

julho/2023 • n. 50

COMPUTAÇÃO

REVISTA DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO  BRASIL



**Tecnologias
Digitais para o
Meio Ambiente**

EDITORIAL

A Sociedade Brasileira de Computação (SBC) reflete a diversidade e complexidade características do nosso país. Essa diversidade se manifesta na variedade de interesses abordados em nossos eventos e publicações, assim como nos diferentes contextos socioculturais em que atuamos. Dada essa representatividade e o papel central da computação na sociedade atual, é inevitável que a comunidade da SBC seja constantemente instigada a se posicionar e participar dos grandes debates que nos desafiam.

Dessa forma, temos atuado em diversas frentes, impulsionados por circunstâncias que nos exigiram ação, como a pandemia de COVID-19, os debates em torno do sistema de votação brasileiro e a defesa de instituições de ciência e tecnologia do Brasil. Ao mesmo tempo, os desafios científicos emergentes têm sido uma prioridade em nossas atividades, conforme evidenciado pelos temas abordados em nossos congressos anuais e nas publicações das revistas Computação Brasil e SBC Horizontes. Essas publicações têm explorado questões de interesse



RAIMUNDO JOSÉ DE ARAÚJO MACÊDO

Presidente da Sociedade Brasileira de Computação (SBC)

amplo, como ciência aberta, educação básica, regulação da IA, repercussões da IA Generativa na educação e no mundo do trabalho, combate a pandemias e diversos outros temas desafiadores. Nesse sentido, estamos nos preparando para o Congresso Anual da SBC de 2023 em João Pessoa, onde discutiremos as oportunidades e desafios da integração físico-digital que está presente em sistemas de realidade aumentada para entretenimento e negócios, controle de transporte terrestre e aéreo, plantas industriais, sistemas de assistência à saúde, entre outros exemplos.

Se tivermos que eleger os maiores desafios de nosso tempo, certamente os efeitos das mudanças climáticas estarão entre eles, evidenciados por eventos extremos como enchentes e secas. Essas questões têm mobilizado populações, governos e organizações, inclusive a ONU.

Conscientes da importância das tecnologias digitais no combate às mudanças climáticas e suas consequências, estabelecemos uma Força-Tarefa em setembro de 2021, culminando em um manifesto aprovado durante a Assembleia Geral no Congresso Anual da SBC de 2022 realizado em Niterói. Esse manifesto expressa a visão de longo prazo da SBC em relação ao uso das tecnologias digitais para enfrentar as mudanças climáticas,

ressaltando a necessidade de pesquisa, desenvolvimento tecnológico e cooperação global para encontrar soluções sustentáveis. Mais informações sobre esse trabalho podem ser encontradas nesta edição da Computação Brasil.

Dessa forma, seguimos atentos aos desafios do nosso tempo, prontos para contribuir com soluções por meio da computação e das tecnologias digitais.



julho/2023 • n. 50

COMPUTAÇÃO[®]

REVISTA DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO — BRASIL

Caixa Postal 15012
CEP: 91.501-970 – Porto Alegre/RS
Av. Bento Gonçalves, 9.500 - Setor 4 – Prédio 43412 – Sala 219
Bairro Agronomia - CEP: 91.509-900 - Porto Alegre/RS
Fone: (51) 3308.6835 | Fax: (51) 3308.7142
marketing@sbc.org.br | sbc.org.br

Diretoria:

Presidente | Raimundo José de Araújo Macêdo (UFBA)
Vice-Presidente | André Carlos Ponce de Leon Ferreira de Carvalho (USP)
Diretora Administrativa | Renata Galante (UFRGS)
Diretor de Finanças | Carlos Ferraz (UFPE)
Diretor de Eventos e Comissões Especiais | Cristiano Maciel (UFMT)
Diretora de Educação | Itana Maria de Souza Gimenes (UEM)
Diretor de Publicações | José Viterbo Filho (UFF)
Diretora de Planejamento e Programas Especiais | Tanara Lauschner (UFAM)
Diretor de Secretarias Regionais | Marcelo Duduchi (CEETEPS)
Diretor de Divulgação e Marketing | Alirio Santos Sá (UFBA)
Diretor de Relações Profissionais | Jair Cavalcanti Leite (UFRN)
Diretor de Competições Científicas | Carlos Eduardo Ferreira (USP)
Diretor de Cooperação com Sociedades Científicas | Wagner Meira (UFMG)
Diretora de Articulação de Empresas | Michelle Wangham (UNIVALI)
Diretora de Ensino de Computação na Educação Básica | Leila Ribeiro (UFRGS)

Editor Responsável | Alirio Sá (UFBA)
Editores Convidados | Raimundo Macêdo (UFBA) e Marcelo Pias (FURG)
Equipe de Marketing | Caroline Bittencourt, Cris Felix e Wangles Oliveira

Os artigos publicados nesta edição são de responsabilidade dos autores e não representam necessariamente a opinião da SBC.

Diagramação: Priscila Krüger | priscilahbk@gmail.com | 84 99112-7473
Revisão: Carla Simões de Azevedo
Imagens Ilustrativas: Unsplash.com





ACESSE A SBC OPENLIB

A SBC OpenLib concentra o maior acervo de produções científicas em Computação no Brasil. São mais de 16,8mil itens publicados, entre anais de eventos, periódicos e livros, com acesso aberto e universal.



ACESSE A SOL: [SOL.SBC.ORG.BR](https://sol.sbc.org.br)



COMPUTAÇÃO BRASIL

ÍNDICE

Tecnologias Digitais para o Meio Ambiente
Computação Brasil | Julho 2023

02

EDITORIAL

Raimundo José de Araújo Macêdo

07

APRESENTAÇÃO

Raimundo José de Araújo Macêdo e Marcelo Rita Pias

10

ADAPTABRASIL MCTI: UMA PLATAFORMA PARA ANÁLISE DE IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO BRASIL

14

TECNOLOGIA DE OBSERVAÇÃO DA TERRA POR SATÉLITE PARA O MONITORAMENTO DOS BIOMAS BRASILEIROS

19

E-DIVA: UMA INFRAESTRUTURA COMPUTACIONAL PARA GESTÃO DE DADOS CIENTÍFICOS DO PROGRAMA PELD-DIVA



Nesta edição da Computação Brasil, destacamos artigos que retratam uma amostra de esforços nacionais no combate às mudanças climáticas.

-Raimundo José de Araújo Macêdo e Marcelo Rita Pias
p. 07

24

MONITORAMENTO AMBIENTAL NÃO INVASIVO UTILIZANDO DADOS DE SENSORES E TÉCNICAS DE APRENDIZAGEM DE MAQUINA

30

EMBARCAÇÕES DE SUPERFÍCIE AUTÔNOMAS PARA MONITORAMENTO AMBIENTAL

34

MAPEAMENTO DAS TECNOLOGIAS DIGITAIS APLICADAS AOS RECURSOS NATURAIS NO CONTEXTO DO WCAMA

39

FORÇA-TAREFA DA SBC: DIGITAL TWIN BR - À COMPUTAÇÃO A SERVIÇO DO PLANETA.

45

MUDANÇAS CLIMÁTICAS E TECNOLOGIAS DIGITAIS: A PARTICIPAÇÃO DA SBC NOS ESFORÇOS INTERNACIONAIS DA IFIP



APRESENTAÇÃO

TECNOLOGIAS DIGITAIS PARA O MEIO AMBIENTE

POR

Raimundo José de Araújo Macêdo e Marcelo Rita Pias
macedo@ufba.br, mpias@furg.br

As tecnologias digitais desempenham um papel fundamental no enfrentamento das mudanças climáticas. O processamento e análise de grandes volumes de dados sobre mudanças climáticas são essenciais para embasar decisões e estratégias eficazes. Além disso, os modelos

de simulação auxiliam na compreensão dos padrões climáticos e na previsão de mudanças futuras. As redes de distribuição de energia inteligentes e os dispositivos de IoT podem aprimorar a eficiência e confiabilidade das energias renováveis. As tecnologias digitais também podem ser utilizadas para promover a conscientização e a colaboração global no combate às mudanças climáticas.

Nesta edição da Computação Brasil, destacamos artigos que retratam uma amostra de esforços nacionais no combate às mudanças climáticas. Os artigos abordam plataformas de análise de impactos climáticos, tecnologia de observação da Terra por satélite, infraestrutura computacional para gestão de dados científicos, monitoramento ambiental usando sensores e técnicas de aprendizado de máquina, embarcações autônomas para monitoramento ambiental e mapeamento das tecnologias digitais aplicadas aos recursos naturais. Também apresentamos o trabalho da Força-Tarefa da SBC sobre meio ambiente e sua participação em esforços internacionais.

No artigo de autoria de Pedro Andrade, Jean Ometto, Lincoln Alves, Gustavo Arcoverde e Peter Toledo é apresentada uma plataforma que fornece informações sobre os riscos climáticos atuais e futuros para os 5.570 municípios brasileiros. Em seguida, Lúbia Vinhas, Claudio Almeida e Karine Ferreira apresentam as iniciativas em andamento no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) relacionadas à tecnologia de observação da superfície da Terra por meio de satélites. A Infraestrutura Computacional e-DIVA para gestão de dados científicos sobre peixes é apresentada por Andréa Albuquerque, José Laurindo Campos, Sidinéia Amadio, Cláudia de Deus, Maria Angélica Corrêa e Jansen Zuanon. Em outro artigo, Eulanda dos Santos, Fagner Cunha, Juan Colonna e José Carvalho, apresentam iniciativas desenvolvidas no Instituto de Computação da Universidade Federal do Amazonas (UFAM) para o monitoramento

automático das variações de populações de animais. Na sequência, Esteban Clua, André de Araújo, Daniel Nogueira, Ivanovich Salcedo, Luiz Gonçalves e Eduardo Vasconcellos apresentam o barco autônomo FBoat, com capacidade para realizar monitoramento da qualidade das águas. Em seguida, Marilton de Aguiar, Diana Adamatti e Raquel de Miranda apresentam uma síntese das principais tecnologias digitais abordadas nos artigos publicados no Workshop de Computação Aplicada à Gestão do Meio Ambiente e Recursos Naturais (WCAMA) entre os anos de 2014 e 2022. Marcelo Pias, Raimundo Macêdo, Esteban Clua, Marilton de Aguiar, Pedro de Andrade, Alírio Sá, Eulanda dos Santos, José Laurindo Campos e Lúbia Vinhas descrevem o trabalho realizado na força-tarefa da SBC, que culminou na publicação do Manifesto da SBC em julho de 2022. Finalmente, Raimundo Macêdo e Marcelo Pias apresentam a força-tarefa criada pela International Federation for Information Processing (IFIP) para identificar os principais desafios e oportunidades do uso das tecnologias digitais no combate às mudanças climáticas e seus efeitos.

Por meio desses artigos, que representam uma amostra da diversidade de projetos desenvolvidos no Brasil, buscamos ampliar a visibilidade dos trabalhos realizados em nossa comunidade e estimular maior engajamento para enfrentar os desafios das mudanças climáticas em nosso país e no mundo. Nosso objetivo é inspirar e incentivar mais contribuições nessa importante área em prol de um futuro sustentável.



RAIMUNDO JOSÉ DE ARAÚJO MACÊDO é Professor Titular do DCI/IC da Universidade Federal da Bahia (UFBA). Presidente da SBC, eleito em 2019 (biênio 2019-2021), re-eleito em 2021 (biênio 2021-2023). Graduação na UFBA (1982), mestrado na Universidade Estadual de Campinas - Unicamp (1986) e doutorado na University of Newcastle Upon Tyne, Inglaterra (1994). Fundador, em 1995, e atual coordenador, do Laboratório de Sistemas Distribuídos (LaSiD/UFBA). Foi proponente e coordenador de três programas de pós-graduação pela UFBA: Sistemas Distribuídos, Ciência da Computação e Mecatrônica. Pesquisador visitante no IRISA/França (1997, 2000, 2002 e 2011) e na Universidade de Lisboa/Portugal (2008). Membro eleito do "board" da IFIP (International Federation for Information Processing) de 2015 a 2021 e do comitê diretivo do CLEI (Centro Latinoamericano de Estudios en Informática) de 2011 a 2016. Membro do Conselho Universitário Matriz e Pró-Reitor de Tecnologias da Informação e Comunicação da Universidade Federal do Sul da Bahia de 2013 a 2017.



MARCELO RITA PIAS é Professor Adjunto no Centro de Ciências Computacionais (C3) da Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Obteve o título de PhD em Ciência da Computação pela University College London (UCL), Reino Unido, onde trabalhou posteriormente como pesquisador no Departamento de Computação na Universidade de Cambridge. Esse trabalho foi complementado com um estágio pos-doc industrial na INTEL Research Labs. Tem interesse de pesquisa nas áreas de sensores inteligentes, IA embarcada e sistemas distribuídos.



ARTIGO

ADAPTABRASIL MCTI: UMA PLATAFORMA PARA ANÁLISE DE IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO BRASIL

POR

Pedro R. Andrade, Jean P. H. B. Ometto, Lincoln M. Alves,
Gustavo F. B. Arcoverde e Peter M. Toledo
pedro.andrade@inpe.br, jean.ometto@inpe.br, lincoln.alves@inpe.br,
gustavo.arcoverde@inpe.br, peter.toledo@inpe.br

As mudanças climáticas já afetam todas as regiões da Terra de diferentes maneiras, incluindo incêndios florestais mais frequentes, períodos mais prolongados de seca, bem como aumento no número, duração e intensidade de fortes chuvas. Estas mudanças aumentarão com o aquecimento adicional, de acordo com a avaliação mais recente e abrangente das mudanças cli-

máticas, disponíveis no Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) [1]. Estudos conduzidos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) mostram que, na última década, diferentes regiões do Brasil vivenciaram extremos climáticos mais intensos e frequentes [2]. Por exemplo, algumas regiões foram afetadas por secas extremas, como Amazônia, Nordeste e Sudeste [3, 4, 5], mas também por fortes chuvas [6].

As mudanças climáticas podem afastar o Brasil do desenvolvimento sustentável ao criar mais dificuldades para lidar com as enormes heterogeneidades socioeconômicas e biofísicas que já representam grandes desafios para o país. A complexidade das mudanças climáticas exige escolhas, estabelecimento de prioridades e negociação de soluções entre diferentes atores. Esforços consideráveis têm sido feitos com o objetivo de aproximar a pesquisa científica do clima aos tomadores de decisão [9, 10]. Para se obter melhores resultados sociais, é necessário considerar informações sobre mudanças climáticas nas políticas públicas e na tomada de decisões [7].

Nesse contexto, o INPE lidera o desenvolvimento da plataforma AdaptaBrasil MCTI (<https://adaptabrasil.mcti.gov.br/>). Esta plataforma consolida, integra e dissemina informações robustas de forma centralizada e de fácil acesso sobre o risco de impacto das mudanças climáticas no Brasil. O AdaptaBrasil MCTI conecta organizações que trabalham com questões relacionadas ao clima em todo o Brasil, abrangendo diferenças regionais e temáticas. O objetivo final da plataforma é apoiar os setores público e privado no planejamento e implementação de políticas e ações de adaptação às mudanças climáticas.

Um conceito fundamental na plataforma é o de *risco climático*, definido através da integração das dimensões de vulnerabilidade, exposição e a ameaça climática, considerando sistemas sociais e naturais, a partir de um recorte temático de impacto potencial denominado *setor*

estratégico [12]. O risco climático é analisado para o tempo presente e dois tempos futuros, as décadas de 2030 e 2050, com base em dois cenários de mudanças climáticas da Quinta Avaliação do IPCC. O AdaptaBrasil MCTI considera variáveis e indicadores que reforçam a chance de impacto climático, sendo construídos de acordo com a literatura científica usando uma abordagem colaborativa, com a participação de especialistas de diferentes instituições.

O AdaptaBrasil MCTI integra diferentes fontes de dados, como resultados de simulações de modelos climáticos, dados extraídos de sensoriamento remoto e pesquisas de campo. Para cada setor estratégico, as informações seguem uma estrutura hierárquica, na qual os indicadores na base são extraídos diretamente do mundo real ou do resultado de simulações. Os níveis intermediários são representados por indicadores sintéticos resultantes de composições temáticas. O topo da hierarquia contém o índice de risco de impacto, consolidando todas as informações relevantes para uma determinada temática. A plataforma disponibiliza todas estas informações, de forma que o usuário possa investigar quais indicadores podem afetar significativamente o risco de impacto para qualquer município brasileiro. Esta transparência garante uma maior credibilidade aos indicadores produzidos, além de proporcionar uma maior conscientização e compreensão para a sociedade de como aspectos climáticos e não climáticos estão inter-relacionados na composição de riscos climáticos.

O desenvolvimento do AdaptaBrasil



MCTI ocorre de forma colaborativa através das equipes científica e tecnológica. A equipe científica é responsável por produzir os índices e indicadores para os Setores Estratégicos. Estas informações são elaboradas por cientistas e desenvolvedores da equipe regular do AdaptaBrasil MCTI juntamente com as equipes de instituições parceiras. Os índices e indicadores são então consolidados através de uma ou mais etapas colaborativas, onde são convidados especialistas, partes interessadas e usuários finais. No início do desenvolvimento da plataforma, a equipe tecnológica liderou uma oficina de *Design Sprint* e vários ciclos de experiência do usuário, juntamente com pesquisadores, tomadores de decisão, representantes da sociedade civil e a equipe científica do projeto, para reunir usuários na definição dos principais conceitos e funcionalidades da plataforma. A interface entre ciência e tecnologia no desenvolvimento do AdaptaBrasil MCTI ajuda a comunicar adequadamente todo o conhecimento

científico produzido pela plataforma aos usuários finais.

O AdaptaBrasil MCTI é desenvolvido pelo INPE, em colaboração com a Rede Nacional de Pesquisa e Ensino (RNP), a Rede Brasileira de Pesquisa em Mudanças Climáticas Globais (Rede CLIMA) e o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Atualmente estão disponíveis na plataforma indicadores de risco de impacto em recursos hídricos, segurança alimentar, segurança energética, infraestrutura portuária e saúde. As informações são apresentadas para os 5.570 municípios brasileiros, bem como outras representações territoriais. A plataforma possui dezenas de pesquisadores, bolsistas e consultores envolvidos diretamente no seu desenvolvimento. Novas análises e indicadores serão incorporados, refinados e estendidos a outros setores estratégicos ao longo do tempo. Para mais informações sobre a plataforma, acesse <https://adaptabrasil.mcti.gov.br/>.

Referências

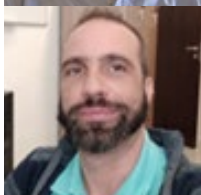
1. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Masson-Delmotte, V., P. Zhai, et al., eds.). Cambridge and New York, Cambridge University Press.
2. Santos et al., 2020. Future rainfall and temperature changes in Brazil under global warming levels of 1.5°C, 2°C and 4°C. Sustainability in Debate - Brasília, 11(3): 57–90.
3. Marengo et al., 2018. Changes in Climate and Land Use Over the Amazon Region: Current and Future Variability and Trends. Front. Earth Sci., 6:228.
4. Jimenez et al., 2021. The role of ENSO flavours and TNA on recent droughts over Amazon forests and the Northeast Brazil region. Int J Climatol; 41: 3761– 3780.
5. Nobre et al., 2016. Some Characteristics and Impacts of the Drought and Water Crisis in Southeastern Brazil during 2014 and 2015. J. water resource prot., 8, 252–262.
6. Dalagnol et al. 2021. Extreme rainfall and its impacts in the Brazilian Minas Gerais state in January 2020: Can we blame climate change? Climate Resilience and Sustainability, 00, 1–15.
7. Coutinho et al. 2020. The Nexus+ approach applied to studies of Impacts, vulnerability and adaptation to climate change in Brazil. Sustainability in Debate - Brasília, 11(3): 5–7.
8. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), 2015. Adapting to the impacts of climate change - Policy Perspectives.
9. Gutiérrez et al., 2014. Drought preparedness in Brazil. Weather. Clim. Extremes, 3, 95–106.
10. Nicolletti et al. 2020. Integrating social learning into climate change adaptation public policy cycle: Building upon from experiences in Brazil and the United Kingdom. Environ. Dev., 33.
11. Nardo et al., 2008. Handbook on constructing composite indicators: methodology and user guide. Paris, Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD).
12. AR5 - Intergovernmental Panel on Climate Change. (2014). Climate Change 2014 – Impacts, Adaptation and Vulnerability: Part A: Global and Sectoral Aspects: Working Group II Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report. Cambridge: Cambridge University Press.



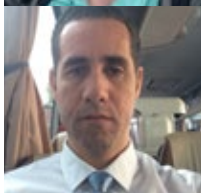
PEDRO R. ANDRADE é Tecnologista Sênior do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e professor dos programas de pós-graduação em Computação Aplicada e Ciência do Sistema Terrestre do instituto. Suas áreas de pesquisa são geoinformática, modelagem ambiental, simulação social e comunicação científica. Lidera o desenvolvimento tecnológico das plataformas AdaptaBrasil e TerraME.



JEAN P. H. B. OMETTO é Pesquisador Titular do INPE. Atua em diversas iniciativas e instituições como Vice Coordenador da Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais (Rede CLIMA); Coordenador da Plataforma AdaptaBrasil; Membro do Comitê de Coordenação do Programa FAPESP de Pesquisa sobre Mudanças Climáticas Globais; Nomeado ao IPCC no Working Group II (Impacts, Adaptation, and Vulnerability), aos ciclos AR5 e AR6, e para a IPCC Task Force sobre inventários de emissões de GEE.



GUSTAVO F. B. ARCOVERDE é geógrafo com doutorado em sensoriamento remoto, e atua como Tecnologista Pleno e docente pelo INPE. Sua pesquisa tem sido focada em estudos com indicadores de sustentabilidade e vulnerabilidade climática, degradação e uso da terra e resiliência socioecológica. Faz parte da coordenação do Laboratório de Análise e Indicadores para a Sustentabilidade (LADIS) e integra a equipe científica permanente do projeto AdaptaBrasil MCTI.



LINCOLN M. ALVES é Pesquisador do INPE. Sua pesquisa tem ênfase no uso de informações climáticas no Brasil, fornecendo evidências científicas para orientar políticas públicas de mitigação e adaptação às mudanças ambientais. Tem atuado principalmente nos seguintes temas: ciências atmosféricas, clima, meteorologia, Amazônia e modelagem climática, interação biosfera-atmosfera, mudanças climáticas e desastres naturais. Autor Principal do Atlas do Sexto Relatório de Avaliação do IPCC (AR6-WG1).



PETER M. TOLEDO é Pesquisador Titular do INPE. Desenvolve pesquisas nos seguintes temas: políticas públicas em Ciência e Tecnologia na Amazônia, Paleontologia e Paleoecologia. É professor orientador da pós-graduação em Ciências Ambientais, convênio UFPA-MPEG-Embrapa e do PPGDEAM no NUMA/UFPA. Atualmente desenvolve pesquisa interdisciplinar sobre Amazônia e biodiversidade. Membro do Conselho Gestor da Plataforma AdaptaBrasil MCTI.



ARTIGO

TECNOLOGIA DE OBSERVAÇÃO DA TERRA POR SATÉLITE PARA O MONITORAMENTO DOS BIOMAS BRASILEIROS

POR

Lubia Vinhas, Claudio A. Almeida, Karine R. Ferreira

lubia.vinhas@inpe.br, claudio.almeida@inpe.br, karine.ferreira@inpe.br

A tecnologia de observação da superfície da Terra por satélites desempenha um papel crucial no acompanhamento das metas e indicadores dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas, na medida em que fornece informações sobre o estado da atmosfera, oceanos, das terras firmes e da criosfera, de maneira sistemática e expedita. Isso torna possível acompanhar as mudanças no planeta, fornecendo dados e evidências, direta ou indiretamente,

para apoiar políticas públicas e atividades dos diversos setores da sociedade.

Os primeiros sistemas orbitais de sensoriamento remoto começaram a ser desenvolvidos na década de 1960, voltados principalmente para aplicações relacionadas à meteorologia. O satélite americano Landsat 1 carregando o *Multispectral Scanner Sensor* (MSS), lançado em 1972, é considerado o primeiro satélite com o objetivo específico de estudar e monitorar a terra firme do planeta. Atualmente, mais de

150 satélites de observação da Terra estão operacionais, com sensores que medem diferentes intervalos do espectro eletromagnético, do visível ao micro-ondas. A maioria dos sensores em órbita são chamados de passivos, pois medem a radiação solar refletida ou a energia térmica emitida pela superfície ou atmosfera da Terra. Existem ainda os sensores chamados de ativos, que emitem energia e registram a resposta refletida ou retroespalhada. As feições e características da superfície afetam a reflexão da energia e assim são inferidas a partir das medidas obtidas pelos sensores.

As imagens de sensoriamento remoto são insumos para aplicações na área ambiental, como a quantificação de parâmetros biofísicos e a execução de mapeamentos do uso e cobertura da Terra em diferentes escalas. Elas são caracterizadas por quatro parâmetros chamados de resolução, que dependem das características dos sensores. A resolução espacial indica o tamanho da menor área do terreno que gera uma medida do sensor, e reflete o grau de detalhamento das feições na imagem (quanto maior a resolução maior é o detalhamento); a resolução temporal indica o tempo decorrido entre a obtenção de duas imagens do mesmo ponto; a resolução espectral se refere a capacidade do sensor de distinguir diferentes intervalos do espectro eletromagnético, as bandas; finalmente, a resolução radiométrica se refere ao número de bits usados para codificar os valores na imagem.

No Brasil, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) foi responsável pela construção, lançamento e operação dos satélites *China-Brazil Earth Resource*

Satellite, CBERS-1, CBERS-2, CBERS-3, CBERS-4, e CBERS-4A, feitos em cooperação com a China, e também do satélite Amazônia-1 construído somente pelo Brasil. O CBERS-4, o CBERS-4A (<http://www.cbbers.inpe.br/>) e o Amazônia-1 (<http://www.inpe.br/amazonia1/>) estão operacionais e carregam sensores ópticos. As imagens geradas pelos satélites brasileiros operados pelo INPE podem ser usadas sem custos ou restrições. Elas podem ser selecionadas e baixadas através do portal <http://www2.dgi.inpe.br/catalogo/explore> ou através de interfaces baseadas em protocolos abertos por programação. Em 2022, o INPE começou a implementar a construção de um repositório espelho de dados dos satélites Sentinel-1 e Sentinel-2 operados pela Agência Espacial Europeia (ESA) (<https://sentinels.copernicus.eu>), para ampliar a colaboração com a União Europeia em atividades relacionadas a observação da Terra e aumentar a disponibilidade desses dados para a comunidade brasileira. Além disso, também visa desenvolver e gerar outros dados secundários e produtos derivados de interesse dos pesquisadores.

O grande volume de imagens de sensoriamento remoto disponíveis sem ou com baixo custo requer uma mudança no fluxo de trabalho para o processamento e extração de informações desses repositórios. Ao invés da seleção e cópia de poucas imagens para computadores individuais para serem processadas, a tendência atual é a construção de repositórios de dados prontos para análise em ambientes de computação em nuvem, que oferecem ferramentas de processamento para obtenção do produto final. Dentro desse paradigma,

destaca-se o conceito de “cubo de dados”, que genericamente se refere a uma matriz de múltiplas dimensões para organizar os dados, simplificando o seu gerenciamento e potencialmente melhorando o desempenho de consultas e análises sobre eles. Nos cubos de dados de imagens, as dimensões mínimas são a localização espacial (por exemplo, latitude e longitude), temporal, e uma ou mais dimensões referentes aos valores das imagens (por exemplo, as bandas espectrais ou outros índices criados a partir de bandas originais).

O projeto Brazil Data Cube (BDC), desenvolvido pelo INPE, está produzindo cubos de imagens de sensoriamento remoto de média resolução, como as do CBERS-4, CBERS-4A e Sentinel 2, para todo o território nacional. Além disso, desenvolve uma plataforma para processá-los. O portal do projeto, disponível em <http://www.brazil-datacube.org>, é o ponto de acesso a todos os produtos produzidos pelo projeto [1].

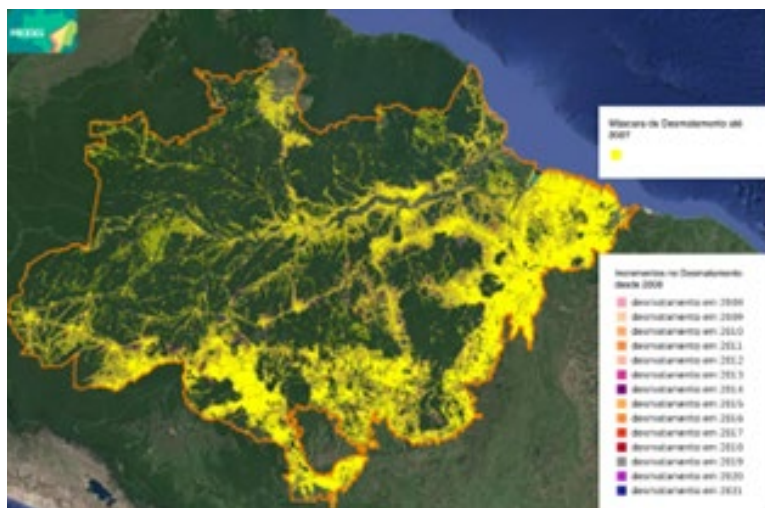
Mapeamento de Uso e Cobertura da Terra

A cobertura da Terra se refere à identificação do tipo de cobertura, natural ou artificial, em uma unidade geográfica, é o que se pode observar nas imagens de sensoriamento remoto. O uso da Terra refere-se aos arranjos, atividades e na forma como a área é ocupada. Os dois termos são relacionados e usados concomitantemente na definição de temas, ou classes, atribuídos a segmentos homogêneos do terreno, que resultam em mapas de uso e cobertura. Os mapas de uso e cobertura são importantes para a mensuração dos indicadores relacionados às metas dos Objetivos do Desen-

volvimento Sustentável, por exemplo no caso do ODS 15 – Vida Terrestre –, que tem como uma de suas metas a conservação dos ecossistemas e como um indicador a proporção de área florestal na área total do território.

O INPE atua desde 1988 na produção de dados sobre a cobertura dos biomas brasileiros, executando projetos de mapeamento para atender diferentes objetivos. O DETER gera diariamente alertas de degradação e desmatamento nos biomas Cerrado e Amazônia; o PRODES, Projeto de Monitoramento de Desmatamento por Satélite, faz o mapeamento da perda da vegetação natural nos biomas brasileiros anualmente [2]. Já o TerraClass, conduzido pelo INPE e pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), faz o mapeamento do uso pós-desmatamento nos biomas Amazônia e Cerrado com uma frequência bienal (www.terraclass.org). A Figura 1 mostra dois exemplos de mapas produzidos pelo PRODES e pelo TerraClass.

As metodologias para geração de mapas de uso e cobertura, a partir de imagens de observação da Terra, evoluíram desde a interpretação visual por especialistas de um conjunto limitado de imagens até o uso de algoritmos semiautomáticos e automáticos. Hoje, essas metodologias podem ser implementadas para processar os mega volumes de dados de imagens em plataformas de nuvem. Nos últimos anos, as técnicas de aprendizado de máquina têm sido exploradas e aprimoradas para a produção de mapeamentos mais precisos, mais detalhados e mais frequentes [3].



(A)



(B)

FIG. 01 | EXEMPLOS DE MAPA DE USO E COBERTURA DA TERRA PRODUZIDOS ATRAVÉS DA ANÁLISE DE IMAGENS: (A) MAPA DE ÁREAS DESMATADAS DESDE 1988, NO BIOMA AMAZÔNIA E B) MAPA DE USO E COBERTURA DO SOLO NO BIOMA CERRADO, EM 2020, PRODUZIDO PELO PROJETO TERRACLASS. FONTE: EXTRAÍDO DE [HTTP://TERRABILIS.DPI.INPE.BR](http://terrabilis.dpi.inpe.br) (A) [HTTP://WWW.TERRACLASS.ORG](http://www.terraclass.org) (B).

Os projetos de monitoramento sistemático do INPE acompanham a evolução científica e tecnológica nessas áreas, aprimorando as metodologias usadas na geração dos dados pelos quais são responsáveis. Especialmente com o processamento de séries temporais de imagens, que explicitam melhor feições espaciais e perfis temporais, os quais são usados para caracterizar os diferentes usos e coberturas da Terra. Essas características são exploradas nas metodologias de mapeamento dos projetos do INPE como no caso do DETER [4] e do TerraClass [5].

Concluindo, o INPE investe em todos os aspectos necessários para o cumprimento de sua missão como produtor de dados sobre o uso e a cobertura dos biomas brasileiros, utilizando dados de observação da Terra. O INPE desenvolve e

opera satélites de sensoriamento remoto além de ter sido pioneiro na implementação de uma política de distribuição de imagens sem custos ou restrições de uso, garantindo o acesso a imagens orbitais para o desenvolvimento de seus projetos bem como para toda a comunidade interessada. Também investe em pesquisa e desenvolvimento em geoinformática, com um conjunto de sistemas de informação geográfica também distribuídos sem custos ou restrições. E atualmente, continua avançando na sua infraestrutura computacional para o desenvolvimento e aprimoramento de algoritmos e métodos mais modernos de processamento de big data [6]. E por fim, incorpora esses desenvolvimentos em seus projetos, contribuindo para a soberania tecnológica do país nessa temática.

Referências

1. FERREIRA, K. R. et al. Earth Observation Data Cubes for Brazil: Requirements, Methodology and Products. *Remote Sensing*, v. 12, n. 24, p. 4033, 9 dez. 2020.
2. ALMEIDA, C. A. et al. Metodologia para Monitoramento da Floresta usada nos projetos Prodes e Deter. São José dos Campos: Inpe, 2021. 27p. Disponível em: <<http://urlib.net/rep/8JMKD3MGP3W34R/443GTAS>>.
3. TALUKDAR, S. et al. Land-Use Land-Cover Classification by Machine Learning Classifiers for Satellite Observations—A Review. *Remote Sensing*, v. 12, n. 7, p. 1135, 2 abr. 2020.
4. DOBLAS, J. et al. DETER-R: An Operational Near-Real Time Tropical Forest Disturbance Warning System Based on Sentinel-1 Time Series Analysis. *Remote Sensing*, v. 14, n. 15, p. 3658, 30 jul. 2022.
5. <http://www.brazildatacube.org/terraclass-cerrado-lanca-mapeamento-produzido-com-tecnologias-e-dados-do-projeto-brazil-data-cube/>
6. SIMÕES, R., et al. Satellite image time series analysis for big earth observation data. *Remote Sensing* v.13, n. 13, p. 2428, 2021.



LUBIA VINHAS é pesquisadora sênior no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). É doutora em geoinformática pelo INPE, docente do curso de Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada (CAP-INPE). Foi Coordenadora-Geral de Observação da Terra e atualmente é coordenadora do projeto Base de Informações Georreferenciadas.



CLAUDIO ALMEIDA é tecnologista sênior do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. É doutor em Geomática pela Université de Montpellier. Foi Chefe do Centro Regional da Amazônia. Atualmente é Coordenador do programa de Monitoramento da Amazônia e Demais Biomas do INPE.



KARINE REIS FERREIRA é doutora em Computação Aplicada e trabalha no INPE com pesquisa e desenvolvimento em Geoinformática. É docente do curso de pós-graduação em Computação Aplicada do INPE e coordenadora do projeto Brazil Data Cube (<http://brazildatacube.org/>), liderando pesquisa e desenvolvimento em processamento de grandes volumes de cubos de dados de observação da Terra e em análise de séries temporais de imagens.



ARTIGO

E-DIVA: UMA INFRAESTRUTURA COMPUTACIONAL PARA GESTÃO DE DADOS CIENTÍFICOS DO PROGRAMA PELD-DIVA

POR

Andréa C. F. Albuquerque, José L. Campos Dos Santos, Sidinéia A. Amadio, Cláudia P. de Deus², Maria Angélica de A. Corrêa, Jansen A. S. Zuanon
andreaalb.1993@gmail.com, laurindo.campos@inpa.gov.br, amadio@inpa.gov.br,
claudias@inpa.gov.br, angelicacorrea2011@gmail.com e zuanon@inpa.gov.br

Com o aumento nos gases de efeito estufa na atmosfera, observa-se um aquecimento global com impacto biológico ainda não devidamente dimensionado. A região Amazônica é extensa, com hidrografia única e megadiversa no escopo da biodiversidade, no entanto, apenas uma fração é de fato conhecida [4]. Cerca de 2.500 espécies de peixes já foram descritas, quantidade superior à que é encontrada nas demais bacias do mundo e, estima-se que mais de 1.000 novas espécies permaneçam desconhecidas. A capacidade pesqueira atinge o volume

de 450.000 toneladas de peixe por ano, favorecendo uma dieta proteica saudável para a região amazônica [3].

Com o objetivo de identificar os impactos da variação climática na vida aquática da várzea da Amazônia Central, foi proposto um novo sítio PELD-DIVA. Para atender as demandas do Programa, foi desenvolvido o *e-DIVA* que propõe uma estratégia de integração das diversas bases de dados de biodiversidade geradas e relacionadas no âmbito do PELD, além de oferecer um ambiente computacional para gestão e análise dos dados relacionados ao Programa PELD.

1. O Cenário Biológico do PELD-DIVA

O projeto busca responder questões pertinentes aos efeitos das mudanças climáticas nas entidades bióticas e abióticas das planícies alagáveis da Amazônia Central, a fim de preservar a integridade ecológica, principalmente da ictiofauna. O objetivo geral do Programa é avaliar a dinâmica temporal de longo prazo da diversidade de assembleias de peixes em resposta a diferentes situações de conservação ambiental, esferas de governança e tipos de manejo dos ambientes aquáticos e dos recursos pesqueiros. O sítio PELD compreende o Lago Catalão e Ilha da Paciência, no baixo rio Solimões, e Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS) Piagaçu-Purus e a Reserva Biológica (REBIO) Abufari, no baixo rio Purus no estado do Amazonas, Brasil.

Dentre os objetivos específicos do projeto destacam-se: determinar os fatores ambientais, em escala local e de paisagem, que influenciam a diversidade de peixes; investigar o efeito da atividade pesqueira em lagos com diferentes níveis de proteção e de manejo sobre a diversidade de peixes; identificar os efeitos parciais da pesca e das flutuações hidrológicas interanuais e suas interferências sobre a diversidade de peixes; estudar os efeitos socioeconômicos e culturais das diferentes formas de manejo de lagos nas áreas de várzea selecionadas; investigar o nível de governança ambiental, em diferentes esferas de gestão, no tocante à diversidade de peixes nas áreas de várzea e seus efeitos nos arranjos produtivos locais; analisar os efeitos das ações de manejo sobre a diversidade de peixes; analisar os efeitos socioeconômi-

cos e culturais do manejo do pirarucu em áreas de várzea na Amazônia Central; e, curadoria dos dados científicos para provimento de bases de dados em ambientes de workflow científico.

2. e-DIVA: Infraestrutura Computacional

A OntoBio [1], é uma ontologia formal de biodiversidade desenvolvida no cenário de coleções biológicas e eventos de coleta de campo do INPA¹, com o propósito de mitigar os problemas oriundos da interoperabilidade dos dados de biodiversidade (heterogeneidade semântica). Esta tecnologia constitui-se em uma ferramenta com funcionalidades de integração e estruturação de biodados, tendo sido modelada com base no conhecimento explícito e consensual sobre biodiversidade, e constitui um importante ponto de partida para a validação da aplicação de ontologias formais à aquisição e gestão de conhecimento de biodiversidade, bem como recurso de estruturação de conhecimento do PELD-DIVA.

A infraestrutura e-DIVA promove mecanismos de manipulação da complexidade dos dados e das informações e conhecimento gerados e integra estes dados (recursos heterogêneos) permitindo inclusive a geração de novo conhecimento (através da OntoBio) e gerando parâmetros e recursos à aplicação em workflow científico. Ainda, ressalta-se que este ambiente evidencia questões recorrentes de Inteligência Artificial (IA) e Banco de Dados (BD) como aquisição e elicitación do conhecimento, automação do processo de integração do

¹ INPA – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - <https://www.gov.br/inpa/pt-br>

conhecimento, representação e modelagem do conhecimento e a complexidade dos dados do domínio em questão. Desta forma, o e-DIVA implementa uma arquitetura computacional para análise dos dados de biodiversidade da várzea da Amazônia Central, utilizando a OntoBio como elemento estruturante para integração e organização das diferentes fontes de dados, possibilitando o processamento automático do conhecimento.

2.1 Integração de Bases de Dados Ictiológicas

A base de dados do e-DIVA é composta da integração das bases de dados de biodiversidade do Catalão, Ilha da Paciência, Purus, Abufari e do próprio PELD-DIVA coletados a partir de 2018 e contempla aspectos da biodiversidade (dinâmica temporal da diversidade de assembleias de peixes em resposta a diferentes situações de conservação ambiental) e socioeconômicos (esferas de governança e tipos de manejo dos ambientes aquáticos e dos recursos pesqueiros). Após uma avaliação semântica dos dados contidos nas bases de biodiversidade já existentes através da OntoBio, foi possível verificar que as bases disponíveis eram similares, sendo os dados do PELD-DIVA mais abrangentes, o que em muito facilitou o processo de integração de dados.

2.2 Módulos de Biodiversidade e Socioeconômico

Em toda expedição, são aplicados os protocolos de coleta e processamento adotados no Programa. A metodologia de campo é, além da coleta de peixes,

verificar dados como o local de coleta, data, hora, posição geográfica do local e instrumentos utilizados na pesca tais como malhadeira, redinha, tarrafa, entre outros. Para as pesquisas realizadas, é importante armazenar dados como o ano hidrológico (diferente do ano gregoriano, pois não começa em janeiro e termina em dezembro), dependente do período hidrológico, ou seja, para completar um ano hidrológico é preciso passar por quatro períodos: enchente, seca, vazante e cheia, os quais não têm um tempo de duração pré-definido. Quanto à localização do peixe, são utilizadas geocoordenadas. A morfometria do peixe considerada refere-se ao comprimento padrão e total. A taxonomia também é verificada (ordem, gênero, espécie, família). Podem ser registradas multimídias dos indivíduos, por exemplo, fotos e vídeos. Em laboratório, são arquivadas caracterizações como gordura, peso total do peixe, peso eviscerado, peso do fígado, estômago, peso da gônada e peso da amostra da gônada. Para uma melhor análise, são identificados aspectos abióticos (parâmetros físico-químicos) como: temperatura da água, o tipo e pH da água, a temperatura do ar, oxigênio dissolvido, condutividade, pressão da água e o tempo. O outro módulo implementa dados socioeconômicos dos membros de uma comunidade que se encontra localizada nas áreas de atuação do Programa. Os registros coletados em entrevistas permitem que um membro de comunidade tenha várias entrevistas referentes a diferentes momentos espacotemporais. Informações sobre a organização familiar, formação acadêmica

e profissional dos membros da família, moradia, atividades profissionais, bens econômicos, atividades econômicas e produtos gerados, acordos comunitários dos quais a comunidade e o entrevistado participam e percepção sobre variações climáticas e ambientais são coletadas.

3. Aplicação da Infraestrutura do e-DIVA para Uso em Workflow Científico

A computação tem se tornado parte imprescindível para o êxito na realização de pesquisas científicas das mais variadas áreas (e-science). A Figura 1 apresenta a infraestrutura projetada para o e-DIVA, na qual as bases de dados de biodiversidade referentes aos sítios de pesquisa que compõem o PELD-DIVA podem ser gerenciadas individualmente pelos usuários dos projetos do INPA e UFAM². Os esquemas lógicos de dados são integrados com o suporte da OntoBio³ e do conhecimento elicitado via formulários socioeconômicos.

2 UFAM – Universidade Federal do Amazonas - <https://ufam.edu.br>.

3 OntoBio - Uma ontologia de domínio da biodiversidade para objetos biológicos coletados na Amazônia.

cos. O Esquema Lógico Integrado do BD é mapeado para o esquema físico do BD que é povoado com os dados das bases de dados que compõem o PELD-DIVA.

4. Considerações Finais

Pesquisar a biodiversidade e dar suporte a políticas públicas depende cada vez mais de grandes conjuntos de dados mantidos em repositórios digitais e de capacidade computacional de analisar, modelar, simular e prever o uso desses dados. No entanto, os recursos de dados que estão fisicamente distribuídos e a falta de experiência com ferramentas analíticas avançadas constitui desafios para os cientistas das áreas de biociência. O e-DIVA foi pensado para atender estas demandas e permite avaliar a dinâmica temporal de longo prazo da diversidade de populações de peixes da várzea da Amazônia Central em resposta a diferentes situações de conservação ambiental, esferas de governança e tipos de manejo dos ambientes aquáticos e dos recursos pesqueiros.

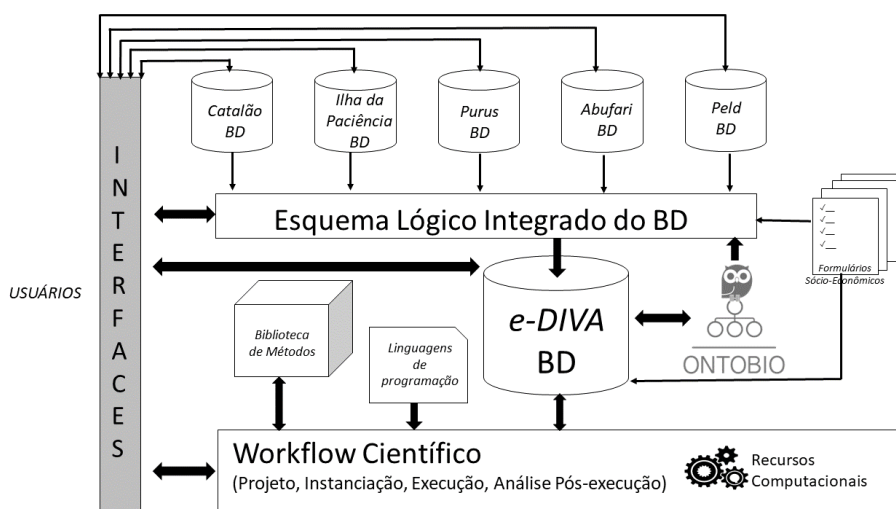


FIG. 01 | INFRAESTRUTURA DO E-DIVA.

Referências

1. Albuquerque, A. C. F.; Santos, J.L.C.; Castro Jr, A.N. (2015) "OntoBio: A Biodiversity Domain Ontology for Amazonian". Proceedings of 48th Hawaii International Conference on System Sciences. Kauai, Hawaii, January 5th – 8th. ISBN: 978-1-4799-7367-5.
2. Junk, W. J.; Soares, M. G. M.; Bayley, P. B. (2007) "Fresh Water Fishes of the Amazon River Basin: Their Biodiversity, Fisheries and Habitats". Journal Aquatic Ecosystem Health and Management, Vol. 10. Issue 2.
3. Oliveira Júnior, A. (2015) "Amazônia: Paisagem e Região na Obra de Eidorfe Moreira". Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi. Ciências Humanas, v. 10, n. 3, p. 569-581. DOI: 10.1590/1981-81222015000300003



JOSÉ LAURINDO CAMPOS DOS SANTOS é graduado em Engenharia Modalidade Construção Civil pelo Instituto de Tecnologia do Amazonas (1984), mestre em Ciência da Computação pela Universidade Federal da Paraíba (1988) e doutor em Ciência da Computação - Universidade de Twente e Instituto Internacional de Pesquisa Aeroespacial e Observação da Terra - ITC, (2003) – the Netherlands.



ANDRÉA CORRÊA FLORES DE ALBUQUERQUE é graduada em Processamentos de Dados pela Universidade Federal do Amazonas - UFAM (1996) e em Ciências Econômicas pelo Centro Integrado de Ensino Superior do Amazonas - CIESA (1997). Tem mestrado em Informática pela Universidade Federal do Amazonas (2011) e doutorado (2016) em Informática pelo Instituto de Computação da Universidade Federal do Amazonas.



SIDÍNEIA APARECIDA AMADIO tem graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho campus de Rio Claro, SP (1980), mestrado em Biologia de Água Doce e Pesca Interior pelo INPA, Manaus, AM (1985) e doutorado em Ciências Biológicas pela University of Essex, Colchester, England (1995). Atualmente é pesquisadora aposentada e docente/orientadora credenciada no PPG Biologia de Água Doce e Pesca Interior.



CLÁUDIA PEREIRA DE DEUS é formada em Biologia Marinha pela Faculdade de Biologia e Psicologia Maria Thereza (1985), mestre em Biologia de Água Doce e Pesca Interior pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (1992) e doutora em Ecologia pela Universidade Estadual de Campinas (1999). Atua nos temas: peixes, ecologia trófica, sinecologia e desenvolvimento sustentável da Amazônia



MARIA ANGÉLICA DE ALMEIDA CORRÊA é economista e doutora em Ciências Pesqueiras nos Trópicos pela Universidade Federal do Amazonas. Atua na docência, pesquisa e extensão nas áreas de economia pesqueira, socioeconomia, economia de recursos naturais e manejo sustentável na Amazônia.



JANSEN ALFREDO SAMPAIO ZUANON é graduado em Ciências Biológicas pelo IBILCE/UNESP, mestre em Biologia de Água Doce e Pesca Interior pelo INPA e doutor em Ecologia pela Unicamp. Atualmente é pesquisador aposentado pelo INPA e reside em Santos, SP.



ARTIGO

MONITORAMENTO AMBIENTAL NÃO INVASIVO UTILIZANDO DADOS DE SENSORES E TÉCNICAS DE APRENDIZAGEM DE MÁQUINA

POR

Eulanda M. dos Santos, Fagner Cunha, Juan G. Colonna, José R. H. Carvalho
emsantos@icomp.ufam.edu.br, fagner.cunha@icomp.ufam.edu.br,
juancolonna@icomp.ufam.edu.br, reginaldo@icomp.ufam.edu.br

O monitoramento da biodiversidade utilizando dados obtidos por sensores acústicos, visuais, dentre outros, tornou-se uma ferramenta indispensável para avaliar o estresse ambiental em um estágio inicial. Por exemplo, a observação das variações de populações de animais ao longo do tempo pode prover informações que serão utilizadas como indicadores de degradação ambiental, pois as espécies animais são sensíveis às condições ambientais. Uma das grandes vantagens da coleta de dados utilizando esses sensores é a sua natureza não invasiva. O uso de armadilhas fotográficas é um exemplo. Trata-se de uma estratégia para o monitoramento da fauna que envolve a instalação de câmeras com sensores de presença que, ao serem acionados, ativam um processo de registro em sequências de imagens de animais. O objetivo é gerar dados que mostrem os animais em seu cotidiano, sem interferir em seu comportamento natural. A Figura 1 mostra dois exemplos de imagens de animais capturadas por câmeras de armadilhas fotográficas. Uma segunda grande vantagem é que, a partir dos dados coletados pelos sensores, é possível o desenvolvimento de sistemas de monitoramento automático da biodiversidade. Para esse fim, algoritmos de Aprendizado de Máquina (AM) [1] podem ser utilizados e têm alcançado resultados considerados estado da arte.



(A)



(B)



FIG. 01 | EXEMPLOS DE IMAGENS CAPTURADAS POR CÂMERAS DE ARMADILHAS FOTOGRÁFICAS: (A) CLASSE PANTHERA ONCA E (B) CLASSE NASUA NASUA. FONTE: EXTRAÍDO DE [HTTPS://LILA.SCIENCE/DATASETS/WSCAMERATRAPS](https://lila.science/datasets/wscameratraps).

Apesar dos benefícios, esse tipo de monitoramento automatizado tem pelo menos três grandes desafios. Primeiramente, a maioria dos métodos de monitoramento automático depende de algoritmos de AM supervisionados. Isso é um problema porque a rotulagem manual de grandes bases de dados exige trabalho extenso, sujeito a erros, e dependente de colaboradores com conhecimento especializado. Além disso, a produção de uma quantidade massiva de dados que não contém informações de interesse para o monitoramento. Um exemplo é o monitoramento da fauna por meio de armadilhas fotográficas, aplicação em que é comum ter um número muito grande de imagens coletadas sem animais (vazias) devido ao acionamento acidental do sensor. Outro aspecto é o desbalanceamento extremo entre as categorias representadas nos dados coletados: algumas espécies aparecem em muitas instân-

cias enquanto outras têm pouquíssimos avistamentos, seguindo uma distribuição de cauda longa. Nesse caso, normalmente modelos de AM alcançam taxas de classificação baixas para espécies com menos dados de treinamento, embora essas espécies raras sejam frequentemente as de maior interesse para os ecologistas.

Considerando esses três problemas acima mencionados, pesquisadores da área de AM do Instituto de Computação da Universidade Federal do Amazonas têm desenvolvido trabalhos no intuito de contribuir com a resolução dos mesmos. Este artigo apresenta três exemplos de soluções propostas. A primeira é um índice capaz de rastrear o estado ecoacústico de uma determinada paisagem, o qual promove uma melhor compreensão das variações na paisagem sonora causadas por vocalizações de animais e fenômenos ambientais de

forma não supervisionada. A segunda é um estudo comparativo entre classificadores e detectores de diferentes complexidades executando em dispositivos de borda para filtrar imagens vazias a fim de descartá-las de forma automática no contexto de armadilhas fotográficas. Nesse mesmo contexto, a terceira descreve um *framework* simples e eficaz para reconhecimento visual de dados extremamente desbalanceados. O objetivo é melhorar o desempenho nas classes minoritárias sem reduzir significativamente a precisão das classes majoritárias.

Monitoramento Não-Supervisionado de Atividade Ecoacústica na Floresta Amazônica

Dadas as dificuldades em obter rótulos para os dados coletados por sensores não invasivos, uma maneira alternativa para fazer esse tipo de monitoramento é por meio do uso de métodos não supervisionados. No caso de dados acústicos, é possível considerar a paisagem sonora como um sistema físico onde as gravações são as saídas mensuráveis do sistema. Dessa forma, definindo uma metodologia apropriada para representar as probabilidades dos estados das saídas, pode-se quantificar a complexidade da paisagem sonora. A complexidade é considerada zero para ambos os estados do sistema: totalmente ordenado e totalmente desordenado. Sistemas ordenados são aqueles com padrões acústicos previsíveis, enquanto sistemas desordenados são aqueles com padrões acústicos totalmente imprevisíveis.

Em [2], detalha-se um índice de complexidade que utiliza Entropia, inspirado em uma técnica bem estabelecida na física usada para estudar a dinâmica de sistemas complexos. Com essa técnica é possível caracterizar amostras de uma paisagem sonora específica. Portanto, se considerarmos uma paisagem sonora como um sistema físico complexo, o índice proposto nos permite estudar e interpretar a dinâmica acústica desse sistema não apenas para um determinado conjunto de espécies, mas como um todo. O índice apresentou excelentes resultados em um conjunto de gravações obtidas em uma área de várzea preservada conhecida como Reserva Mamirauá, localizada na Floresta Amazônica Central - Brasil.

Filtragem de Imagens Vazias de Armadilhas Fotográficas

Devido ao desenvolvimento de novas tecnologias para o monitoramento ambiental via armadilhas fotográficas, a incorporação de modelos de AM para identificação de animais diretamente nos aparelhos pode trazer vantagens. Porém, o grande número de imagens vazias coletadas apresenta um desafio e demanda que uma etapa de filtragem de imagens seja realizada. Embora existam estudos comparando o desempenho de várias arquiteturas modernas de AM no reconhecimento de animais em imagens de armadilhas fotográficas, o foco de modelos de filtragem embarcados em dispositivos de borda deve ser o equilíbrio entre desempenho do modelo e latên-

cia de inferência diretamente em dispositivos de hardware limitado. Esse equilíbrio pode ser obtido por meio do uso de arquiteturas de Redes Neurais desenvolvidas especificamente para dispositivos de hardware limitado, tanto modelos de classificação quanto de detecção. Adicionalmente, outras abordagens de otimização, como quantização e redução do número de filtros do modelo, podem ser empregadas.

Em [3] é feita uma comparação entre classificadores e detectores de diferentes complexidades executando em dispositivos de borda para reconhecer imagens não vazias. Em linhas gerais, é possível observar que os modelos de detecção superam os classificadores quando ambos são treinados usando o mesmo conjunto de treinamento, mas sua latência de inferência superior pode limitar seu uso em dispositivos de hardware limitado. Além disso, dependendo do conjunto de dados, é possível treinar classificadores para obter resultados satisfatórios, principalmente quando há um grande número de imagens disponíveis. Quando o detector é essencial, mas a latência do modelo não está dentro dos requisitos de projeto, pode ser necessário usar aceleradores de hardware, como EdgeTPUs (*Tensor Processing Units*) ou DSPs (*Digital Signal Processor*).

Classificação de Espécies de Animais em Dados Desbalanceados de Imagens de Armadilhas Fotográficas

Apesar da grande quantidade de

dados de armadilhas fotográficas disponíveis, extrair informações dessas imagens é difícil porque vários fatores dificultam essa tarefa. Um dos principais é o desbalanceamento extremo entre o número de imagens capturadas de cada espécie. Os modelos de AM geralmente atingem taxas de classificação baixas para espécies com menos imagens de treinamento, principalmente porque a maioria dos trabalhos de classificação de espécies animais em imagens de armadilhas fotográficas não aplica qualquer método para lidar com a classificação de dados desbalanceados.

Dentre as manipulações que podem ser aplicadas nas classes minoritárias para lidar com o problema de desbalanceamento estão: descarte, agrupamento em classes genéricas, aumento de dados e reamostragem. No entanto, essas abordagens apresentam desvantagens como reduzir a quantidade de informações relevantes usadas para treinar o modelo, melhorar o desempenho das classes minoritárias ao custo de degradar fortemente as majoritárias, dentre outras. Em [4], é proposta uma técnica que usa uma abordagem com múltiplas ramificações de Redes Neurais para melhorar as taxas de reconhecimento das espécies de classes minoritárias com perda mínima nas taxas de reconhecimento das classes majoritárias.

Concluindo, o IComp/UFAM desenvolve diversas pesquisas que envolvem aplicações ambientais e outros temas relacionados a tecnologias digi-

tais para o meio ambiente. Os projetos descritos neste artigo são apenas três exemplos de resultados obtidos por meio dos trabalhos desenvolvidos.

Referências

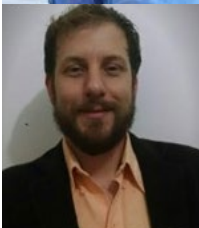
1. BISHOP, C. M. Pattern Recognition and Machine Learning. New York: Springer, 2006.
2. COLONNA, J. G. et al. Estimating Ecoacoustic Activity in the Amazon Rainforest Through Information Theory Quantifiers. PLoS One, v. 15, n. 07, p. 1-21, 2020.
3. CUNHA, F. et al. Filtering Empty Camera Trap Images in Embedded Systems. In IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW), p. 2438-2446, 2021.
4. CUNHA, F. et al. Bag of Tricks for Long-Tail Visual Recognition of Animal Species in Camera Trap Images. Ecological Informatics, v. 76, 2023, 102060.



EULANDA M. DOS SANTOS é professora e pesquisadora do Instituto de Computação (IComp) da Universidade Federal do Amazonas. Atua na área de aprendizagem de máquina e visão computacional. É docente do Programa de Pós-Graduação em Informática (PPGI-UFAM), orientando alunos de Mestrado e de Doutorado. Atua também em projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação.



FAGNER CUNHA é estudante de doutorado da Universidade Federal do Amazonas com foco em visão computacional e aprendizagem de máquina para extração automática de dados de sensores para o monitoramento da biodiversidade. Atuou na indústria como engenheiro de sistemas embarcados e desenvolvedor de software mobile.



JUAN G. COLONNA é Prof. Adjunto no Instituto de Computação da Universidade Federal do Amazonas desde setembro de 2018. É coordenador do Curso de Pós-Graduação em Informática (PPGI - UFAM) desde 2022. Formado em Engenharia em Telecomunicações pela Universidade Nacional de Río Cuarto (Argentina, 2009). Mestre e Doutor em Informática pela UFAM (2012 e 2018). Possui experiência em aprendizagem de máquina, ciência dos dados e processamento digital de sinais.



JOSÉ REGINALDO HUGHES CARVALHO é professor e pesquisador do Instituto de Computação (IComp) da Universidade Federal do Amazonas desde 2009. Atua na área de Veículos Robóticos Autônomos, com especial interesse em aplicações para o monitoramento ambiental. É docente do Programa de Pós-Graduação em Informática (PPGI-UFAM), bem como em projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação em parceria com a indústria.

POSCOMP 2023

EXAME NACIONAL PARA
INGRESSO NA PÓS-GRADUAÇÃO
EM COMPUTAÇÃO

Inscrições:

24 de abril à 16 de agosto, até às 17h.

Prova: 17 de setembro.

**PARA MAIS INFORMAÇÕES
ACESSE [BIT.LY/POSCOMP2023](https://bit.ly/poscomp2023)**



CONGRESSO
DA SOCIEDADE
BRASILEIRA DA
COMPUTAÇÃO

CSBC 2023

06 A 11 DE AGOSTO

JOÃO PESSOA/PB

SAIBA MAIS SOBRE O EVENTO:
[CSBC.SBC.ORG.BR](https://csbc.sbc.org.br)

**ACESSE
[BIT.LY/CSBC_2023](https://bit.ly/csbc_2023)**





ARTIGO

EMBARCAÇÕES DE SUPERFÍCIE AUTÔNOMAS PARA MONITORAMENTO AMBIENTAL

POR

Esteban W. Gonzales Clua, André Paulo D. de Araújo, Daniel Henrique Nogueira, Ivanovich Lache Salcedo, Luiz Marcos G. Gonçalves, Eduardo Charles Vasconcellos

esteban@ic.uff.br, andrepaolodantas@gmail.com, dhndias@id.uff.br, ilache@id.uff.br, lmarcos@dca.ufrn.br, charles.edu@gmail.com

Embarcações de superfície autônomas movidas a energia limpa são um importante papel para águas e o meio ambiente, permitindo que haja um mapeamento constante não apenas da qualidade da água, mas de possíveis focos e tipos de poluição. Além do monitoramento em tempo real, estes sistemas são capazes de realizar coletas frequentes para análises em laboratório. Sistemas de visão computacional baseados em câmeras colocadas em diferentes partes da embarcação permitem que sejam processados tipos de barcos nas imediações, lixos de maior escala e até mesmo atividades

suspeitas como atividades de pesca ilegal, entre outras. Finalmente, o uso de sensores e equipamentos de medições meteorológicas tornam estes veículos em uma estação meteorológica móvel. Os monitoramentos constantes são essenciais para auxiliar o cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 da ONU, definidos como “Vida na Água” e “Água potável e Saneamento” (Desafio número 148), permitindo atingir as metas específicas para o aperfeiçoamento da gestão integrada dos recursos hídricos e a proteção dos ecossistemas marinhos e costeiros.

O FBoat é um veleiro que vem sendo desenvolvido por pesquisadores da Universidade Federal Fluminense (UFF) e Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) com a finalidade de realizar monitoramento ambiental na Baía da Guanabara, Rio de Janeiro. Sua arquitetura está sendo modelada para servir de modelo aberto para outras embarcações, inclusive catamarãs solares movidos a motores elétricos.

FBoat – um veleiro autônomo

O FBoat consiste em um veleiro autônomo que tem capacidade de carregar diferentes sensores e equipamentos para monitorar a água e o meio ambiente ao seu redor. Por se tratar de um veleiro, espera-se que o mesmo seja capaz de navegar por tempo indeterminado, possibilitando inclusive realizar longas travessias. Dentre os diferentes equipamentos, o FBoat possui um processador principal (NVIDIA Xavier), que é responsável pelas técnicas de inteligência artificial, aprendizagem por reforço e visão computacional para a pilotagem automática.



 FIG. 01 | **FBOAT**

O veleiro inclui componentes de comunicação, computadores, sensores, atuadores do leme e da vela, motor de popa, câmeras e troca de energia entre outros componentes. Os principais subsistemas são o link de rádio (receptor e transmissor), para um eventual controle remoto manual, além de um enlace de dados utilizando as redes 4G/5G para controle e monitoramento do sistema de telemetria e envio de dados das aplicações de carga útil e da própria embarcação e o sistema de controle de hardware. Visando o controle e monitoramento em tempo real do barco, é utilizado um sistema multifuncional de planejamento de rotas, incluindo dentre elas o envio de sinais de controle para embarcação e recebimento de telemetria dos sensores instalados.

Para o FBoat navegar de forma autônoma, primeiramente, deve-se definir, em alto nível, o planejamento da trajetória global que o veleiro deverá percorrer através do Mission Planner. A seguir, uma estratégia de baixo nível ou de navegação em si é empregada in-loco, resolvendo o problema de mover o veleiro por meio da aplicação de uma equação que otimize os ângulos da vela e do leme ao mesmo tempo, considerando as posições atual do barco e de cada ponto de passagem, e variáveis do ambiente até percorrer todos os pontos definidos no planejamento. Variáveis como direção do vento, corrente da água, velocidade do barco e outras informações visuais como a existência de obstáculos na rota planejada devem ser consideradas neste nível. Inicialmente, assumindo que a

rota está livre, é possível que o objetivo pode não ser alcançável em linha reta para todas as direções de vento possíveis. Na verdade, para alguns direções (por exemplo, contra o vento), o veleiro não pode se mover em linha reta. Nessas situações, ele deverá fazer um tacking, ou zig-zag, para chegar ao seu objetivo. Se o veleiro consegue ir direto para o objetivo (situação assumida sem obstáculos), dado um certo par de ângulos para o leme e a vela, o problema se resume a aplicar as equações de controle em baixo nível. Mas, na segunda situação, se o veleiro não consegue avançar direto para o objetivo devido às condições do vento, deve-se realizar a manobra estratégica denominada de tacking. Ainda, existem outras possibilidades em que pode haver obstáculos dinâmicos ou estáticos ausentes no mapa usado para planejar a rota. Então, um sistema completo de navegação de curto alcance (de um ponto de passagem ao outro) deve utilizar variáveis como a posição-objetivo e posição-corrente do veleiro (esta última dada pelo GPS), a direção e velocidade do vento, e considerar também a presença de obstáculos (dadas pela visão), além da correnteza da água, entre outras citadas acima. Apesar de utilizar a energia do vento como principal fonte de propulsão, em alguns casos o veleiro necessita operar de forma independente sem a utilização do vento como, por exemplo, durante a saída ou entrada em enseadas pequenas ou até mesmo quando o vento não for suficiente para movimentá-lo. Dessa forma, a embarcação projetada também faz uso de um sistema de propulsão secundário composto por um motor elétrico de popa. Este fator,

juntamente com o restante das cargas elétricas e eletrônicas do veleiro, como sensores, atuadores, placas de controle, luzes de sinalização, etc., torna necessário o uso de um sistema elétrico robusto, além de um sistema de armazenamento e de geração de energia suficiente para suprir toda a demanda de energia elétrica.

Monitoramento Ambiental da Água

Para identificar os parâmetros a serem monitorados, existem normas que determinam as principais diretrizes. No cenário brasileiro, a CONAMA 357/05 recomenda, entre outras características, verificar os seguintes parâmetros: oxigênio dissolvido, temperatura da água, demanda bioquímica de oxigênio, turbidez, concentração de sulfato, fósforo, sólidos totais dissolvidos, condutividade elétrica, pH e coliformes totais. Já no cenário internacional, foi desenvolvido em 1970 pela National Sanitation Foundation o índice de qualidade das águas (WQI pela sua sigla em inglês) que auxilia na definição de um valor quantitativo a qualidade da água. Os parâmetros usados no WQI têm relevâncias diferentes no cálculo do índice. O oxigênio dissolvido é o elemento com maior impacto no cálculo do WQI devido ao fato de que baixas concentrações desse parâmetro serem um indício de alta decomposição orgânica, indicando águas potencialmente contaminadas. O seguinte item mensurado e que tem impacto no WQI é o pH. A sua variação pode indicar proliferação de algas, impactando negativamente a vida aquática e, conseqüentemente, tornando necessária a avaliação da neutralidade desse componente (medições próximas de 7,0) para os recursos que estão sendo mensurados. O

Fboat utiliza sensores para medir oxigênio dissolvido, pH, demanda bioquímica de oxigênio, temperatura, condutividade elétrica e turbidez; adicionalmente, no futuro, o veículo poderá incluir sensores para aferição de elementos químicos mais específicos como nitrogênio e fósforo, ou mesmo a identificação de coliformes totais

em tempo real. A plataforma robótica permite a análise de informações e cálculo de WQI em tempo real, permitindo o monitoramento de recursos hídricos com uma frequência maior quando comparada com as realizadas tradicionalmente pelos órgãos de controle.

Referências:

1. NEGREIROS, A. ; CORREA, WANDERSON ; PAULO, A. A. ; SANTOS, D. H. ; VILLAS BOAS, J. M. ; DIAS, D. H. N. ; Clua, Esteban ; Gonçalves, L. M. G. . Sustainable Solutions for Sea Monitoring With Robotic Sailboats: N-Boat and F-Boat Twins. *Frontiers In Robotics And AI*, v. 22, p. 1-12, 2022.
2. LACHE, IVANOVICH; CATALDI, M. ; GADELHA, C. ; OLIVEIRA, M. ; MEIRELLES, L. ; GUIMARAES, T. ; MONDINI, J. . Projeto e testes preliminares de protótipo para monitoramento de encosta em aterro sanitário. In: Simposion nacional de instrumentação agropecuária - Siagro 2019, 2019, São Carlos. Simposion nacional de instrumentação agropecuária - Siagro 2019. São Carlos, 2019.
3. SCHETINGER, ANNELYS MACHADO ; Dias, Daniel Henrique Nogueira ; BORBA, BRUNO SOARES MOREIRA CÉSAR ; PIMENTEL DA SILVA, GARDENIO DIOGO . Techno-Economic Feasibility Study on Electric Vehicle and Renewable Energy Integration: A Case Study. *Energy Storage*, v. n/a, p. e197, 2020.



ESTEBAN CLUA é Professor do Instituto de Computação da Universidade Federal Fluminense e atua nas áreas de Computação Gráfica, Jogos Digitais, Realidade Virtual e Visão Computacional. É pesquisador 1D do CNPq e Cientista do Estado pela FAPERJ. Possui mais de 60 artigos publicados em periódicos e mais de 200 em conferências.



ANDRÉ PAULO DANTAS DE ARAÚJO possui graduação em Engenharia de Computação - UFRN, mestrado em Ciências da Computação pela UFF e doutorando em Ciências da Computação pela UFF. Atualmente é Capitão-Tenente da Marinha do Brasil. Atua principalmente em Sistemas de Softwares, Sistemas embarcados e Aprendizado de Máquina



DANIEL HENRIQUE NOGUEIRA possui graduação em Física e graduação em Engenharia Elétrica UFRJ, mestrado em Física pela UFF e Doutorado em Engenharia Elétrica pela UFRJ. Atua principalmente em sistemas de energia elétrica, mobilidade elétrica e fontes alternativas de geração de energia. É bolsista DT nível 2 do CNPq e Jovem Cientista do Nosso Estado, pela FAPERJ.



IVANOVICH LACHE SALCEDO é Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Agrícola e Meio Ambiente da UFF. Atua principalmente nos seguintes temas: Sistemas Mecatrônicos para monitoramento ambiental e Agricultura de precisão.



LUIZ M. G. GONÇALVES é formado em Ciência da Computação pela UERJ e doutorado em Engenharia de Sistemas e Computação na COPPE-UFRJ. Atualmente é Professor Titular do Departamento de Engenharia de Computação e Automação da UFRN. Atua em visão robótica, visão computacional, processamento de imagem e Robótica na Educação.



EDUARDO CHARLES VASCONCELLOS possui graduação em Astronomia pela UFRJ, mestrado em Computação Aplicada pelo INPE e doutorado em Computação pela UFF. Atualmente é pós-doutorando no Instituto de Computação da UFF e pelo INRIA (França) em veículos autônomos e Deep Learning.



ARTIGO

MAPEAMENTO DAS TECNOLOGIAS DIGITAIS APLICADAS AOS RECURSOS NATURAIS NO CONTEXTO DO WCAMA

POR

Marilton Sanchotene de Aguiar, Diana Francisca Adamatti e

Raquel de Miranda Barbosa

marilton@inf.ufpel.edu.br, dianaada@gmail.com,

raq.mbarbosa@gmail.com

O Workshop de Computação Aplicada à Gestão do Meio Ambiente e Recursos Naturais (WCAMA) é um evento satélite do Congresso da Sociedade Brasileira de Computação (SBC) e já teve 13 edições. Criado em 2009, ele tem como objetivo promover a integração efetiva da área de computação (metodologias e ferramentas), com temas relacionados ao meio ambiente (política e gestão). O WCAMA está alinhado com o Manifesto SBC de tecnologias digitais para o meio ambiente [1] no que tange, principalmente, com a Ação 3 - *Criar fórum integrador e transdisciplinar*.

Como a gestão dos recursos naturais é uma atividade complexa e dinâmica, ela requer a integração entre atores nos campos social, político e tecnológico para ser efetivamente desenvolvida e implantada. Neste cenário, o WCAMA busca discutir do ponto de vista da computação o desenvolvimento de metodologias e ferramentas para gestão do meio ambiente e recursos naturais, trabalhando no sentido de tratar eficientemente: a) o gerenciamento e a comunicação entre grandes volumes de dados; b) o desenvolvimento de técnicas para análise destes dados; e, c) a otimização, o controle e integração dos dados gerados.

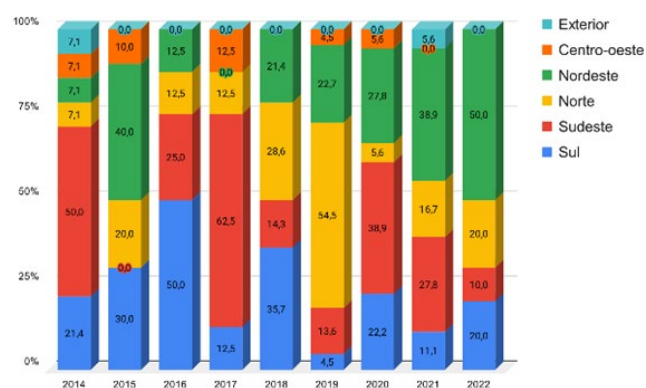
O Workshop abrange todas as áreas de pesquisas e aplicações em metodologias, técnicas e ferramentas computacionais aplicadas à gestão do meio ambiente e dos recursos naturais, incluindo, entre outras: áreas prioritárias à conservação; biodiversidade; educação ambiental; gerenciamento de recursos naturais e renováveis; modelagem de distribuição de espécies; modelagem de mudança de uso e cobertura da terra; monitoramento ambiental; mudanças ambientais globais; poluição do solo, sonora e meio ambiente; saneamento ambiental e tratamento de resíduos; saúde e meio ambiente; e, sustentabilidade.

Neste contexto, este artigo apresenta um mapeamento das principais tecnologias digitais utilizadas nos trabalhos publicados no contexto do WCAMA, bem como caracteriza a regionalidade dos grupos de pesquisa que participam do evento, o financiamento das pesquisas, as temáticas ambientais mais recorrentes abordadas pelos pesquisadores e indica o panorama do uso de técnicas de Inteligência Artificial.

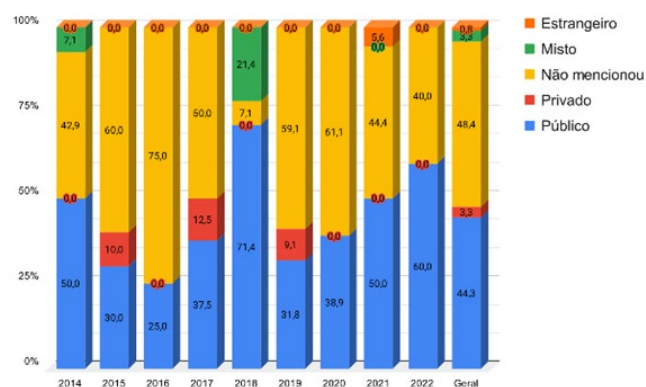
Mapeamento das publicações no WCAMA

Este mapeamento engloba as últimas nove edições do WCAMA, cujos Anais estão disponíveis na Biblioteca Digital da Sociedade Brasileira de Computação (SBCOpenLib - SOL). Desde 2014, foram submetidos 265 artigos (204 completos e 61 curtos) para avaliação do comitê de programa, dos quais 122 artigos foram aceitos para publicação (99 completos e 23 curtos), compreendendo taxa de aceitação de 46% (49% de artigos completos e 38% de artigos curtos).

Quanto à regionalidade dos autores de artigos publicados no workshop, o levantamento indicou dois artigos com autores de instituições estrangeiras, cinco artigos de autores da Região Centro-Oeste, 25 artigos de autores da Região Sul, 27 artigos da Região Norte, 31 artigos da Região Nordeste e 32 artigos de autores da Região Sudeste. A Figura 1(a) apresenta o percentual de artigos de cada região a cada ano onde percebe-se, notadamente, o incremento da publicação de artigos de pesquisadores da Região Nordeste nas últimas cinco edições.



(A)



(B)

FIG. 01 | ANÁLISE DA REGIONALIDADE (A) E DO FINANCIAMENTO (B) DOS ARTIGOS.

Ainda, fez-se a análise das fontes de financiamento das pesquisas publicadas no WCAMA. Dos 122 artigos publicados, 59 artigos não mencionaram a fonte de financiamento. Dos artigos que fizeram menção, 54 artigos declararam o fomento na forma de bolsa ou de projetos financiados por instituições públicas enquanto quatro mencionaram financiamento privado; outros quatro apontaram subsídio de origem pública e privada (misto) e um artigo por órgão estrangeiro. A Figura 1(b) apresenta o percentual de cada tipo de financiamento a cada edição do workshop. Percebe-se que o fomento público foi a principal fonte de recursos nos últimos anos, em dois períodos de crescimento, de 2016 a 2018 e de 2019 a 2022. Contudo, vale ressaltar que grande parte dos pesquisadores, mesmo que não mencionando fomento no artigo, fazem parte de instituições públicas de pesquisa.

O estudo realizado permitiu identificar os principais produtos/técnicas resultantes das pesquisas publicadas. Dentre os diferentes tipos identificados, selecionamos para apresentar aqueles que representam 80% das publicações. A Figura 2(a) ilustra os tipos selecionados e o percentual a cada edição. No geral, 15,6% dos artigos envolviam sistemas de informação; 14,8% apresentavam solução computacional Web ou móvel; 14,8% estavam relacionadas com produtos IoT; 12,3% resultaram em *datasets*; 10,7% propuseram modelos estatísticos; 7,4% desenvolveram ferramentas de visualização de dados; e 5,7% dos artigos estavam associados a técnicas de visão computacional.

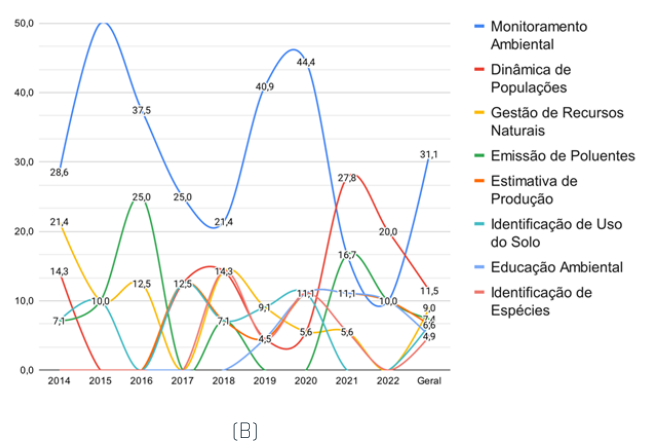
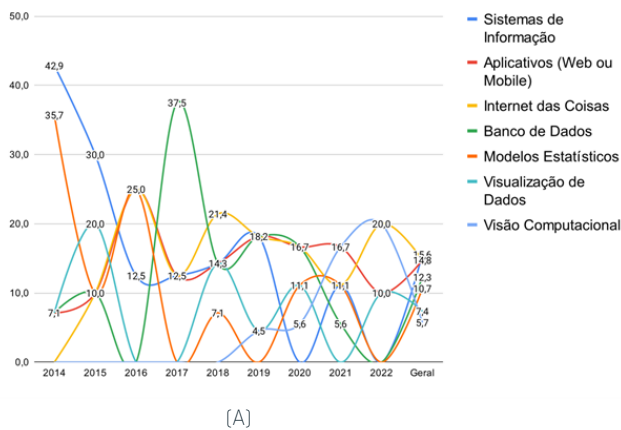


FIG. 02 | ANÁLISE DAS TECNOLOGIAS (A) E DOS PROBLEMAS AMBIENTAIS (B) ABORDADOS.

Identificamos as principais temáticas de aplicação das tecnologias abordadas nos artigos. Para apresentar as temáticas de maneira apropriada, selecionou-se aquelas presentes em 80% dos trabalhos. A Figura 2(b) ilustra a participação de cada tema ao longo das últimas nove edições. O panorama geral aponta que 31,1% dos artigos tratavam-se de monitoramento ambiental; 11,5% dos trabalhos modelavam a dinâmica de populações de espécies animais ou vegetais; 9% abordavam aspectos de gestão de recursos naturais; 7,4% dedicavam-se a resolver problemas com emissão de poluentes; 6,6% dos artigos estavam relacionados com a estimativa de produção para consumo ou preservação; 6,6% estavam concentrados na análise de uso do solo; e 4,9% dos trabalhos tratavam de temas de educação ambiental. Cabe ressaltar que na edição de 2022, 30% dos trabalhos aceitos para publicação tratavam de conforto térmico que, por ser temática recente, não aparece no gráfico.

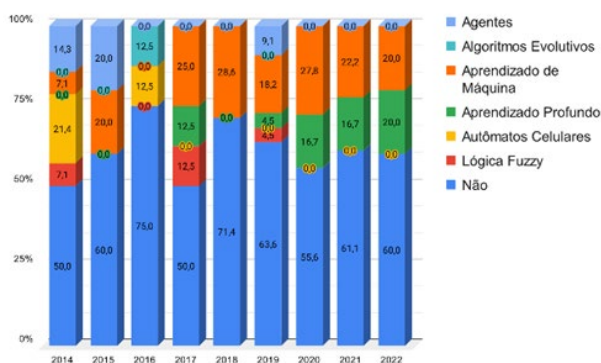


FIG. 03 | USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NOS ARTIGOS

Aproveitou-se para prospectar o uso de técnicas de Inteligência Artificial nas pesquisas desenvolvidas pelos autores dos trabalhos do workshop. A Figura 3 aponta que uma parte expressiva (61%) dos artigos publicados não fizeram uso de técnicas de IA. Isso é um ponto importante pois, como ocorre em outras áreas do conhecimento, o uso de técnicas de IA apresenta-se muito promissor para a área de meio ambiente [2]. Nas últimas seis edições, 23,6% dos trabalhos envolviam o uso de algoritmos de aprendizado de máquina, com tendência de queda. Em contraste, artigos que utilizaram aprendizado profundo saltaram de 4,5% para 20%, nas últimas quatro edições do evento.

Considerações Finais

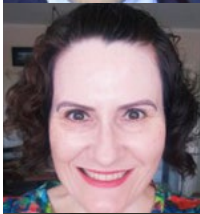
Este artigo apresentou um mapeamento das pesquisas publicadas no WCAMA, o único evento da SBC dedicado à temática da computação e meio ambiente/recursos naturais. Buscou-se relatar o que os pesquisadores, em sua maioria brasileiros, vêm desenvolvendo nas áreas de computação e meio ambiente. Contudo, a SBC já apresentou em seu manifesto a importância do tema e o quanto a área necessita de suporte computacional para analisar e gerenciar questões ambientais.

Referências

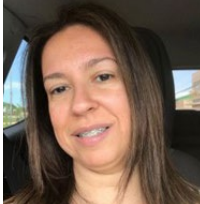
1. CLUA, E. W. G.; DE AGUIAR, M. S.; DE ANDRADE NETO, P. R.; DE SÁ, A. S.; DOS SANTOS, E. M.; DOS SANTOS, J. L. C.; MACÊDO, R. J. DE A.; PIAS, M. R.; VINHAS, L. Tecnologias Digitais para o Meio Ambiente: Manifesto SBC, Sociedade Brasileira de Computação, Julho 2022.
2. UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. How artificial intelligence is helping tackle environmental challenges, Nairóbi, Quênia, Novembro 2022.



MARILTON SANCHOTENE DE AGUIAR é Professor Associado na Universidade Federal de Pelotas no âmbito dos Cursos de Graduação em Ciência e Engenharia de Computação e, também, do Programa de Pós-Graduação em Computação. Sua pesquisa tem se focado em aplicações de Inteligência Artificial na resolução de problemas



DIANA FRANCISCA ADAMATTI é Professora Associada do Centro de Ciências Computacionais da Universidade Federal do Rio Grande, no âmbito dos Cursos de Graduação em Engenharia de Computação e Sistemas de Informação e, também, do Programa de Pós-Graduação em Computação. Sua pesquisa tem se focado em aplicações de Inteligência Artificial na resolução de problemas ambientais e Interface Cérebro-Computador (BCI).



RAQUEL DE MIRANDA BARBOSA é Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, no âmbito dos Cursos Técnico Integrado em Informática para Internet e Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas. Sua pesquisa tem se focado em aplicações de Inteligência Artificial na resolução de problemas ambientais e tecnologias assistivas.



ARTIGO

FORÇA-TAREFA DA SBC: DIGITAL TWIN BR - A COMPUTAÇÃO A SERVIÇO DO PLANETA

POR

Marcelo Rita Pias, Raimundo José de Araújo Macêdo, Esteban Walter Gonzalez Clua, Marilton Sanchotene de Aguiar, Pedro Ribeiro de Andrade Neto, Alirio Santos de Sá, Eulanda Miranda dos Santos, José Laurindo Campos dos Santos, Lúbia Vinhas.

mpias@furg.br, macedo@ufba.br, esteban@ic.uff.br, marilton@inf.ufpel.edu.br, pedro.andrade@inpe.br, aliriosa@ufba.br, emsantos@icompu.ufam.edu.br, laurindo.campos@inpa.gov.br, lubia.vinhas@inpe.br

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) definidos pela Organização das Nações Unidas (ONU), dos quais o Brasil é signatário, incluem a proteção ao meio ambiente e ao clima para garantir que as pessoas, em todos os lugares, possam desfrutar de paz e de prosperidade. Em particular, o ODS número 13 trata da Ação Contra a Mudança Global do Clima, que visa tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos, principalmente através da implementação dos compromissos assumidos com a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC).

O governo brasileiro apresentou seu compromisso de reduzir suas emissões de

gases de efeito estufa em 50% até 2030¹ e neutralizar suas emissões até 2050. Para isso, se compromete a zerar o desmatamento ilegal até 2028; restaurar 18 milhões de hectares de florestas até 2030; recuperar 30 milhões de hectares de pastagens degradadas; alcançar a participação de 45% a 50% das energias renováveis na composição da sua matriz energética em 2030; e, por fim, incentivar a ampliação da malha ferroviária.

Para cumprir os compromissos assumidos pelo país, é necessário integrar esforços e tecnologias digitais completas e inovadoras, que permitam coletar, organizar, processar e compartilhar informações

¹ <https://wribrasil.org.br/imprensa/cop26-protecao-de-florestas-vira-prioridade-global-brasil-precisara-transformar-promessas>

sobre os diferentes aspectos do planeta. Na Europa, por exemplo, a iniciativa Destination Earth (DestinE) [1] tem a ambição de criar um modelo digital de alta precisão da Terra, oferecendo uma plataforma para promover a colaboração entre vários atores.

Força-tarefa SBC

Sabemos que a computação vai muito além de suas fronteiras científicas e tecnológicas; seus impactos são visíveis e, de fato, frequentemente influenciam e moldam vários aspectos da sociedade. Inspirada em iniciativas mundiais lastreadas em princípios da ONU, a SBC deseja contribuir para esse importante debate global e apresentar sua visão de longo prazo na busca por soluções para o enfrentamento das mudanças climáticas com auxílio das tecnologias digitais. Dessa forma, a SBC constituiu uma força-tarefa [12] a fim de contribuir com a preparação de um diagnóstico inicial sobre tecnologias digitais para a sustentabilidade do planeta. A força-tarefa, a qual iniciou em 9 de setembro de 2021, manteve reuniões semanais, com apresentações e debates sobre esforços nacionais e internacionais a respeito do tema.

O documento final da força-tarefa - **Tecnologias Digitais para o Meio Ambiente: Manifesto SBC**² - aprovado na assembleia geral da SBC durante o 42º CSBC, traça um panorama desse cenário na forma de uma visão de longo prazo, com princípios e proposta de ações de modo a mobilizar comunidades de espe-

² <https://sol.sbc.org.br/livros/index.php/sbc/catalog/book/104>

cialistas, incluindo os membros da SBC, na integração de esforços em tecnologias digitais para o meio ambiente.

Este artigo apresenta um resumo deste documento, com ponderações acerca de tecnologias habilitadoras e ações propostas.

Tecnologias Digitais para o Meio Ambiente

As tecnologias digitais são um ativo importante no desenvolvimento de mecanismos para o enfrentamento dos desafios relacionados à preservação do meio ambiente e ao combate às mudanças climáticas. Diferentes tecnologias digitais habilitam a criação de modelos digitais de alta precisão, denominados Gêmeos Digitais, para o suporte à gestão do meio ambiente (Fig. 1).

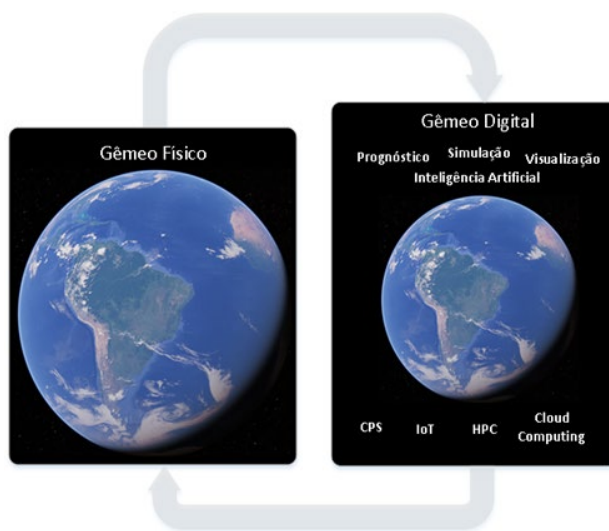


FIG. 01 | EXEMPLO DE GÊMEO DIGITAL PARA O MEIO AMBIENTE

Tecnologias digitais integradoras, como a **Internet das Coisas** (IoT), permitem que gêmeos digitais para o meio ambiente possam obter dados variados de fontes diversas e com diferentes temporalidades e granularidades. Devido ao grande volume de dados e da complexidade dos modelos usados por tais gêmeos digitais, o processamento e armazenamento dos dados são apoiados por infraestruturas **computacionais de alto desempenho** (HPC, do inglês *High Performance Computing*). O mapeamento das condições ambientais atuais e futuras realizadas pelos gêmeos digitais pode ser usado para realizar intervenções sobre o meio ambiente de várias maneiras: de forma online, via rede de comunicação, com ações enviadas diretamente para dispositivos IoT, instalados em campo, e para sistemas robóticos (por exemplo, drones); ou de forma *offline*, a partir de sugestões para intervenções humanas, em casos de intervenção imediata, ou sinalizando políticas públicas para ações estruturais de mais longo prazo.

A simbiose entre o gêmeo digital e suas representações físicas no meio ambiente compõe uma malha de automação, típica de sistemas **cibernético-físicos** (CPS). Essas estruturas de CPS, quando habilitadas por IoT, permitem que um gêmeo digital se integre com malhas de automação de outros gêmeos digitais e componha malhas de automação distribuídas, complexas e em larga escala para gestão do meio ambiente. Essa integração em escala pode utilizar ambientes de computação em nuvem (*cloud computing*), principalmente quando processamento e armazenamento de alto desempenho precisam ser compar-

tilhados pelos gêmeos digitais.

Ações Propostas

Ação 1: Política nacional voltada para tecnologias digitais de assistência ao combate de mudança climática

Os grupos no Brasil estão avançando em projetos de aplicação, desenvolvimento e suporte às tecnologias digitais. Entretanto, esse avanço ainda acontece sem uma integração coerente de esforços. Políticas nessa área podem ser bem eficazes, pois a tecnologia ajuda, mas políticas bem formuladas são fundamentais. É importante o debate amplo desse tipo de visão e estratégia pela sociedade brasileira, em especial pelos especialistas, incluindo as áreas da computação do país, para a definição de uma política nacional de tecnologias digitais para o meio ambiente.

As atividades propostas nesta ação são: (i) definir indicadores regionais, alinhados aos globais, relacionados ao desenvolvimento, implantação e uso de tecnologias digitais; (ii) fomentar editais estratégicos ligados ao tema meio ambiente, promovendo a sustentabilidade financeira para projetos de longo-prazo; (iii) fomentar a colaboração internacional; e (iv) criar um Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT) na área de tecnologias digitais para o meio ambiente, com o papel de integração transdisciplinar.

Ação 2: Possibilitar Espaço para a Ciência Aberta

A Ciência Aberta [3], na forma da comunicação aberta dos resultados, de hipóteses e de opiniões, pode ajudar a estabelecer práticas que potencializem a

integração de esforços brasileiros na área ambiental. As atividades propostas nesse contexto são: (i) promover atividades de governança, incluindo o beneficiamento dos dados (rotulagem, representação, limpeza e validação); (ii) padronizar e ampliar a coleta de dados na área ambiental, obtidos por diferentes tecnologias de sensores e Internet das Coisas; (iii) promover dados e interfaces de sistemas abertos (incluindo código aberto), e (iv) estabelecer modelos de transparência auditáveis para dados e sistemas.

Ação 3: Criar fórum integrador e transdisciplinar (HUB)

O Brasil conta com especialistas em meio ambiente e em tecnologias digitais para o meio ambiente com muita experiência em atividade no país. A SBC, por meio do seu workshop WCAMA ³, ainda que na escala e escopo da computação, tem contribuído com o debate interdisciplinar ao possibilitar que ambientalistas proponham desafios ao público de computação. O que se observa é a necessidade de ampliar a articulação entre esses especialistas.

As atividades propostas para esta ação são: (i) criar estrutura de formação inter/multi/transdisciplinar para capacitação de pessoas, recorrendo aos programas de pós-graduação; (ii) estabelecer diretrizes curriculares como estratégia para aumentar a capacidade de inovação do país; (iii) ampliar as cotutelas internacionais para a formação de pesquisadores provendo a troca de conhecimento em duas vias; (v) desenvolver mecanismos de compartilhamento de recursos com-

³ <https://wcama.wordpress.com/>

putacionais, incluindo infraestrutura de computação de alto desempenho (por exemplo, aplicações de Inteligência Artificial) e laboratórios multiusuários; e (vi) avaliar e minimizar o impacto ambiental das tecnologias digitais em seu processo de fabricação, utilização e descarte.

Ação 4: Integração de sistemas (Twin Digital BR)

O intuito desta ação é promover a integração de sistemas de controle ambiental por meio de uma **infraestrutura lógica e de dados compartilhada**, tal como, por exemplo, um middleware de alto nível, permitindo a visualização, a simulação do planeta e a geração de alarmes a partir dos sistemas existentes, de forma totalmente distribuída. Nesse contexto surgem as iniciativas de integração de sistemas por meio do conceito de Gêmeo Digital Planetário [7,8], ajudando como um arcabouço para o debate de integração de sistemas técnicos.

Algumas das principais atividades propostas consistem em: (i) realizar o mapeamento de soluções existentes em diferentes temáticas, identificando os desafios de integração dessas soluções; (ii) elencar ações, discutir uma padronização e integração com uma camada Twin BR que contemple os desafios relativos à sustentabilidade ambiental; (iii) desenvolver um middleware aberto que integre atuais e futuras soluções de sistemas para sustentabilidade ambiental.

Ação 5: Promover a modelagem de sistemas ambientais por múltiplos meios que contemple abordagens matemáticas, computacionais e da Inteligência Artificial

Os modelos de IA, especialmente os modelos baseados em técnicas de aprendizado de máquina, têm alcançado o estado da arte em diversas aplicações, incluindo aplicações ambientais. Devido a esse sucesso, existe uma expectativa sobre a possibilidade de implantação da IA Rígida (*Hard AI*) [10]. O termo IA Rígida relaciona-se à pergunta: os sistemas ambientais tradicionais em alguma ou em todas as escalas temporais poderiam ser substituídos por soluções de IA? A nossa expectativa com esta ação está muito mais relacionada à noção de IA Suave (*Soft AI*), que busca melhorar a eficiência e mesmo a eficácia de sistemas ambientais existentes e a serem desenvolvidos.

As atividades propostas são: (i) promover a capacitação interdisciplinar de pesquisadores com ênfase em otimização de modelos; (ii) promover atividades de popularização do uso de técnicas e de modelos de IA explicáveis; (iii) promover a prática da computação verde, ou computação ambientalmente sustentável; (iv)

estabelecer métricas para avaliar a viabilidade de substituição e/ou complementação de sistemas ambientais mais clássicos, como os modelos numéricos, por modelos de IA.

Considerações Finais

Muitas são as oportunidades para mobilizar comunidades de especialistas, incluindo os membros da SBC, na integração de esforços para aplicação de tecnologias digitais em projetos voltados ao meio ambiente. Este artigo apresentou um resumo do documento **Tecnologias Digitais para o Meio Ambiente: Manifesto SBC**, que traça um cenário na forma de uma visão de longo prazo, com princípios, desafios e proposta de ações tanto na forma de incentivo a uma política nacional alicerçada nos pilares da ciência aberta e integração transdisciplinar de esforços nacionais, bem como, no pilar de integração técnica de sistemas por meio da proposta do Twin Digital BR, integrando tecnologias habilitadoras IoT, HPC e IA.

Referências

- [1] Nativi S, Mazzetti P, Craglia M. Digital Ecosystems for Developing Digital Twins of the Earth: The Destination Earth Case. *Remote Sensing*. 2021; 13(11):2119. <https://doi.org/10.3390/rs13112119>
- Arias, P.A. et al. *Climate Change 2021 (Technical Summary): The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2021, pp. 33–144. doi:10.1017/9781009157896.002
- Medeiros, C. *Ciência Aberta - Colaboração sem barreiras para o avanço do conhecimento*. SBC Computação Brasil (O Papel da Computação na Ciência Aberta), Número 46, Dezembro 2021. https://www.sbc.org.br/images/flippingbook/computacaobrasil/computa_46/pdf/CompBrasil_46.pdf
- UNESCO. *Recommendation on Open Science*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris, France, 2021. Document SC-PCB-SPP/2021/OS/UROS: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379949.locale=en>
- UNESCO. *Preliminary study of the technical, financial and legal aspects of the desirability of a UNESCO recommendation on Open Science*. In UNESCO General Conference, 40th, 2019. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000370291>

6. Wilkinson, M., Dumontier, M., Aalbersberg, I. et al. The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. *Sci Data* 3, 160018 (2016). <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18>
7. Bauer, P., Dueben, P.D., Hoefler, T. et al. The digital revolution of Earth-system science. *Nature Computational Science* 1, 104–113 (2021). <https://doi.org/10.1038/s43588-021-00023-0>
8. Royal Society. Digital technology and the planet: Harnessing computing to achieve net zero. The Royal Society, 2020. ISBN 978-1-78252-501-1. <https://royalsociety.org/-/media/policy/projects/digital-technology-and-the-planet/digital-technology-and-the-planet-report.pdf>
9. B. R. Barricelli, E. Casiraghi and D. Fogli. A Survey on Digital Twin: Definitions, Characteristics, Applications, and Design Implications, in *IEEE Access*, vol. 7, pp. 167653-167671, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2953499.
10. Chantry M, Christensen H, Dueben P, Palmer T. Opportunities and challenges for machine learning in weather and climate modelling: hard, medium and soft AI. *Phil.Trans.R.Soc. A379: 20200083*, 2021. <https://doi.org/10.1098/rsta.2020.0083>
11. Bauer, P., Stevens, B. & Hazeleger, W. A digital twin of Earth for the green transition. *Nature Climate Change*. 11, 80–83 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41558-021-00986-y>
12. Força-Tarefa da SBC Digital Twin BR: a computação para o planeta. Outubro, 2021. <https://www.sbc.org.br/institucional-3/cartas-abertas/send/93-cartas-abertas/1369-forca-tarefa-digital-twin-br>



MARCELO RITA PIAS é Professor Adjunto no Centro de Ciências Computacionais (C3) da Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Obteve o título de PhD em Ciência da Computação pela University College London (UCL), Reino Unido, onde trabalhou posteriormente como pesquisador no Departamento de Computação na Universidade de Cambridge. Esse trabalho foi complementado com um estágio pos-doc industrial na INTEL Research Labs. Tem interesse de pesquisa nas áreas de sensores inteligentes, IA embarcada e sistemas distribuídos.



RAIMUNDO JOSÉ DE ARAÚJO MACÊDO é Professor Titular do DCI/IC da Universidade Federal da Bahia (UFBA). Presidente da SBC, eleito em 2019 (biênio 2019-2021), re-eleito em 2021 (biênio 2021-2023). Graduação na UFBA (1982), mestrado na Universidade Estadual de Campinas - Unicamp (1986) e doutorado na University of Newcastle Upon Tyne, Inglaterra (1994). Fundador, em 1995, e atual coordenador, do Laboratório de Sistemas Distribuídos (LaSiD/UFBA). Foi proponente e coordenador de três programas de pós-graduação pela UFBA: Sistemas Distribuídos, Ciência da Computação e Mecatrônica. Pesquisador visitante no IRISA/França (1997, 2000, 2002 e 2011) e na Universidade de Lisboa/Portugal (2008). Membro eleito do “board” da IFIP (International Federation for Information Processing) de 2015 a 2021 e do comitê diretivo do CLEI (Centro Latinoamericano de Estudios en Informática) de 2011 a 2016. Membro do Conselho Universitário Matriz e Pró-Reitor de Tecnologias da Informação e Comunicação da Universidade Federal do Sul da Bahia de 2013 a 2017.



ESTEBAN CLUA é Professor do Instituto de Computação da Universidade Federal Fluminense e atua nas áreas de Computação Gráfica, Jogos Digitais, Realidade Virtual e Visão Computacional. É pesquisador 1D do CNPq e Cientista do Estado pela FAPERJ. Possui mais de 60 artigos publicados em periódicos e mais de 200 em conferências.



MARILTON SANCHOTENE DE AGUIAR é Professor Associado na Universidade Federal de Pelotas no âmbito dos Cursos de Graduação em Ciência e Engenharia de Computação e, também, do Programa de Pós-Graduação em Computação. Sua pesquisa tem se focado em aplicações de Inteligência Artificial na resolução de problemas ambientais e da saúde.



PEDRO RIBEIRO DE ANDRADE NETO é Tecnologista Sênior do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e professor dos programas de pós-graduação em Computação Aplicada e Ciência do Sistema Terrestre do instituto. Suas áreas de pesquisa são geoinformática, modelagem ambiental, simulação social e comunicação científica. Lidera o desenvolvimento tecnológico das plataformas AdaptaBrasil e TerraME.



ALIRIO SANTOS DE SÁ é doutor em Ciência da Computação e professor do Departamento de Computação Interdisciplinar (DCI) da Universidade Federal da Bahia (UFBA). Atualmente, é coordenador do Programa de Pós-Graduação em Mecatrônica da UFBA (PPGM/UFBA). Pesquisador do Laboratório de Sistemas Distribuídos da UFBA (LaSiD/UFBA), onde investiga a construção de sistemas mecatrônicos distribuídos, caracterizados por dispositivos com habilidades computacionais embarcadas, interligados a partir de redes de comunicação diversas, em aplicações críticas e de tempo real, tais como: sistemas de transporte inteligentes, sistemas de monitoramento e vigilância baseados em drones, sistemas integrados de automação industrial etc.



EULANDA M. DOS SANTOS é professora e pesquisadora do Instituto de Computação (IComp) da Universidade Federal do Amazonas. Atua na área de aprendizagem de máquina e visão computacional. É docente do Programa de Pós-Graduação em Informática (PPGI-UFAM), orientando alunos de Mestrado e de Doutorado. Atua também em projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação.



JOSÉ LAURINDO CAMPOS DOS é graduado em Engenharia Modalidade Construção Civil pelo Instituto de Tecnologia do Amazonas (1984), mestre em Ciência da Computação pela Universidade Federal da Paraíba (1988) e doutor em Ciência da Computação - Universidade de Twente e Instituto Internacional de Pesquisa Aeroespacial e Observação da Terra - ITC, (2003) – the Netherlands.



LUBIA VINHAS é pesquisadora sênior no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). É doutora em geoinformática pelo INPE, docente do curso de Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada (CAP-INPE). Foi Coordenadora-Geral de Observação da Terra e atualmente é coordenadora do projeto Base de Informações Georreferenciadas.



ARTIGO

MUDANÇAS CLIMÁTICAS E TECNOLOGIAS DIGITAIS: A PARTICIPAÇÃO DA SBC NOS ESFORÇOS INTERNACIONAIS DA IFIP

POR

Raimundo José de Araújo Macêdo, Marcelo Rita Pias
macedo@ufba.br, mpias@furg.br

Atendendo a um apelo das Nações Unidas, que em seu Objetivo de Desenvolvimento Sustentável número 13 estabelece medidas urgentes para combater as mudanças climáticas e seus impactos na sociedade, a Federação Internacional de Processamento de Informação (IFIP) criou uma nova Força-Tarefa para identificar os principais desafios e oportunidades do uso de tecnologias digitais no combate às mudanças climáticas e seus impactos. A SBC foi convidada para liderar essa Força-Tarefa,

entre outras razões, devido à publicação do Manifesto intitulado “Tecnologias Digitais para o Meio Ambiente”, aprovado na Assembleia Geral da SBC em agosto de 2022. Este artigo descreve as motivações e objetivos dessa Força-Tarefa.

Motivações

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas estabelecem a visão de proteção do meio ambiente e do clima, na busca de paz e prosperidade para todos. Em particular, o ODS 13 con-

templa medidas urgentes para combater as mudanças climáticas e seus impactos na sociedade. A Conferência das Nações Unidas sobre as Alterações Climáticas (COP 27) reafirma os compromissos assumidos, criando um quadro de metas concretas para fazer face às alterações climáticas, com o ambicioso objetivo de limitar o aumento da temperatura média da Terra a no máximo de 1,5°C, quando comparada ao período pré-industrial.

As tecnologias digitais ou da computação são fortes aliadas para o cumprimento de tais compromissos. Para isso, é fundamental o desenvolvimento integrado de tecnologias que permitam processos mais eficientes para coletar, organizar e compartilhar informações sobre diferentes aspectos da vida no planeta. Tecnologias digitais, tais como gêmeos digitais, IA, sistemas ciberfísicos (do inglês, cyber-physical systems), Internet das Coisas (IoT), entre outras, permitem modelos digitais de alta precisão para apoiar a gestão ambiental. Por exemplo, a iniciativa Destination Earth na Europa visa criar um modelo digital de alta precisão da Terra, oferecendo uma plataforma de colaboração para promover boas práticas e compartilhamento de informações em apoio a políticas públicas ambientais (Destination Earth, 2021).

Fundada em 1960 sob os auspícios da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), a Federação Internacional para Processamento de Informação (IFIP) integra sociedades nacionais de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC). Dada sua natureza global e

aderente aos ideais das Nações Unidas, a IFIP oferece um ambiente propício para ações integradoras ao nível planetário.

Ao longo das décadas, a SBC tem desempenhado um papel ativo em diversas iniciativas promovidas pela federação. Sua participação abrange desde a participação em comitês técnicos, grupos de trabalho e conferências científicas, até na organização geral da federação (Relatório de Atividades da SBC para a Reunião da IFIP, 2022). Entre essas atividades, a SBC está à frente de uma Força-Tarefa recém-criada para abordar os desafios e oportunidades das tecnologias digitais para combater as mudanças climáticas e seus impactos (IFIP Moves on Climate Change, 2023). O envolvimento da SBC nessa Força-Tarefa é justificado e motivado pelo lançamento do Manifesto intitulado “Tecnologias Digitais para o Meio Ambiente”, aprovado na Assembleia Geral da SBC, em agosto de 2022 (Congresso Anual da SBC, 2022).

A nova força-tarefa se beneficiará de várias ações tradicionais da IFIP. Em especial, o Comitê Técnico TC09 da IFIP visa tratar a relação entre as TIC e a sociedade; dessa forma, suas preocupações incluem muitas questões relacionadas a mudanças climáticas. Especificamente, o Grupo de Trabalho WG 9.9 do TC09 aborda as TIC e o desenvolvimento sustentável. Além do TC09, grupos de trabalho de outros comitês técnicos também abordam tecnologias facilitadoras ou conhecimentos específicos com potencial para serem aplicados no desenvolvimento de sistemas e soluções para lidar com as mudanças

climáticas. Podemos mencionar alguns desses comitês, como: TC12 - Inteligência Artificial; TC10 - Tecnologias de Sistemas Computacionais; TC06 - Comunicações; TC05 - Aplicações de Tecnologia da Informação; TC07 - Modelagem e Otimização de Sistemas; TC08 - Sistemas de Informação; e TC02 - Software: Teoria e Prática; dentre outros. Um bom exemplo é o grupo de trabalho WG 12.11 que trata especificamente de IA para Energia e Sustentabilidade. Por fim, o TC03 - Educação, tem papel fundamental na discussão dessas questões tecnológicas sustentáveis nos sistemas educacionais de todo o mundo.

Objetivos da Força-Tarefa

O objetivo geral da Força-Tarefa é identificar desafios e oportunidades da utilização das tecnologias digitais para combater as mudanças climáticas e seus impactos, incluindo recomendações técnicas e atividades para o envolvimento da comunidade global, projetos relevantes e eventos.

A Força-Tarefa irá interagir com as sociedades científicas nacionais, comitês técnicos e grupos de trabalho da IFIP a fim de:

- identificar o escopo do trabalho a ser alcançado, incluindo desafios específicos de mudança climática, oportunidades e potenciais tecnologias digitais que podem ser usadas para enfrentar esses desafios;
- propor recomendações que abranjam soluções técnicas, capacitação humana e esforços de integração;

- identificar os impactos da fabricação, consumo e descarte de tecnologias digitais nas mudanças climáticas e propor ações globais que minimizem tais impactos;
- realizar atividades de divulgação para o envolvimento da comunidade global, incluindo projetos e eventos relevantes; e,
- promover práticas de ciência aberta em iniciativas e projetos na área.

Membros da Força-Tarefa:

- Raimundo J de A Macêdo, presidente da SBC e da Força-Tarefa;
- David Cook, vice-presidente da Australian Computer Society;
- David Kreps, Universidade Nacional da Irlanda, IFIP TC09 Chair;
- Gülgün Kayakutlu, Istanbul Technical University, IFIP WG12.11 Chair;
- Liwan Liyanage, Escola de Computação, Dados e Ciências Matemáticas, Western Sydney University, Austrália;
- John Higgins, ex-presidente imediato da British Computer Society;
- Marcelo Pias, Centro de Ciências da Computação da Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Secretário-Geral da Força-Tarefa;
- Otthein Herzog, Universidade de Bremen, Alemanha;
- Yuko Murayama, Instituto de Matemática e Ciência da Computação, Universidade de Tsuda, Japão. Past chair IFIP WG 5.15 – Tecnologia da Informação na Redução do Risco de Desastres.

A Força-Tarefa foi planejada em três atividades principais: um exercício de delimitação de escopo, considerando que o espaço a explorar é muito diversificado; estabelecimento de recomendações técnicas, como soluções baseadas em tecnologias digitais e capacitação; e, por fim, promoção de projetos em áreas de aplicação chave, como, por exemplo, em economia circular. A Força-Tarefa pretende concluir o seu trabalho em um ano e encontra-se atualmente no final da fase de delimitação de escopo.

No decorrer das discussões da fase de delimitação de escopo, os membros da Força-Tarefa identificaram temas comuns, incluindo padrões de sistemas e

dados, gêmeos digitais, eventos, diretrizes, políticas e gerenciamento de desastres. A fim de obter uma perspectiva mais abrangente dos participantes da IFIP, que incluem comitês técnicos e sociedades integrantes da federação, a Força-Tarefa elaborou um breve questionário abordando a convergência entre a tecnologia digital e os desafios das mudanças climáticas. As respostas coletadas por meio deste questionário ajudarão na elaboração do documento que marcará o encerramento da fase de delimitação de escopo, prevista para junho de 2023.

A finalização dos trabalhos da Força-Tarefa está prevista para fevereiro de 2024.

Referências:

1. IFIP Moves on Climate Change, IFIPnews, Janeiro de 2023. Disponível em: <<https://www.ifipnews.org/ifip-moves-on-climate-change/>>. Acesso em: 15/03/2023.
2. Tecnologias Digitais para o Meio Ambiente: Manifesto SBC, agosto de 2022. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/livros/index.php/sbc/catalog/book/104>>. Acesso em: 15/03/2022.
3. Congresso Anual da SBC, Niterói, agosto de 2022. Vídeo da assembleia disponível em: <<https://www.youtube.com/live/oqG-3NVI5EM?feature=share>>. Acesso em: 15/03/2023.
4. Destination Earth, January 2021. Disponível em: <<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/destination-earth>>. Acesso em: 15/03/2023.
5. Relatório de Atividades da SBC para o Período de agosto de 2021 a Julho de 2022 para a Reunião da IFIP. Setembro, 2022. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/livros/index.php/sbc/catalog/book/115>>. Acesso em: 15/03/2023.



RAIMUNDO JOSÉ DE ARAÚJO MACÊDO é Professor Titular do DCI/IC da Universidade Federal da Bahia (UFBA). Presidente da SBC, eleito em 2019 (biênio 2019-2021), re-eleito em 2021 (biênio 2021-2023). Graduação na UFBA (1982), mestrado na Universidade Estadual de Campinas - Unicamp (1986) e doutorado na University of Newcastle Upon Tyne, Inglaterra (1994). Fundador, em 1995, e atual coordenador, do Laboratório de Sistemas Distribuídos (LaSiD/UFBA). Foi proponente e coordenador de três programas de pós-graduação pela UFBA: Sistemas Distribuídos, Ciência da Computação e Mecatrônica. Pesquisador visitante no IRISA/França (1997, 2000, 2002 e 2011) e na Universidade de Lisboa/Portugal (2008). Membro eleito do "board" da IFIP (International Federation for Information Processing) de 2015 a 2021 e do comitê diretivo do CLEI (Centro Latinoamericano de Estudios en Informática) de 2011 a 2016. Membro do Conselho Universitário Matriz e Pró-Reitor de Tecnologias da Informação e Comunicação da Universidade Federal do Sul da Bahia de 2013 a 2017.



MARCELO RITA PIAS é Professor Adjunto no Centro de Ciências Computacionais (C3) da Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Obteve o título de PhD em Ciência da Computação pela University College London (UCL), Reino Unido, onde trabalhou posteriormente como pesquisador no Departamento de Computação na Universidade de Cambridge. Esse trabalho foi complementado com um estágio pos-doc industrial na INTEL Research Labs. Tem interesse de pesquisa nas áreas de sensores inteligentes, IA embarcada e sistemas distribuídos.

Associe-se ou renove sua associação

Continue fortalecendo a nossa Sociedade e usufrua dos privilégios de fazer parte da maior Sociedade de Computação da América Latina!

Valores:

- Efetivo/Fundador: R\$ 336,48
- Professora e Professor da Educação Básica: R\$ 118,18
- Estudante de Pós-graduação: R\$ 118,18
- Estudante: R\$ 28,94
- Institucional: R\$ 3.235,67

**PARA SE ASSOCIAR OU RENOVAR ACESSE
CENTRALDESISTEMAS.SBC.ORG.BR/MOM**

Para mais informações, estamos disponíveis no e-mail sbc@sbc.org.br ou no telefone (51) 99252-6018 (também WhatsApp).





Sociedade Brasileira
de Computação

sbc.org.br