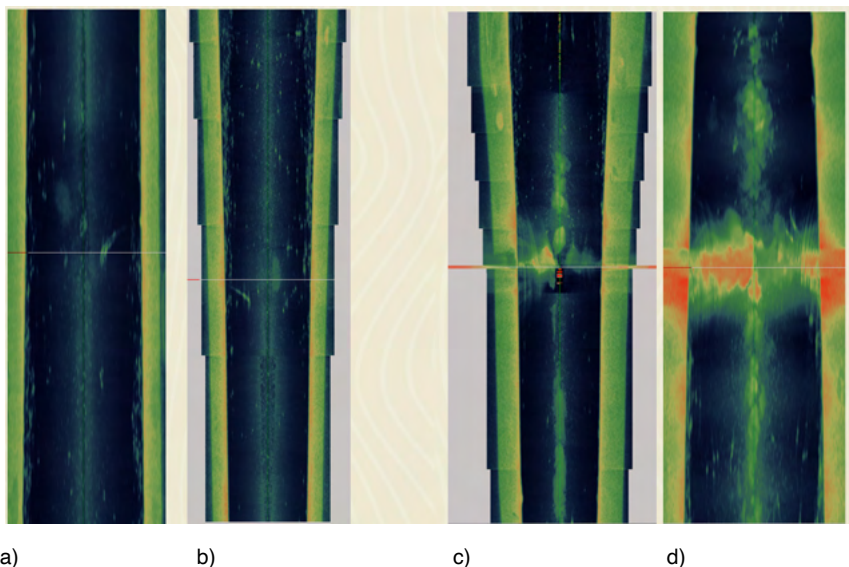


Figura 7 – Visualização da pluma de bolhas na coluna d’água através da Waterfall de dados de sonar. a) Aquisição sem bolhas; b) Notar Cabo mangueira na coluna d’água sem bolhas; c) Aquisição com bolhas em água rasa. Notar pluma vermelha subindo na coluna d’água; d) aquisição com bolhas em águas mais profundas. Notar que a nuvem de bolhas proveniente da aquisição se alarga ao subir na coluna d’água.

Modelagem da Pluma de Gas

Exsudações de gás no leito marinho ocorrem tanto de forma contínua (*seepage*), quanto por emissão de forma “explosiva” (*blow-out*), sendo a primeira forma de emissão que foi simulada no experimento controlado. A quantidade de energia retroespalhada por uma bolha de raio “ a ” é função da frequência f da onda emitida pelo sonar e pode ser definida pela “back-scattering cross-section”, σ_{BS} , cuja equação aproximada proposta por Bloomberg [7] é mostrada abaixo:

$$\sigma_{BS} = \frac{a^2}{\left[\left(\frac{f_0}{f}\right)^2 - 1\right]^2 + \delta^2} \quad \text{Equação 5.2-1}$$

onde δ é o termo de atenuação e f_0 é a frequência ressonante da bolha, calculada pela seguinte expressão:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi a} \sqrt{\frac{3\gamma P_w}{\rho_w}} \quad \text{Equação 5.2-2}$$

Onde γ é a constante adiabática para o ar (≈ 1.4), ρ_w é a densidade da água e P_w é a pressão hidrostática em Pascal.

Na equação do sonar a intensidade de retrodifusão de uma bolha (Target Strength, TS), em decibéis, é definida como a secção de retrodifusão efetiva na direção do receptor

do sonar relativamente à unidade de superfície de área A_1 . Para um difusor onidirecional, temos:

$$TS = 10 \log \left(\frac{\sigma_{BS}}{A_1} \right) \sigma_{BS} \quad \text{Equação 5.2-3}$$

A variação do volume das bolhas durante a migração vertical na coluna d'água pode ser definido em função do módulo de compressibilidade do ar, β , de acordo com a seguinte relação:

$$\frac{\Delta V}{V_0} = - \frac{\Delta p}{\beta} \quad \text{Equação 5.2-4}$$

onde: V_0 = volume inicial; DV = variação de volume; Dp = variação de pressão ambiental

Com base nos trabalhos científicos de Lurton [10] e de Bloomberg [7], foi realizada uma modelagem direta da TS de bolhas individuais utilizando como dados de input os valores das constantes definida em literatura e parâmetros relativos ao experimento controlado realizado no lago Paranoá. O ecobatímetro multifeixe utilizado foi um Teledyne Reson T50-P, operante em frequências de 420 kHz, e o alvo foi colocado em profundidades entre 15 e 8 m. A tabela a seguir mostra o resultado da modelagem com os parâmetros e constantes citados.

T50-P freq.	420kHz			
γ (adiabatic constant for air)	1,4			
Modulo compressibilidade (Pa)	141000			
ρ_w (densidade água)	1000 kg/m3			
δ (dumping)	3,78			
Profundidade (m)	2.0	5.0	10.0	15.0
p_w (pressão hidrostática) (Pa)	120000	150000	200000	250000
a (diâmetro) (m)	0.0050	0.0048	0.0044	0.0040
$V(h)$ (volume bolha na profundidade h) (m^3)	6.44E-08	5.73E-08	4.54E-08	3.35E-08
f_0 (frequência ressonante) (Hz)	715.86	832.28	1038.49	1284.68
σ_{BS} (backscattering cross section) (m^2)	1.62E-06	1.50E-06	1.28E-06	1.05E-06
$TS=10 \cdot \log(\sigma/A_1)$ (dB) - Lurton, 2002	-57.91	-58.25	-58.92	-59.80

TABELA Equação 5.2-1

Os valores de **TS** reportados na tabela permitem, numa primeira aproximação, determinar a intensidade do sinal retrodifundido por uma única bolha e observar: a) a frequência ressonante para o tamanho de bolhas geradas no experimento (entorno de 1kHz) é muito menor da frequência operativa do ecobatímetro (420kHz), portanto a ressonância não influencia na medição; b) tanto a seção equivalente de retrodifusão (σ_{BS}) quanto o

relativo **TS**, tendem a aumentar durante a subida das bolhas do fundo até a superfície em função do aumento do tamanho das bolhas.

Apremissa de que a pluma de bolhas aumenta constantemente à medida que ascende até a superfície não estaria correta. Durante a ascensão das bolhas outros fenômenos devem ser considerados, uma vez que as condições físicas ao longo da coluna d'água não se mantêm constantes. Wilson et al. (2015) apresentou resultados mostrando que variações de temperatura ao longo da coluna d'água podem causar desmembramentos da pluma de bolhas formando uma espécie de "intrusão" de bolhas ao longo da interface entre estas regiões com diferentes temperaturas. Devido à variação da temperatura, a coluna d'água teria o comportamento de um meio estratificado. Este seria um efeito importante para explicar a variação na quantidade de bolhas e da intensidade do retroespalhamento ao longo da coluna d'água observados no experimento.

Caso não existisse essa estratificação da coluna d'água, a pluma de bolhas deveria ter um formato de "cone invertido" devido à dispersão destas e ao crescimento de tamanho devido à redução de pressão em menores profundidades. No entanto, não é isso que se observa nos resultados (Figura 8), uma vez que existem profundidades onde as bolhas se concentram (linhas vermelhas na Figura 9), o que é acompanhado por um aumento relativo da intensidade do retroespalhamento.

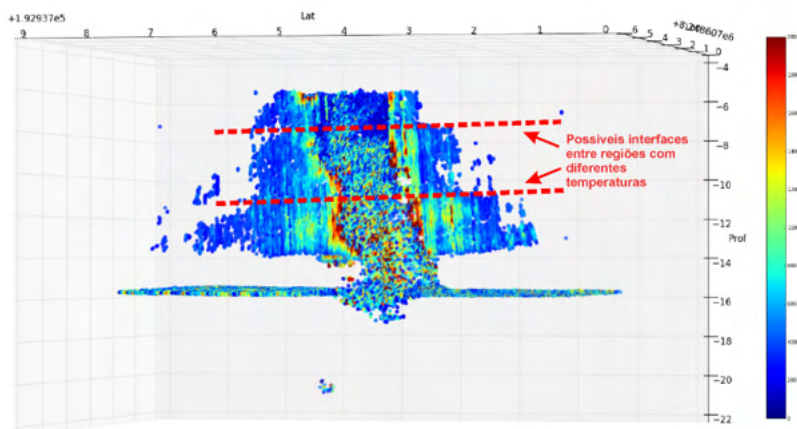
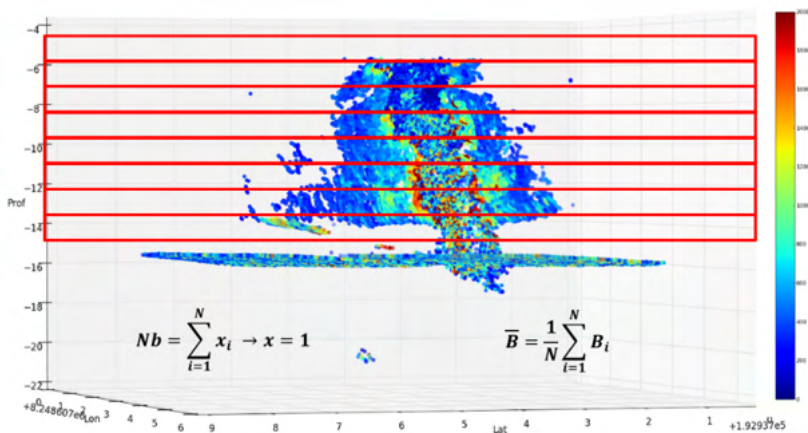


Figura 8 – Distribuição espacial dos pontos de retroespalhamento, indicando as regiões possíveis onde a pluma de bolhas pode ter se desmembrado devido a diferenças de temperaturas ao longo da coluna d'água (linhas tracejadas vermelhas).

Na Figura 9 a distribuição espacial dos pontos de retroespalhamento e na Figura 10 estão apresentados gráficos da quantidade de pontos de retroespalhamento pela profundidade para diferentes intervalos de profundidade. Pode-se observar que mesmo para diferentes intervalos, o padrão é parecido, indicando que a quantidade de pontos de

retroespalhamento diminui com a profundidade. Isso sugere dois cenários, ou a quantidade de bolhas diminui com a profundidade, ou, o mais provável, que o tamanho das bolhas diminui com a profundidade (na realidade o tamanho aumenta à medida que a profundidade diminui).



Na Figura 9. Quantização de pontos de retroespalhamento pela profundidade para diferentes intervalos de profundidade.

A partir dos resultados apresentados nas Figuras 8, 9 e 10, pode-se observar que como as bolhas aumentam de tamanho quando estão chegando mais próximo da superfície, sua rigidez diminui, já que sua pressão interna diminui com o aumento de seu volume. Sendo assim, a intensidade do retroespalhamento também diminui já que esta é dependente da rigidez da bolha. Este comportamento pode ser observado especialmente na Figura 9 que apresenta os valores médios da intensidade do retroespalhamento para diferentes intervalos de profundidades.

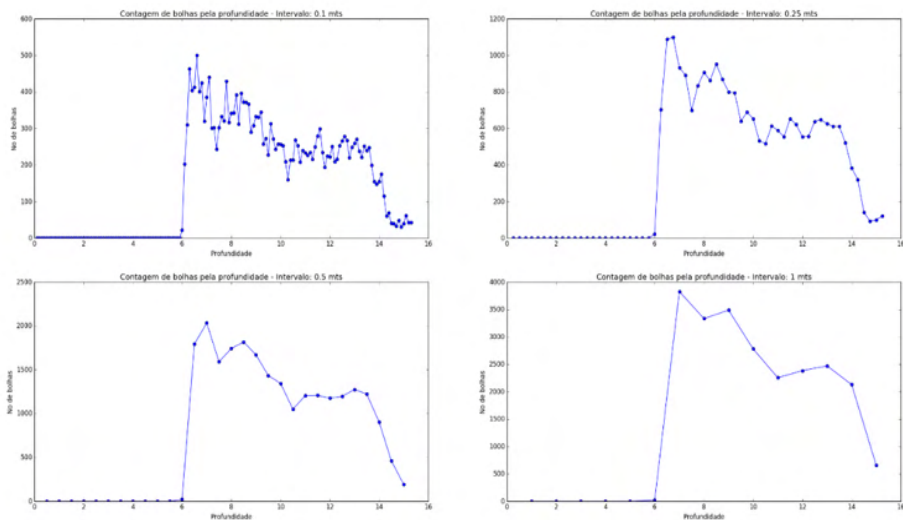


Figura 10 – Quantidade de pontos de retroespalhamento pela profundidade para diferentes intervalos de profundidade.

CONCLUSÕES

Demonstrou-se, através de um experimento realizado em condições controladas, o potencial de se detectar uma exsudação gasosa na coluna d'água através de dados de Ecobatímetro Multifeixe, desde que tomando-se os devidos cuidados, tais como permitir um tempo de registro mais longo, de modo a não registrar apenas as informações referentes ao fundo; o emprego de frequências de emissão elevadas e de preferência, múltiplas; e o processamento adequado dos dados. Tal processo de identificação deve ser corroborado pela análise de dados de SBP do subfundo marinho e pela própria resposta do retroespalhamento acústico do fundo do mar, que deve ressaltar porções saturadas no gás. Existe ainda potencial de detecção de exsudações sutis, que não cheguem a formar bolhas, em dados sonográficos, a partir do contraste de impedância acústica produzido na água.

Os contrastes em relação ao meio aquoso (tomando a densidade da água nas condições ambiente como cerca de 997 kg/m^3) devem ser ainda maiores para hidrocarbonetos gasosos como o metano (cuja densidade é de $0,66 \text{ kg/m}^3$) em relação àqueles introduzidos pelo ar (cuja densidade é de $1,29 \text{ kg/m}^3$, no caso do ar seco, a 0°C e 1 atm), embora o mesmo não se verifique para outros gases como é o caso do dióxido de carbono (com densidade em torno de $1,98 \text{ kg/m}^3$).

Observou-se neste experimento que, embora a tendência seja de uma maior quantidade de pontos de retroespalhamento em menores lâminas d'água, o valor médio de sua intensidade aumenta em profundidade, o que estaria relacionado ao mencionado

efeito de ressonância das bolhas. A análise das observações à luz da modelagem física mostrou que como as bolhas aumentam de tamanho quando estão chegando mais próximo da superfície, sua rigidez diminui, já que sua pressão interna diminui com o aumento de seu volume. Sendo assim, a intensidade do retroespalhamento também diminui já que esta é dependente da rigidez da bolha. Este comportamento pode ser observado pela estratificação valores médios da intensidade do retroespalhamento para diferentes intervalos de profundidades.

Experimentos controlados como aqui descrito são valiosos, no sentido de permitirem a obtenção de uma resposta à simulação de fenômenos de interesse para a Indústria de Petróleo, e devem por isso ser replicados em condições realistas ou similares, o que se torna ainda mais relevante num cenário de crescentes restrições ambientais e preocupação com possíveis efeitos induzidos, relacionados às atividades de Exploração & Produção.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a Fabio de Novaes Filho, da Rural Tech, pelo gentil empréstimo do equipamento e do barco utilizado na aquisição dos dados. Agradecemos também a equipe de campo comandada pelo Prof. Marcelo Rocha e sua aluna Gabriela Turquetti. Esta pesquisa foi apoiada pela Petrobras/Cenpes no âmbito do projeto de pesquisa “Processamento de Sinais Sonográficos para a Identificação Direta de Hidrocarbonetos”, SAP: 4600505474, 2014/00634-2.

REFERÊNCIAS

- [1] B. J. P. Bergès, T. G. Leighton, and P. R. White, “Passive acoustic quantification of gas fluxes during controlled gas release experiments,” *Int. J. Greenh. Gas Control*, vol. 38, pp. 64–79, 2015.
- [2] S., Dupré, L., Berger, N., Le Bouffant, C., Scalabrin, & J.-F., Bourillet. “Fluid emissions at the Aquitaine Shelf (Bay of Biscay, France): A biogenic origin or the expression of hydrocarbon leakage?”, *Continental Shelf Research*, 88(October), 24–33, 2014.
- [3] K. Colbo, T. Ross, C. Brown, and T. Weber, “A review of oceanographic applications of water column data from multibeam echosounders,” *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, vol. 145, pp. 41–56, 2014.
- [4] I. Leblond, C. Scalabrin, and L. Berger, “Acoustic monitoring of gas emissions from the seafloor. Part I: quantifying the volumetric flow of bubbles,” *Mar. Geophys. Res.*, vol. 35, no. 3, pp. 191–210, 2014.
- [5] M. Cevatoglu, J. M. Bull, M. E. Vardy, T. M. Gernon, I. C. Wright, and D. Long, “Gas migration pathways, controlling mechanisms and changes in sediment acoustic properties observed in a controlled sub-seabed CO₂ release experiment,” *Int. J. Greenh. Gas Control*, vol. 38, pp. 26–43, 2015.
- [6] P. Taylor, H. Stahl, M. E. Vardy, J. M. Bull, M. Akhurst, C. Hauton, R. H. James, A. Lichtschlag, D. Long, D. Aleynik, M. Toberman, M. Naylor, D. Connelly, D. Smith, M. D. J. Sayer, S. Widdicombe, I. C. Wright, and J. Blackford, “A novel sub-seabed CO₂ release experiment informing monitoring and impact assessment for geological carbon storage,” *Int. J. Greenh. Gas Control*, vol. 38, pp. 3–17, Jul. 2015.

[7] Blomberg, E. A., Sæbø, T. O., Hansen, R. E., Pedersen, R. B. and Austeng, A.: Automatic Detection of Marine Gas Seeps Using an Interferometric Sidescan Sonar. IEEE JOURNAL OF OCEANIC ENGINEERING, 2016

[8] Leifer, I., Chernykh, D., Shakhova, N. Semiletov, I.: Sonar gas flux estimation by bubble insonification: application to methane bubble flux from seep areas in the outer Laptev Sea. The Cryosphere, 11, 1333–1350, 2017

[9] Leifer, I. and Tang, D. J.: The acoustic signature of marine seep bubbles, Journal of the Acoustical Society of America, Express Letters, 121, EL35–EL40, 2006.

[10] Lurton, X.: An Introduction to Underwater Acoustics: Principles and Applications, Chichester, U.K.: Springer-Praxis, 2002

[11] Urban, P., Koser, K. and Greinert, J.: Processing of multibeam water column image data for automated bubble/seep detection and repeated mapping. Limnology and Oceanography: Methods, 1-21, 2017

[12] Fonseca, Luciano, Brown, Craig, Calder, Brian, Mayer, Larry, Rzhano, Yuri Angular range analysis of acoustic themes from Stanton Banks Ireland: A link between visual interpretation and multibeam echosounder angular signatures. Applied Acoustics., v.70, p.1298 - 1304, 2009.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Algoritmos 83, 106, 154

Ambientes acadêmicos 74, 75

Aprendizagem 2, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 36, 38, 39, 40, 43, 44, 45, 48, 49, 50, 51, 71, 72, 76, 77, 78, 82, 150, 153, 154, 156, 157, 158, 159, 160

C

Café 83, 84, 85, 86, 88, 89, 90, 91, 92, 93

Campo conceitual aditivo 149, 150, 151, 152, 153, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161

Ciência da computação 6, 7

Ciências exatas 22, 158

Comunidade 6, 11

Covid-19 1

D

Desenvolvimento 6, 7, 8, 11, 12, 16, 17, 19, 23, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 33, 35, 37, 38, 39, 42, 43, 62, 64, 75, 76, 95, 104, 107, 119, 150, 151, 160, 168, 169, 182

Docente 17, 18, 19, 23, 31, 32, 34, 38, 39, 40, 44, 47, 49, 63, 156, 159, 182

E

Ecologia 41, 42, 45, 47

Educação 1, 2, 3, 4, 5, 7, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 23, 24, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 37, 38, 40, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 61, 63, 64, 71, 72, 76, 156, 157, 158, 159, 182

Educação científica 4, 19

Energia solar 94, 95, 96, 107

Ensino 1, 3, 5, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 61, 62, 63, 64, 75, 76, 81, 156, 157, 158, 159, 160, 161

Estruturas aditivas 149, 152, 155, 156, 157, 158, 159, 161

Experimentação no ensino 13, 16, 17, 19, 20, 21, 24, 26, 31, 32, 33

Extensão 6, 7, 11, 12, 168, 172, 179

F

Fluidodinâmica computacional 136

M

Máquina 83, 85

Matemática 18, 19, 29, 30, 31, 32, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 61, 62, 63, 64, 65, 68, 71, 72, 77, 120, 121, 149, 151, 152, 154, 156, 157, 158, 159, 160, 161

Meio ambiente 6, 7, 11, 23, 29, 94, 95

Métodos geofísicos 120, 121

Modelagem 22, 30, 94, 96, 105, 107, 108, 119, 120, 121, 123, 127, 128, 129, 133, 160, 175, 177

Motor ramjet 135

N

Non-linear damping 162, 163, 166

P

Painéis fotovoltaicos 94, 106, 107

Poluição ambiental 75

Poluição sonora 74, 75, 76, 78, 81, 82

Professor 14, 18, 19, 38, 49, 50, 51, 53, 54, 62, 64, 65, 68, 76, 77, 79, 80, 81, 149, 151, 152, 155, 159, 160, 182

Q

Química 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 135

R

Recurso tecnológico 48, 51, 71, 72

Relato de experiência 6, 24, 32

S

Simulação 24, 32, 94, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 106, 107, 112, 118, 133, 135, 136, 146

Software 2, 6, 7, 8, 9, 11, 75, 89, 94, 95, 96, 99, 106, 107, 110, 139, 140, 141, 158

Structures vibrations 162

Sustentabilidade 104, 119





T

Tecnologia 1, 2, 5, 17, 30, 31, 32, 33, 35, 49, 50, 75, 96, 104, 107, 158

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA:

Conhecimentos didático-pedagógicos
e o ensino-aprendizagem



 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br


Ano 2022

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA:

Conhecimentos didático-pedagógicos
e o ensino-aprendizagem



 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br


Ano 2022