



MARINHA DO BRASIL
INSTITUTO DE ESTUDOS DO MAR ALMIRANTE PAULO MOREIRA
UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
PROGRAMA ASSOCIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM BIOTECNOLOGIA MARINHA
PPGBM IEAPM/UFF

LUDMILA RODRIGUES TRAVASSOS

Ferramenta Interativa e Colaborativa:
Um agregador sobre espécies marinhas
www.especies.info

ARRAIAL DO CABO / RJ
2025

Ludmila Rodrigues Travassos

**Ferramenta Interativa e Colaborativa:
Um agregador sobre espécies marinhas
www.especies.info**

Dissertação apresentada ao Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira e à Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Biotecnologia Marinha.

Orientador: Professor Cmt Dr. Sávio H. Calazans

ARRAIAL DO CABO / RJ

2025

Biblioteca do IEAPM

T779f Travassos, Ludmila Rodrigues

Ferramenta interativa e colaborativa: um agregador sobre espécies marinhas, www.especies.info / [por] Ludmila Rodrigues Travassos.-- Arraial do Cabo: IEAPM/UFF, 2025.

88 f.: il.; 30 cm.

Orientador: Sávio Henrique Calazans Campos.

Dissertação (Mestrado em Biotecnologia Marinha) - Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira e Universidade Federal Fluminense - IEAPM/UFF, Programa Associado de Pós-Graduação em Biotecnologia Marinha, Arraial do Cabo, 2025.

Inclui bibliografias.

1. Conservação ambiental. 2. Tecnologias digitais. 3. Plataforma continental I.Campos, Sávio Henrique Calazans. II. Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira. III. Universidade Federal Fluminense. IV. Título.

CDD: Ed. 22 -- 660.6

Ludmila Rodrigues Travassos

**Ferramenta Interativa e Colaborativa:
Um agregador sobre espécies marinhas
www.especies.info**

Dissertação apresentada ao Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira e a Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Biotecnologia Marinha.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Cmt. Dr. Sávio H. Calazans (Presidente)

PPGBM/IEAPM/UFF – Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira

Prof. Dr. Carlos Eduardo Leite Ferreira (Membro Interno)

PPGBM/UFF – Universidade Federal Fluminense

Prof. Dr. José Eduardo Arruda Gonçalves (Membro Externo)

IEAPM/UFF – Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira

Prof. Cmt. Dr. Rogério de Moraes Calazan (Membro Externo)

PPGAS/IEAPM/UFF – Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira

Prof. Dra. Daniela Batista (Suplente)

IEAPM/UFF – Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira

Arraial do Cabo, 25 de fevereiro de 2025



MARINHA DO BRASIL
INSTITUTO DE ESTUDOS DO MAR ALMIRANTE PAULO MOREIRA - IEAPM
UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE - UFF
PROGRAMA ASSOCIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA MARINHA - PPGBM

ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 64

DISSERTAÇÃO PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
MESTRE EM BIOTECNOLOGIA MARINHA

Ao vigésimo quinto dia do mês de fevereiro do ano de dois mil e vinte e cinco, às nove horas, pelo Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia Marinha, em Arraial do Cabo - RJ realizou-se, de forma remota, a prova de Defesa de Dissertação, intitulada: "Ferramenta interativa e colaborativa: um agregador sobre espécies marinhas" de autoria da mestrand **Ludmila Rodrigues Travassos**, aluna do Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia Marinha, em nível de Mestrado. A Banca Examinadora esteve constituída pelos professores: Dr. Sávio Henrique Calazans Campos – Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira (IEAPM) – Presidente, Dr. Carlos Eduardo Leite Ferreira – Universidade Federal Fluminense (UFF) – Membro Interno, Dr. José Eduardo Arruda Gonçalves – Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira (IEAPM) – Membro Externo, Dr. Rogério de Moraes Calazan – Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira (IEAPM) – Membro Externo, Dra. Daniela Batista – Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira (IEAPM) – Suplente. Concluídos os trabalhos de apresentação e arguição, a candidata foi aprovada pela Banca Examinadora. Foi concedido um prazo de 30 dias para a candidata efetuar as correções sugeridas pela Banca Examinadora, apresentar o trabalho em sua redação definitiva, atender ao requisito de publicação estabelecido nas normas do PPGBM e entregar a documentação necessária para a elaboração do diploma. E, para constar, foi lavrada a presente ata, que vai assinada pelos membros da Banca e pela candidata.

Dr. Sávio Henrique Calazans Campos (IEAPM)

Documento assinado digitalmente
gov.br SAVIO HENRIQUE CALAZANS CAMPOS
Data: 06/03/2025 17:54:43-0300
Verifique em <https://validar.itu.gov.br>

Dr. Carlos Eduardo Leite Ferreira (UFF)

Documento assinado digitalmente
gov.br CARLOS EDUARDO LEITE FERREIRA
Data: 06/03/2025 18:17:16-0300
Verifique em <https://validar.itu.gov.br>

Dr. José Eduardo Arruda Gonçalves (IEAPM)

Dr. Rogério de Moraes Calazan (IEAPM)

Dra. Daniela Batista (IEAPM)

Assinatura da Candidata:

Av. Luiz Correia, 08 - Prédio Amazônia Azul.

Praia dos Anjos – Arraial do Cabo – RJ – CEP: 28.930-000
TEL.: (22) 2622-9020

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pelo privilégio de cuidar da Sua criação. Como está escrito na Bíblia, foi-nos confiada a missão de "cultivar e guardar" desde o jardim do Éden, (Gênesis 2:15), comissionando nossa responsabilidade com a preservação e conservação do mundo natural. Em Gênesis 2:19, recebemos o chamado de organizar e classificar os seres vivos, sendo este, um propósito que me inspira e orienta no trabalho científico. Dedico também a todos que compartilham dessa fé e propósito.

Dedico à minha família, cujo apoio incondicional e encorajamento constante foram essenciais ao longo desta jornada. Sem a compreensão, o amor e o carinho deles, esta realização não teria sido possível.

Agradeço ao meu orientador, Capitão de Corveta PhD Dr. Sávio Calazans, pelo apoio técnico indispensável durante todo o processo. Sua orientação, liderança visionária e incentivo foram fundamentais para o desenvolvimento desta pesquisa, servindo como fonte constante de inspiração ao longo desta jornada acadêmica.

Agradeço profundamente a todos que contribuíram para este levantamento de dados por órgãos de gestão, comunidades tradicionais, operadores de turismo e pesquisadores. Suas valiosas colaborações foram essenciais para a realização deste estudo e para os resultados aqui apresentados.

Expresso também minha gratidão ao “Núcleo de Pesquisa Haplótipos Científicos” pela parceria, e desejo que continuemos a abrir novos caminhos e perspectivas em prol da biotecnologia.

EPÍGRAFE

“O Senhor Deus colocou o homem no jardim do Éden para o CULTIVAR e TOMAR CONTA DELE; (...) para ver que nome lhes daria; e o NOME QUE ELE DESSE A TODOS OS SERES VIVOS, esse seria o nome deles.” BÍBLIA. NAA: Bíblia Sagrada, Nova Almeida Atualizada. 3. ed. São Paulo: Sociedade Bíblica do Brasil, 2017. Gênesis 2:15,19.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	5
EPÍGRAFE.....	6
RESUMO	7
ABSTRACT	9
INTRODUÇÃO	10
OBJETIVOS.....	14
Objetivo geral	14
Objetivos específicos	14
MATERIAIS E MÉTODOS	15
CONSTRUÇÃO DA FERRAMENTA	15
REGISTROS DE OCORRÊNCIAS	21
BANCO DE DADOS	25
CONTROLE DE ACESSO	30
GESTÃO DOS DADOS	33
DIVULGAÇÃO E INSTRUÇÃO	37
RESULTADOS.....	39
RESULTADOS DA CONSTRUÇÃO DA FERRAMENTA	39
RESULTADOS DO REGISTRO DE OCORRÊNCIAS	46
RESULTADOS SOBRE OS BANCO DE DADOS	51
RESULTADOS SOBRE AS FICHAS DE ESPÉCIES.....	54
RESULTADOS SOBRE A GESTÃO DOS DADOS	59
RESULTADOS DAS AÇÕES DE DIVULGAÇÃO E INSTRUÇÃO	62
DISCUSSÃO	67
CONCLUSÃO	72
PERSPECTIVA.....	74
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
APÊNDICES E ANEXOS	81
Anexo 01 - Planilha espelhada de Registro de Ocorrências -	81
Anexo 02 - Contribuições do Fórum.....	82
Anexo 03 - Ficha de Espécies com planilha espelhada -	82
Anexo 04 - Carta de Anuência ICMBio - Apoio à Pesquisa.....	83
Anexo 05 - Cartão com QRCode de ingresso na ferramenta.	85
Anexo 06 - [add+Espécies] Adicionar novas Espécies Monitoradas	85
Anexo 07 - Registro de ações de divulgação	85
Anexo 08 - Alcance da ferramenta.....	87
Anexo 09 - Formulário Validar	89
Anexo 10 - Formulário de Registro de Ocorrências	89

RESUMO

A crescente complexidade dos dados ambientais e a dispersão das informações representam desafios significativos para a conservação da biodiversidade marinha. Este estudo identificou possibilidades para otimizar a coleta, integração e análise de dados ambientais. Visando a melhoria do monitoramento marinho, buscamos como objetivo principal, construir uma ferramenta interativa e colaborativa para integrar informações dispersas, com foco no monitoramento de espécies marinhas, especialmente as invasoras. Especificamente, buscamos: (1) Construir uma ferramenta digital que viabilize o registro de ocorrências com o armazenamento de dados, desenvolvendo mecanismos para o monitoramento de espécies marinhas exóticas, invasoras ou ameaçadas facilitando o engajamento da sociedade no registro de ocorrências de espécies. (02) Estruturar um banco de dados de registros de ocorrências georreferenciado das espécies monitoradas estabelecendo níveis de confiabilidade das informações. (03) Definir um fluxograma de funcionamento geral de participantes e suas contribuições. Foi desenvolvida uma ferramenta que permite a coleta de dados sistemática georreferenciados, com a validação por especialistas em interação entre usuários diversos com controle de acesso, de modo a atender às necessidades de gestores, pesquisadores e cidadãos, promovendo a ampliação da colaboração e a qualificação das informações sobre as espécies. O desenvolvimento de protocolos de validação de dados por especialistas aumentou a confiabilidade das informações e contribuiu para estratégias mais eficazes de manejo e controle ambiental. Este estudo busca contribuir para a integração de dados ambientais dispersos e promoção da colaboração entre diversos atores para enfrentar os desafios da conservação marinha. A ferramenta construída (www.especies.info) demonstrou um potencial de viabilizar atividades de coleta de dados e de promover a criação de uma rede colaborativa auxiliando no combate à bioinvasão e na gestão da biodiversidade marinha.

Palavras chave: Banco de dados; Ciência Cidadã; Monitoramento de espécies; Conservação; Espécie ameaçada.

ABSTRACT

The increasing complexity of environmental data and the dispersion of information pose significant challenges to marine biodiversity conservation. This study identified opportunities to optimize the collection, integration, and analysis of environmental data. Aiming to improve marine monitoring, the main objective was to develop an interactive and collaborative tool to integrate dispersed information, with a focus on monitoring marine species, particularly invasive ones. Specifically, we aimed to: (1) Develop a digital tool that enables the recording of occurrences with data storage, including mechanisms for monitoring exotic, invasive, or threatened marine species, while facilitating public engagement in species reporting. (2) Structure a georeferenced occurrence database of monitored species, establishing levels of information reliability. (3) Define a general workflow of participants and their contributions. A tool was developed that allows systematic georeferenced data collection, with expert validation, user interaction, and access control, designed to meet the needs of managers, researchers, and citizens. This promotes increased collaboration and improves the quality of information about species. The development of data validation protocols by experts enhanced the reliability of the information and contributed to more effective environmental management and control strategies. This study aims to contribute to the integration of dispersed environmental data and to foster collaboration among diverse stakeholders to address the challenges of marine conservation. The developed tool (www.especies.info) has demonstrated strong potential to enable data collection activities and foster the creation of a collaborative network, supporting the fight against bioinvasion and the management of marine biodiversity.

Keywords: Database; Bioinvasion; Citizen Science; Invasive species; Non-native species; Species monitoring; Conservation; Threatened species.

INTRODUÇÃO

A introdução de espécies invasoras representa uma ameaça crescente à biodiversidade, alterando dinâmicas ecológicas, reduzindo populações nativas e comprometendo serviços ecossistêmicos essenciais (Simberloff et al., 2020). Os impactos econômicos desses processos superam os 423 bilhões de dólares anuais (IPBES, 2019). Pyšek et al. (2020) alertam que as espécies exóticas invasoras representam uma das maiores ameaças à biodiversidade global, destacando seus impactos sobre os ecossistemas e serviços ecossistêmicos, a necessidade de cooperação internacional para mitigação, e a importância da participação social e científica no monitoramento e gestão desses organismos. A integração entre comunidades locais, pesquisadores e gestores, aliada ao uso de tecnologias geoespaciais, potencializa a coleta de dados para subsidiar políticas de conservação (HOBBS, 2000), especialmente em regiões de difícil acesso ou com recursos limitados (Newman et al., 2012).

No Brasil, a compreensão da dispersão de espécies marinhas invasoras tem avançado a partir de estudos aplicados que contribuem diretamente para o desenvolvimento de estratégias de controle ambiental. Calado et al. (2023), ao investigarem a dispersão larval do coral invasor *Tubastraea spp.*, evidenciam a importância do monitoramento contínuo como instrumento essencial para a gestão e contenção desses organismos no ambiente marinho. A Plataforma Intergovernamental sobre Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (IPBES, 2024) enfatiza a urgência da vigilância dessas espécies para preservar a biodiversidade e funções ecológicas, ressaltando que a dispersão pode ser influenciada por correntes oceânicas e atividades humanas (WORM, 2006).

A ciência cidadã integra conhecimento popular e acadêmico para fortalecer a pesquisa e a conservação da biodiversidade. Plataformas que envolvem a sociedade na coleta de dados têm impulsionado o conhecimento científico (SULLIVAN et al., 2009; BONNEY et al., 2014). A integração de tecnologias geoespaciais permite um fluxo contínuo de informações, favorecendo análises mais precisas sobre espécies marinhas. Entretanto, essas ferramentas enfrentam desafios como complexidade no uso, acessibilidade limitada, dificuldades na integração e atualização dos dados, além de problemas na validação das informações coletadas (SILVA et al., 2019; BONNEY et al., 2009). Entre outras observações, diferentes autores abordam fragilidades na

coleta de dados. Nos quadros abaixo (Tabela 01 e 02), podemos ter uma visão ampla sobre o estado da arte das tecnologias digitais aplicadas ao monitoramento de espécies invasoras, identificando lacunas e oportunidades para o avanço das pesquisas na área.

Tabela 01- Contribuições e desafios dos projetos de ciência cidadã destacados por diferentes autores, 2024.

Autor(es)	Ano	Contribuição	Desafios Identificados
Sullivan et al.	2009	Ciência cidadã no monitoramento marinho	Validação dos dados
Bonney et al.	2014	Engajamento da sociedade na coleta de dados	Acessibilidade e integração
Silva et al.	2019	Tecnologias geoespaciais para monitoramento ambiental	Complexidade no uso
Calado et al.	2023	Dispersão de espécies invasoras no Brasil	Necessidade de monitoramento contínuo

Fonte: elaborado pela autora, 2023.

Diante dos desafios da conservação marinha, ferramentas digitais que agregam dados ambientais destacam-se por ampliar a participação social via ciência cidadã. Essas ferramentas fortalecem a construção colaborativa do conhecimento ao viabilizar o monitoramento dos ecossistemas marinhos com dados de múltiplos atores. Observa-se que diferem na abrangência dos dados, na relevância para a conservação, na acessibilidade e no engajamento comunitário. A análise dessas soluções (Tabela 02) evidencia como as tecnologias digitais contribuem para a conservação marinha e para a democratização das informações ambientais.

Tabela 02- Ferramentas digitais conhecidas utilizadas em projetos de ciência cidadã: contribuições e desafios.

Ferramenta	Contribuição	Desafios	Referência
Reef Life Survey	Monitora a saúde dos recifes de coral, fornecendo dados detalhados	Requer treinamento extensivo e tem limitações de cobertura geoespacial	EDGAR et al., 2016
eOceans	Permite monitoramento contínuo de crises ambientais, como derramamentos de petróleo e poluição	Pode enfrentar desafios de integração com outras ferramentas	ALMAHASHEER et al., 2018
SiBBr	Integra dados de diversas fontes para pesquisa e gestão da biodiversidade marinha	Enfrenta desafios na integração e qualidade dos dados	BRASIL, 2022
iNaturalist	Documenta a biodiversidade marinha e permite novas descobertas	Pode apresentar imprecisões na identificação das espécies	CHANDLER et al. 2017
De Olho nos Corais	Documenta a biodiversidade marinha através de mergulhadores recreativos	Depende do engajamento e treinamento adequado	VIEIRA et al., 2020
Zooniverse	Utiliza crowdsourcing para classificar imagens submarinas, acelerando a análise de dados	A qualidade das classificações pode variar conforme a experiência dos voluntários	COX et al., 2019
Instituto Hórus	Monitora e controla a ação de espécies invasoras	Depende da participação ativa das comunidades e apresenta variabilidade na qualidade dos dados	SÜHS et al., 2024

Fonte: elaborado pela autora, 2023.

A análise das ferramentas digitais demonstra a importância da ciência cidadã e das tecnologias geoespaciais no monitoramento de espécies invasoras e na conservação marinha. Cada ferramenta oferece contribuições valiosas, mas também enfrenta desafios significativos. Algumas ferramentas, como o *Reef Life Survey* e o *iNaturalist*, destacam-se pela capacidade de coletar e sistematizar dados, embora demandem validação rigorosa para evitar imprecisões. Outras, como o *Zooniverse*, aceleram o processamento de informações por meio de inteligência coletiva, mas podem apresentar inconsistências devido à variabilidade na experiência dos voluntários (KASPEROWSKI; HILLMAN, 2018).

A integração de dados é outro desafio relevante. Ferramentas como o *SiBBr* visam consolidar múltiplas fontes de informação, mas enfrentam obstáculos na

padronização e atualização dos registros (BRASIL, 2012). Já ferramentas de monitoramento ambiental contínuo, como o *eOceans*, enfrentam barreiras técnicas na integração de dados de sensores e outras bases. Para superar os desafios atuais, é fundamental o desenvolvimento de ferramentas que combinem alta precisão na coleta e validação de dados com estratégias eficazes de engajamento da sociedade.

O Instituto Hórus, por meio de sua Base de Dados Nacional de Espécies Exóticas Invasoras, foi colaborador direto no estudo *Invasive non-native species in Brazil: an updated overview*, coordenado por pesquisadores brasileiros, que apontou a participação ativa de comunidades científicas e técnicos na atualização da lista de espécies invasoras no país (SÜHS et al., 2025). Essa participação coletiva evidencia tanto o valor da mobilização para monitoramento ambiental como os desafios associados à heterogeneidade da qualidade dos registros (HÓRUS; SÜHS et al., 2024).

Diante das limitações identificadas nas ferramentas existentes, como a falta de padronização, dificuldades de validação e ausência de integração eficiente entre os dados, tornou-se evidente a necessidade de uma solução digital mais robusta e adaptável. A proposta desta ferramenta nasce da intenção de suprir essas lacunas, oferecendo um ambiente capaz de organizar, validar e armazenar dados de forma acessível, segura e confiável. Ao articular elementos como georreferenciamento, participação colaborativa e controle técnico, a ferramenta busca não apenas otimizar o processo de coleta de dados, mas também democratizar o acesso e promover a confiabilidade científica das informações. Assim, o desenvolvimento de uma ferramenta que responda diretamente às críticas levantadas por diversos autores sobre os entraves enfrentados por sistemas anteriores, o presente estudo propõe um modelo funcional que prioriza qualidade, eficiência e aplicabilidade na conservação ambiental.

OBJETIVOS

Objetivo geral

Construir uma ferramenta digital interativa e colaborativa para integrar informações dispersas para levantamento de dados e monitoramento de espécies marinhas exóticas, invasoras e ameaçadas, e especialmente sobre suas ocorrências espaciais, construindo um banco de dados.

Objetivos específicos

01- Construir uma ferramenta digital que viabilize o registro de ocorrências com o armazenamento de dados, desenvolvendo mecanismos para o monitoramento de espécies marinhas exóticas, invasoras ou ameaçadas facilitando o engajamento da sociedade no registro de ocorrências de espécies.

02- Estruturar um banco de dados de registros de ocorrências georreferenciado das espécies monitoradas estabelecendo níveis de confiabilidade das informações para um modelo de utilidade.

03- Definir um fluxograma de funcionamento geral de participantes e suas contribuições.

MATERIAIS E MÉTODOS

A ferramenta digital foi estruturada para possibilitar um armazenamento sistemático e acessível de dados de ocorrências de espécies avistadas. O processo tem início com o registro de observações da presença de determinadas espécies registradas com informações geoespaciais, garantindo que as informações sejam documentadas em tempo otimizado. Os dados coletados são então organizados em uma planilha gerenciada por espécie através de uma ficha detalhada para sua identificação e monitoramento. A ferramenta incorpora um mecanismo de validação do registro de mapeamento espacial, no qual especialistas validam os dados antes de sua incorporação definitiva ao sistema, assegurando confiabilidade e consistência das informações. A gestão dos dados foi estruturada para oferecer segurança, acessibilidade e incorporar rotinas de backup diárias, com cópias armazenadas em nuvem e também em servidores físicos de apoio. A arquitetura digital proposta pode ser sintetizada nos seguintes componentes principais: (1) Servidor: Infraestrutura digital para o armazenamento e processamento dos dados. (2) Registro de Ocorrências: Módulo dedicado à inserção de novos registros na base de dados. (3) Banco de dados e ficha de espécies: Organização estruturada das informações sobre cada espécie documentada. (4) Gestão de dados e validação de registros: Mecanismos de verificação e controle de qualidade dos dados inseridos. (5) Procedimentos e fluxo de funcionamento: Definição das etapas operacionais e do fluxograma geral do sistema.

CONSTRUÇÃO DA FERRAMENTA

A ferramenta foi desenvolvida utilizando Wix Analytics, o qual permite integrar a linguagem Python para o funcionamento backend, sendo complementada com bibliotecas JavaScript como Chart.js (Chart.js, 2025) e D3.js (Bostock, Ogievetsky & Heer, 2011) as quais foram empregadas para a construção de visualizações interativas e dinâmicas da construção da ferramenta, com suporte metodológico para a implementação prática dessas visualizações seguiu as recomendações de Meyer et al. (2014; 2017) Garantindo a segurança no tráfego e transferência de informações, foram adotados os protocolos HTTPS e SFTP, conforme diretrizes de segurança da

web (RESCORLA, 2000; GUTMANN, 2004; MDN WEB DOCS, 2025), além das recomendações de boas práticas no desenvolvimento da ferramenta priorizando a separação clara de responsabilidades, a modularização do código, o princípio DRY (Don't Repeat Yourself) e possibilidade da adoção de APIs RESTful, visando garantir escalabilidade, interoperabilidade e facilidade de manutenção da aplicação propostas por Holovaty e Kaplan-Moss (2009). O uso do Wix veio a facilitar a gestão inicial dos dados e a construção de funcionalidades, sem exigir profundos conhecimentos técnicos dos desenvolvedores, como indicado por PATEL (2022). O Wix Data e o Velo by Wix oferecem flexibilidade e escalabilidade, permitindo a integração com bancos de dados relacionais como MySQL e PostgreSQL, conforme descrito na documentação oficial do Wix (WIX, 2025). Foi implementado um código JavaScript utilizando a biblioteca Leaflet para criar um mapa interativo que captura a localização das ocorrências por clique, preenchendo automaticamente os campos de latitude e longitude (Código 01).

Código 01: Código JavaScript implementado para a criação de um mapa interativo na ferramenta digital desenvolvida. A aplicação utiliza a biblioteca Leaflet para exibição do mapa e captura da localização geográfica por meio de interação do usuário (clique no mapa), preenchendo automaticamente os campos de latitude e longitude no formulário de registro. Os dados da ocorrência — incluindo localização, identificação da espécie e imagem — são enviados por meio de uma requisição HTTP do tipo *POST* para um serviço de API, viabilizando seu armazenamento e posterior utilização em banco de dados.

```
document.addEventListener("DOMContentLoaded", function () {
  var map = L.map('map').setView([-22.9068, -43.1729], 5);
  L.tileLayer('https://{s}.tile.openstreetmap.org/{z}/{x}/{y}.png').addTo(map);
  var marker;
  map.on('click', function (e) {
    if (marker) {
      map.removeLayer(marker);
    }
    marker = L.marker(e.latlng).addTo(map);
    document.getElementById("latitude").value = e.latlng.lat;
    document.getElementById("longitude").value = e.latlng.lng;
  });
  document.getElementById("occurrence-form").addEventListener("submit", function (e) {
    e.preventDefault();
    var formData = new FormData();
    formData.append("latitude", document.getElementById("latitude").value);
    formData.append("longitude", document.getElementById("longitude").value);
    formData.append("species", document.getElementById("species").value);
    formData.append("image", document.getElementById("image").files[0]);
    fetch("http://127.0.0.1:5000/api/register", {
      method: "POST",
      body: formData
    })
    .then(response => response.json())
    .then(data => {
      alert(data.message);
    });
  });
});
```

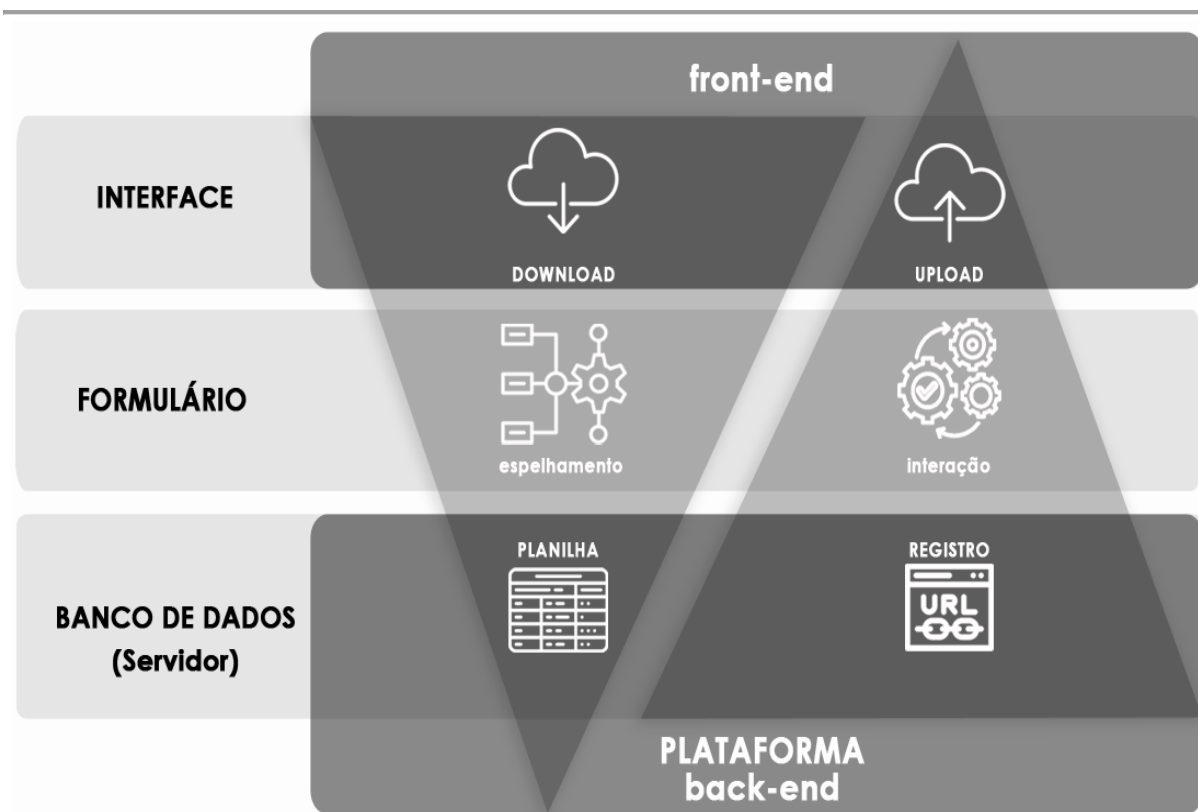
```
    })  
    .catch(error => {  
        console.error("Erro ao enviar dados: ", error);  
    });  
});  
});
```

Fonte: elaborado pela autora, 2024.

A adoção de programação no servidor Wix representou uma escolha estratégica voltada à eficiência na comunicação em tempo real com o banco de dados, permitindo a atualização dinâmica da interface do usuário sem a necessidade de recarregamento completo da página. Essa abordagem está alinhada com os princípios da engenharia de software ágil, que valorizam a entrega contínua de valor e a capacidade de responder rapidamente às mudanças (BECK et al., 2001). A interface da ferramenta foi desenvolvida com CSS Media Queries para adaptar-se a diferentes tamanhos de tela, especialmente dispositivos móveis, assegurando acessibilidade e legibilidade. Essa adaptação segue princípios de usabilidade que priorizam interfaces intuitivas, minimizando a curva de aprendizado e aumentando a produtividade do usuário, conforme descrito por Shneiderman (1986) em seus oito princípios da interação homem-computador, Norman (2013) em sua teoria da design centrado no usuário, Nielsen (2012) em suas heurísticas de usabilidade, e em métodos para avaliação da experiência do usuário.

A arquitetura (Figura 01) da ferramenta é destinada ao Registro de Ocorrências, descrevendo o fluxo de dados e a interação entre seus diversos componentes. No front-end, o usuário acessa o sistema por meio de uma interface, que oferece funcionalidades para o download e upload com interação de dados através dos formulários. O registro em formulário formaliza a ocorrência no sistema, onde os dados inseridos no front-end são enviados ao back-end implementado na plataforma Wix. O Wix Data funciona como banco de dados (servidor em nuvem), organizando os dados em coleções, enquanto o Velo by Wix oferece um ambiente backend em Javascript para processar, validar e armazenar essas informações em planilhas. Abaixo, é apresentada a integração entre as distintas camadas da ferramenta, desde a interface com o usuário até o armazenamento e organização dos dados, ressaltando a complexidade do sistema e a relevância de cada componente para o funcionamento adequado para a ação de Registro de Ocorrências.

Figura 01: Diagrama de arquitetura do sistema, ilustrando a interação entre os componentes front-end, back-end (servidor) e banco de dados, bem como o fluxo de dados entre eles.



Fonte: elaborado pela autora, 2023.

A usabilidade da ferramenta, entendida como a facilidade com que os usuários conseguem interagir de forma eficiente e satisfatória com o sistema (Nielsen, 2020), foi priorizada no design da interface, com atenção à organização visual e à intuitividade dos elementos. Segundo as Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web, acessibilidade envolve garantir que pessoas com diferentes capacidades possam perceber, operar, compreender e navegar com autonomia em plataformas digitais (W3C, 2018). Tais aspectos, usabilidade e acessibilidade, somadas à integração eficiente dos dados, contribuem para uma eficiência na coleta de dados do monitoramento de espécies, promovendo uma abordagem mais eficaz para a gestão de informações relevantes para a conservação da biodiversidade.

No intuito de fortalecer a identidade visual da ferramenta, foi desenvolvida uma marca com elementos figurativos e textuais. O logotipo, que apresenta a imagem de um peixe dentro de uma engrenagem e uma máscara de mergulho, simboliza a busca por conhecimento e exploração do ambiente marinho. As escolhas cromáticas e

tipográficas foram pensadas para gerar identificação com diversos públicos, desde especialistas até o público geral.

Complementando a estrutura técnica, a integração das bibliotecas Chart.js e D3.js ao Wix Analytics permitiu a criação de representações gráficas dinâmicas, facilitando a visualização e compreensão dos resultados. A utilização do framework Django, em conjunto com JavaScript, permitiu a implementação de validações automáticas tanto no cliente quanto no servidor, reduzindo inconsistências nos dados inseridos. Essa arquitetura favoreceu a integridade dos registros e a confiabilidade nas análises realizadas, como o cruzamento de informações por espécie, localidade e período. A visualização dinâmica, viabilizada por requisições assíncronas, também potencializou a colaboração entre os participantes e a validação cruzada das informações.

Para a implementação da camada de visualização geoespacial, realizou-se uma análise comparativa entre as principais bibliotecas de mapas web disponíveis, com foco em aspectos técnicos e funcionais relevantes ao contexto do projeto. Os critérios analisados (Tabela 03) incluíram a eficiência e leveza do código, o tipo de licenciamento (priorizando soluções de código aberto), a abrangência e clareza da documentação técnica, a flexibilidade para personalização dos elementos gráficos, bem como a compatibilidade nativa com bases cartográficas abertas, como OpenStreetMap. Esses parâmetros permitiram avaliar a adequação das ferramentas ao contexto de desenvolvimento local, com foco na acessibilidade, escalabilidade e integração com iniciativas de ciência cidadã.

Tabela 03: Comparativo entre bibliotecas de visualização geoespacial para aplicações digitais.

Critério de Avaliação	Leaflet.js	OpenLayers	Google Maps API	Mapbox GL JS
Licenciamento	Código aberto com licença BSD, permitindo uso e modificação livre sem custos.	Código aberto com licença BSD, mas de configuração complexa para usos específicos.	Licença proprietária com uso gratuito limitado, podendo gerar custos em alta demanda.	Código aberto com restrições comerciais, limitando seu uso em projetos públicos ou acadêmicos.
Complexidade de Uso e Implementação	Arquitetura modular e interface de fácil aprendizado, favorecendo rápida implementação e manutenção.	Complexidade técnica elevada, exigindo maior expertise para configuração e personalização.	Simplicidade na integração, mas com dependência da infraestrutura do Google e eventuais limitações.	Exige conhecimento avançado, o que torna a curva de aprendizado mais acentuada.
Desempenho e Leveza	Código leve (~40KB), adequado para aplicações web responsivas e dispositivos com recursos limitados.	Maior peso e consumo de recursos, podendo comprometer a performance em ambientes com restrições.	Moderado, balanceando funcionalidade e desempenho, porém dependente de rede e servidores externos.	Mais pesado (~600KB), demandando maior capacidade computacional e banda.
Personalização e Flexibilidade	Facilita a customização de marcadores, camadas e eventos para diversas necessidades.	Elevada flexibilidade, porém com maior complexidade na implementação das customizações.	Limitações na personalização sem uso de APIs pagas ou avançadas.	Alto nível de personalização, mas com maior esforço de desenvolvimento.
Compatibilidade com Bases Cartográficas	Integração nativa com mapas abertos, facilitando o uso de dados geoespaciais livres.	Suporte robusto a múltiplas fontes cartográficas, porém com configuração técnica complexa.	Integra-se principalmente com a infraestrutura do Google Maps, que é proprietária.	Suporte avançado a diversas fontes, com foco em mapas vetoriais e alta resolução.
Custo e Sustentabilidade	Gratuito e sustentável para uso acadêmico e público, sem restrições financeiras.	Gratuito, porém com maior custo de manutenção técnica devido à complexidade.	Possibilidade de custos significativos em caso de uso extensivo ou comercial.	Modelo freemium com limitações que podem gerar custos em larga escala.

Fonte: elaborado pela autora, 2023.

Dentre as bibliotecas analisadas, Leaflet.js destacou-se por sua arquitetura modular e código-fonte compacto, características que garantem desempenho otimizado mesmo em dispositivos com recursos limitados. Ademais, sua licença de código aberto sob BSD favorece a reutilização e adaptação sem custos adicionais, fator crítico para a viabilidade do projeto. A extensa documentação e o suporte de uma comunidade ativa contribuem para a rápida resolução de desafios durante o desenvolvimento. O Leaflet também permite a implementação simplificada de marcadores personalizados e a incorporação de links e imagens associados aos pontos georreferenciados, facilitando a interação do usuário com o conteúdo visualizado. Alternativas como OpenLayers apresentaram maior complexidade técnica e sobrecarga de recursos, configurando-se como soluções mais robustas, porém menos adequadas para interfaces que demandam leveza e facilidade de manutenção. Por sua vez, soluções proprietárias, como a API do Google Maps e o Mapbox GL JS, embora ofereçam funcionalidades avançadas, impõem restrições de uso e potenciais custos financeiros, o que contraria os objetivos de acessibilidade e sustentabilidade do projeto. Assim, a escolha do Leaflet.js fundamentou-se em sua capacidade de equilibrar eficiência, flexibilidade e custo, alinhando-se aos requisitos técnicos e às demandas de usabilidade inerentes à ferramenta desenvolvida.

REGISTROS DE OCORRÊNCIAS

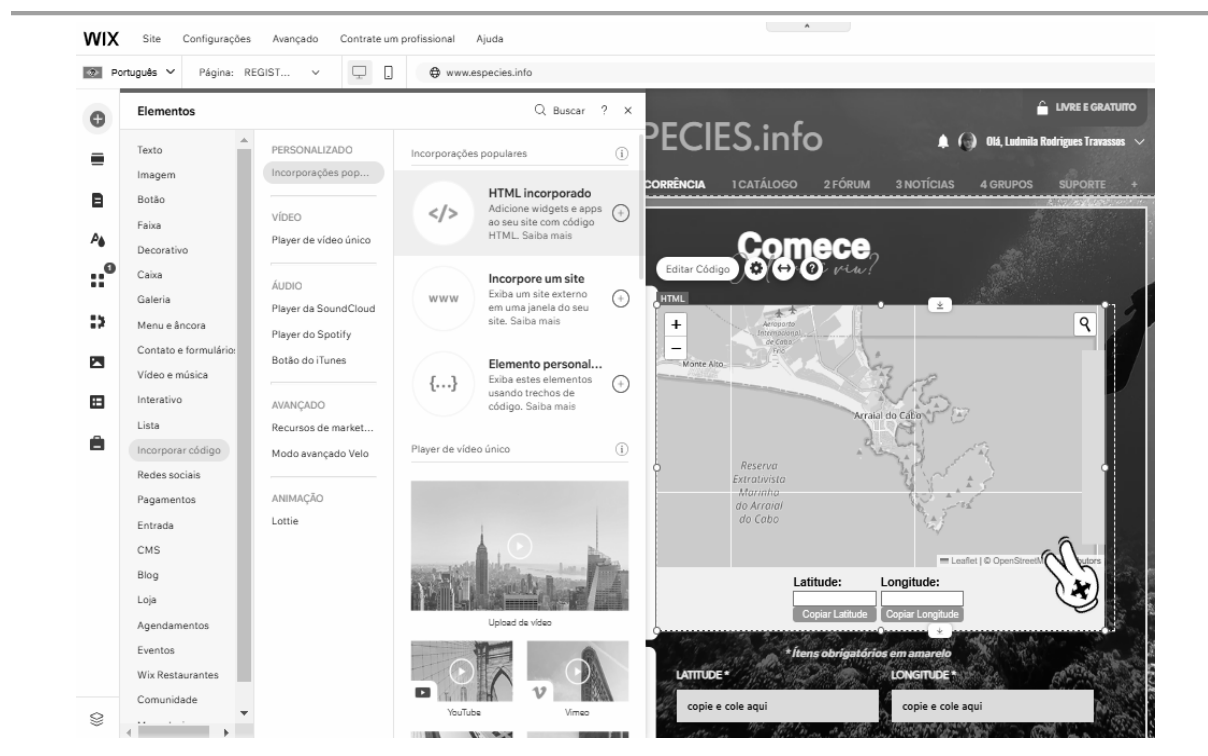
O registro de ocorrência consiste na funcionalidade central da ferramenta desenvolvida, sendo projetado para documentar eventos relacionados a espécies marinhas de forma georreferenciada, padronizada e acessível. Seu objetivo é contribuir com dados relevantes para o monitoramento ambiental e a conservação da biodiversidade. O processo inicia-se na interface da ferramenta, quando o usuário clica para registrar, preenche um formulário com informações como localização, data, identificação da espécie e material comprobatório (imagem ou vídeo), e, em seguida, envia os dados.

Essas informações são armazenadas em tempo real: os dados do front-end são encaminhados ao back-end da plataforma Wix, onde são adicionados em coleções organizadas e disponibilizados para posterior análise. Esse fluxo assegura integridade e eficiência no gerenciamento de registros de ocorrência. O processo

inicia-se com a pergunta “**Qual bicho?**” identificando as espécies monitoradas. Caso encontre correspondência à questão “**Onde?**” através do mapa, clicar registrando a localização. Em seguida - preencha - “**Foto + Info?**” incluindo descrições complementares. Essas informações são enviadas - envie - para um banco de dados, onde passam por processos de validação e análise. O ciclo se completa com a recorrente pergunta “**+bicho?**”, que impulsiona novos registros e amplia continuamente a base de dados. Após a validação, os registros são incorporados à ficha da espécie, enriquecendo o acervo disponível para consulta.

A etapa “clique” facilita o processo de copiar as coordenadas para a área de transferência. A função verifica a presença de valores nos campos e, ao ser acionada, utiliza a API *navigator.clipboard.writeText()* que realiza a captura dos dados. A captura automática das coordenadas geográficas foi incluída como comando no código para carregamento das informações nos botões “Copiar Latitude” e “Copiar Longitude” a partir de cada clique do usuário no mapa dinâmico. Essa função isenta a inserção manual das coordenadas, e possibilita que o usuário copie os valores, ou os envie diretamente para a sua área de transferência, agilizando a interação com o formulário eletrônico através de botões implementados no framework que armazenam essas informações de forma integrada. A Figura 02 apresenta o formulário de registro de ocorrências, que permite aos usuários identificar pontos geográficos no mapa, aprimorando a precisão dos registros e destacando a relevância da informação georreferenciada na conservação da biodiversidade.

Figura 02: Ilustração do processo de incorporação de código HTML externo na ferramenta Wix. O usuário, através do menu "Adicionar", acessa a aba "Incorporar código", onde insere o código HTML desejado. A ferramenta possibilita a pré-visualização do resultado em tempo real, permitindo ajustes antes da publicação. Adicionalmente, ferramentas de arrastar e redimensionar facilitam a integração do elemento HTML à página, otimizando o fluxo de trabalho do usuário.



Fonte: elaborado pela autora, 2023.

O usuário interage com o mapa clicando em um local, o que aciona a função `map.on('click', function(e) {...})` (Código 01) posicionando um marcador na área selecionada. As coordenadas de latitude e longitude são automaticamente capturadas nos campos do formulário. Um campo específico no formulário permite que o usuário cole as coordenadas antes do envio. Durante o processo de georreferenciamento, o usuário pode verificar as informações para evitar erros, completando assim a primeira etapa, garantindo a confiabilidade dos dados. A funcionalidade de geocodificação foi implementada no mapa utilizando a biblioteca Leaflet.js, em conjunto com o serviço Nominatim do OpenStreetMap. O código foi configurado para incluir um controle de busca (search control) representado por um ícone de lupa, que permite ao usuário digitar o nome de um local. Ao submeter a busca, o Nominatim realiza a conversão do nome para coordenadas geográficas (latitude e longitude). Em seguida, o sistema centraliza o mapa na região localizada e adiciona um polígono vetorial que delimita

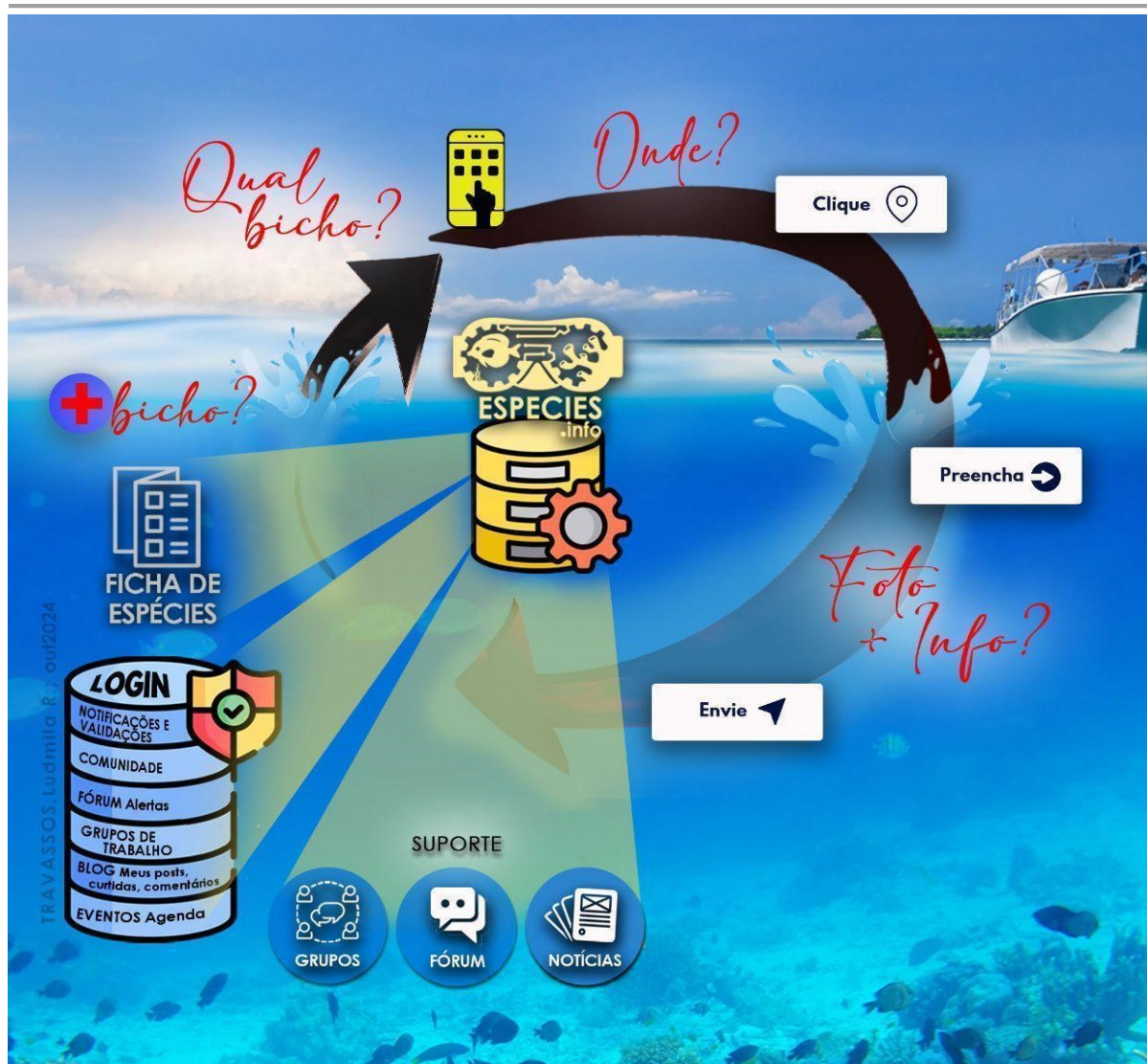
visualmente a área correspondente. Essa implementação permite uma navegação interativa e precisa, facilitando a identificação espacial das ocorrências registradas.

A segunda etapa, chamada de “preencha”, corresponde ao fornecimento das informações necessárias para registrar uma ocorrência. O formulário apresenta campos obrigatórios como, latitude, longitude, espécie monitorada, referência descritiva, tipo de informação (avistado ou publicado) e imagem, que são destacados em amarelo para facilitar a identificação pelo usuário. Ao preencher o formulário, o usuário seleciona a espécie monitorada, define se a informação está sendo registrada a partir de um avistamento direto ou de uma publicação, e pode anexar imagens ou documentos complementares. Campos adicionais, como autor da publicação e fonte da informação, embora opcionais, contribuem para o enriquecimento e a validação do registro, conferindo maior robustez ao banco de dados.

A terceira etapa “envia” permite que o usuário revise os dados preenchidos antes de finalizar a submissão. Após a conferência, ao acionar o botão de envio, o sistema armazena automaticamente as informações no banco de dados, incluindo coordenadas geográficas, imagens e metadados, que seguirão para etapas posteriores de validação e análise. Portanto, para incluir o mapa geocodificado sem custos adicionais, foi adotado um framework Django de código aberto, que permite renderizar o mapa e integrar os dados de localização diretamente aos campos do formulário, garantindo a eficácia do processo e proporcionando uma experiência de usuário intuitiva. Adicionalmente, foi incorporada uma funcionalidade de cópia das coordenadas, utilizando a função *copyToClipboard* (Código 01); facilitando o processo de captura e reutilização dos dados geoespaciais pelos usuários.

O usuário tem suporte na "Comunidade", "Fórum", "Grupos de Trabalho", "Blog", "Eventos"; bem como pode ser notificado direto no sistema do Login, conforme a Figura 03.

Figura 03: Diagrama representativo do ciclo de registro de ocorrências. O processo é iniciado pelo usuário, com a indicação da identificação de uma espécie estimulando a colaboração entre os usuários para esclarecer dúvidas, além de incentivar o compartilhamento de conhecimento.



Fonte: elaborado pela autora, 2024.

BANCO DE DADOS

O banco de dados é um sistema estruturado para armazenar, organizar e recuperar informações de forma eficiente, garantindo integridade, segurança e acesso facilitado aos dados inseridos pelos usuários. Na presente ferramenta desenvolvida, integrada ao servidor utilizado, foi utilizado o Wix Data, operando em nuvem para coletar os dados preenchidos no formulário de registro de ocorrências e organizá-los em coleções específicas. O modelo adotado assegura a padronização e integração

entre diferentes fontes de dados, catalogando as submissões brutas sobre a presença de espécies.

Esses registros compõem a Planilha de Ocorrências, sendo posteriormente encaminhados para validação, onde são revisados conforme critérios predefinidos. A etapa de validação gera a Planilha de Validação, acessível aos usuários responsáveis pelo monitoramento. Por fim, os dados validados são consolidados em bases específicas por espécie, agregando informações taxonômicas, ecológicas e geoespaciais, que fundamentam a construção dos Mapas de Ocorrência.

A estruturação do banco de dados georreferenciado para o monitoramento de espécies marinhas segue uma abordagem sistemática para garantir a organização e a acessibilidade das informações. A ferramenta controla o acesso ao banco de dados via função do usuário, exibindo consultas dinamicamente com repetidores de informações associados a layout que espelham a informação que está estruturada no Banco de Dados. Os dados armazenados são disponibilizados para pesquisa e análise de acordo com o controle de acesso do público no *dashboard* Analytics do atual servidor para dinamizar o formulário e facilitar a manipulação das informações. Apenas usuários logados podem visualizar e contribuir de acordo com as permissões e funções de seu perfil, garantindo proteção e personalização.

O *Repeater* do servidor exibe dinamicamente dados armazenados em um banco de dados, organizando informações de forma automatizada e intuitiva, uma vez que o acesso fluido e funcional aos dados só é possível quando o banco é projetado com foco na interação eficiente dos usuários com a interface. Além disso, Morville e Rosenfeld (2015) ressaltam a importância da estrutura organizada do banco de dados, permitindo padronização e escalabilidade na apresentação das informações, promovendo uma experiência acessível, confiável e orientada à usabilidade.

FICHA DE ESPÉCIES

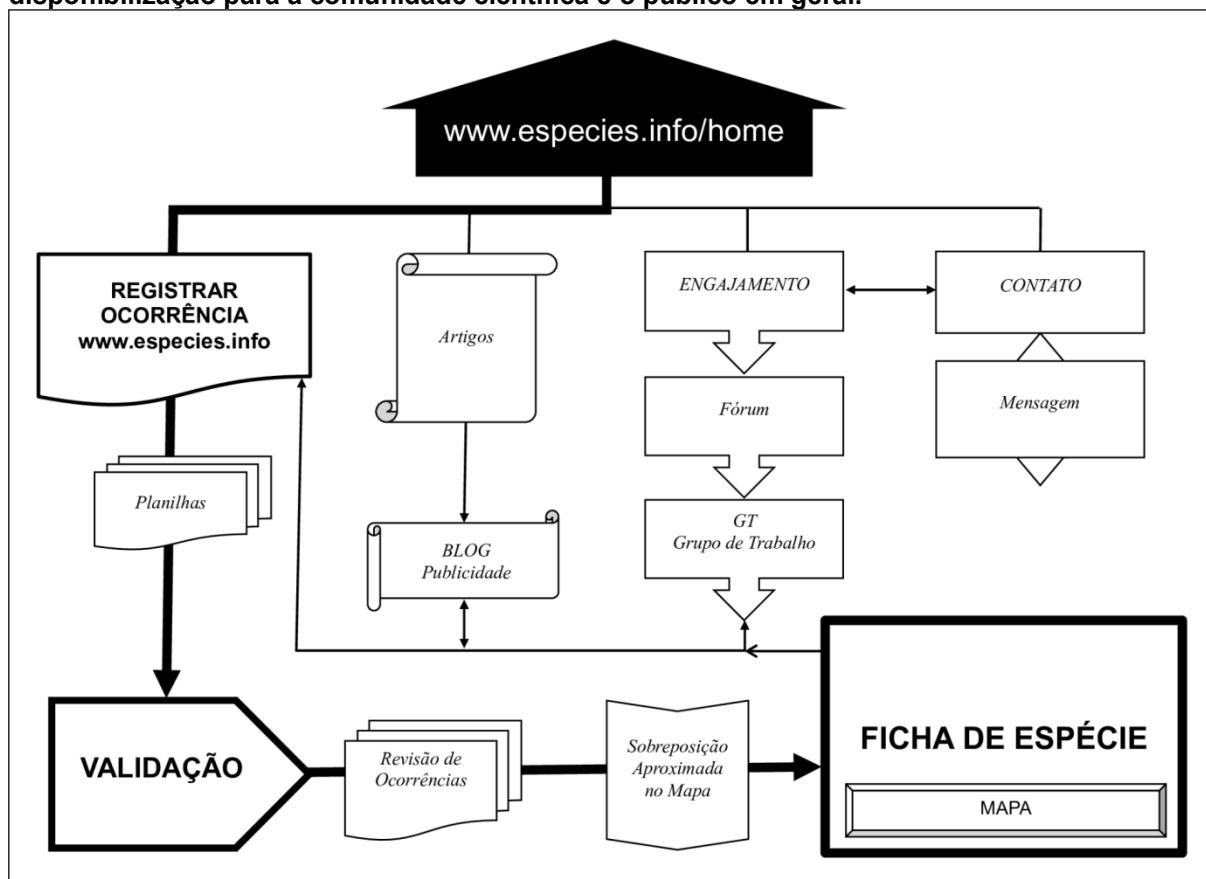
As fichas de espécies monitoradas são geradas de acordo com as necessidades dos pesquisadores ou programas cadastrados no sistema, e os dados preenchidos nos formulários são direcionados para a ficha específica de cada espécie. A ficha de espécie tem como finalidade sistematizar, em uma interface unificada, as informações relevantes sobre a espécie monitorada, promovendo a organização, o acesso qualificado aos dados e subsidiando ações voltadas à pesquisa e à conservação.

Inicialmente, foram selecionadas espécies para a avaliação do funcionamento da ferramenta na região de Arraial do Cabo. Entre as espécies escolhidas estão *Perna viridis* (mexilhão bivalve) e *Tubastraea* sp. (coral invasor), ambas de fácil identificação e com demanda de monitoramento, conforme relatórios do ICMBio, especialmente no âmbito do programa de remoção de espécies invasoras. Miranda (2023) destaca a importância do monitoramento contínuo das corais invasoras *Tubastraea* spp. ao longo da costa brasileira, enfatizando a necessidade de ações coordenadas para mitigar seus impactos ecológicos e sociais. Outro organismo selecionado foi o *Chromonephthea braziliensis* (van Ofwegen, 2005), um coral mole de fácil visualização, embora com uma distribuição geográfica restrita. A *Didemnum vexillum*, também conhecida como ascídia-tapete, foi incluída por seu histórico de dispersão, tornando-se relevante para o acompanhamento da sua propagação. Por fim, *Pterois* ssp., peixe-leão, foi selecionado por ser facilmente reconhecível, de grande apelo público, mas com registros de ocorrência relativamente raros.

O fluxograma (Figura 4) apresenta o caminho percorrido pelos dados de ocorrência de espécies marinhas na ferramenta no âmbito da gestão das ocorrências, detalhando o processo desde o registro de ocorrências até a validação e disponibilização de informações na Ficha de Espécies. O ponto de partida foi o registro de ocorrência, onde o usuário informou dados como local, data e características da espécie observada, alimentando a base de informações da ferramenta. As planilhas de coleta, em um modelo padronizado, garantiram a organização e a qualidade dos dados submetidos.

Os registros de usuários logados são apresentados como ocorrências, e verificados como informações passíveis de validação. Após o registro, iniciou-se o processo de validação.

Figura 04 Fluxo de trabalho colaborativo para gestão de dados de biodiversidade marinha na ferramenta ESPECIES.info. Diagrama que ilustra as etapas envolvidas no processamento dos dados de ocorrência de espécies marinhas na ferramenta, desde a coleta de dados até a sua disponibilização para a comunidade científica e o público em geral.



Fonte: elaborado pela autora, 2024.

As ocorrências foram submetidas à revisão, onde especialistas que acessam as informações e validam a ocorrência da espécie tornam esses dados parte essencial da Ficha de Espécies. Esta ficha, com informações detalhadas sobre cada espécie, é uma das principais estruturas da ferramenta digital desenvolvida, permitindo que os usuários acessem dados sobre a distribuição geográfica, características biológicas e comportamentais das espécies, além de detalhes sobre sua conservação e relevância ecológica.

A distribuição geoespacial das espécies foi representada por meio da sobreposição aproximada no mapa, funcionalidade que facilita a visualização das áreas de ocorrência e permite uma análise mais abrangente da biodiversidade, levando em consideração novas datas de ocorrência e avistamentos registrados por diversos usuários. Além disso, a ferramenta incorporou funcionalidades para promover o engajamento da comunidade, incluindo a publicação de notícias e

curiosidades, a veiculação de artigos científicos sobre as espécies monitoradas e a organização de um catálogo com Fichas de Espécies.

A interação entre os usuários ocorreu por meio da construção dos fóruns de discussão, mensagens diretas e grupos de trabalho (GT), cujas atividades vinculadas espelham diretamente para as fichas de cada espécie. Esse repositório dinâmico e acessível permitiu o compartilhamento de informações atualizadas e ações recentes, contribuindo para o registro de novas ocorrências.

As ocorrências são inicialmente registradas em planilhas e, posteriormente, submetidas a um processo de validação que inclui a filtragem por mapa e a revisão por especialistas. Os dados validados são utilizados para a geração de mapas de distribuição da espécie, que servem de base para a produção de artigos científicos. A interação com a comunidade científica garante a qualidade e a atualização contínua do banco de dados. Assim, a ferramenta automatiza o processo de coleta, validação e organização dos dados, facilita a consulta, e dá suporte para a análise das informações por meio dos pesquisadores, para gestores ambientais e o público em geral. O mapa interativo é acessível sem necessidade de identificação, facilitando a divulgação científica. A ferramenta armazena e organiza registros de espécies, permitindo consultas e análises das Fichas das Espécies.

A adição de novas espécies a serem monitoradas, com o pesquisador após se logar e ser reconhecido pelo sistema, terá acesso ao formulário de adição de espécies [ADD+ESPECIES - Anexo 6] , conforme abaixo na Figura 05, e deverá incluir dados obrigatórios que o identifiquem com Cientista Pesquisador para passar pela acurácia e validar seu aporte à ferramenta, tais como; adicionar uma base de dados com informações georreferenciadas provenientes de artigos e fontes científicas, o que permitirá avançar no monitoramento em novas localidades e contribuições para o banco de dados em construção para que o monitoramento de uma nova espécie seja viabilizado a integração de dados geoespaciais e de publicações científicas permitem uma análise mais precisa das distribuições das espécies e contribuem para a elaboração de estratégias de conservação mais eficazes. Após a informação ser preenchida e validada, a espécie é incorporada à lista de espécies a serem monitoradas, permitindo que o pesquisador divulgue a espécie para que o monitoramento seja ampliado com a inclusão de registros de ocorrências. Este figurará como responsável por incluir dados e informações na ficha da espécie. Embora as fichas das espécies já tenham sido criadas, o processo de

desenvolvimento dessas fichas não foi finalizado, sendo um ponto a ser discutido com mais profundidade na seção específica de discussão.

CONTROLE DE ACESSO

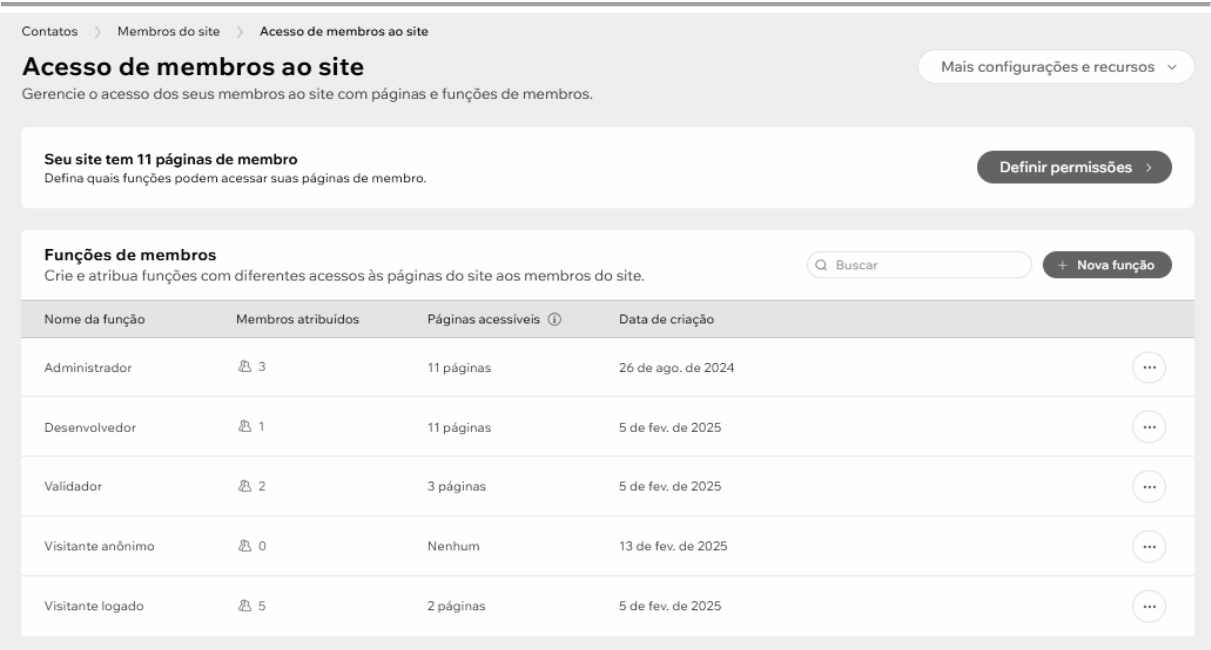
O controle de acesso segue o princípio do menor privilégio, permitindo que os usuários acessem apenas dados e funções necessários para suas atividades. A implementação do modelo de controle de acesso baseado em funções (RBAC – Role-Based Access Control), como proposto por Ferraioli, Kuhn e Chandramouli (2003), facilita a gestão de privilégios, otimizando a segurança e a usabilidade, conforme destacado por Bishop (2003) e pelo NIST (2014). Esse modelo assegura um ambiente seguro, auditável e colaborativo, promovendo a troca de conhecimentos de maneira eficiente e controlada.

O sistema de atribuição de funções no Wix é baseado na API de Membros e Funções (*wix-members* e *wix-roles-backend*), permitindo aos administradores personalizar níveis de acesso dentro da ferramenta. Utilizando *JavaScript* e *Velo by Wix*, é possível configurar funções, atribuir permissões e definir regras de acesso. No *backend*, a API *wix-members-backend* gerencia membros e atribuem funções. O código exemplifica a atribuição de uma função a um usuário, com *memberId* sendo a identificação única do membro e *roleId* a função atribuída. A visibilidade das páginas pode ser ajustada conforme a função, utilizando o *wix-router* para redirecionar usuários sem a função "Administrador". Esse sistema integra as configurações do painel de controle e a API *wix-members-backend* para gerenciar permissões e aperfeiçoar o fluxo de dados.

Na ferramenta, diferentes usuários com diferentes funções foram criados. A função de usuário visitante é apenas acessar e navegar pelas páginas, consumindo o conteúdo disponível e podendo realizar registro de forma anônima, porém sem participação em acompanhamento e discussões. Na Figura 05, podemos observar que um visitante anônimo é um usuário que acessa o site sem realizar login, tendo acesso apenas a páginas públicas, enquanto um visitante logado é aquele que criou uma conta e se autenticou, pode visualizar conteúdos restritos e interagir com funcionalidades exclusivas para membros. Conforme ilustrado na Figura 05, o usuário que realiza login no sistema, mediante fornecimento de informações pessoais como nome, e-mail e telefone, passa a ter acesso a funcionalidades exclusivas. A

autenticação viabiliza a comunicação direta para suporte, esclarecimento de dúvidas e envio de informações relevantes. Ao ser reconhecido como membro, o usuário obtém permissões ampliadas, que incluem a interação com outros participantes, participação em postagens e comunidades, bem como o envio de conteúdos personalizados de acordo com seu perfil. Para estes membros, as notificações podem ser recebidas em seu login. Os usuários chamados de validadores, ao criar uma ficha de espécie ou monitoramento, o usuário recebe o selo com o status de “Líder de Pesquisa” para realizar o monitoramento das informações. Caso os validadores não se interessem, o usuário será tratado como membro comum até a validação.

Figura 05: Painel de gerenciamento de acesso do Wix, onde são definidas funções de membros com diferentes permissões. As funções estabelecidas foram Visitante, Validador, Desenvolvedor e Administrador. Sistema que permite um controle personalizado do acesso às páginas e ações dos usuários no site, garantindo organização e segurança.



Fonte: elaborado pela autora, 2024.

Esse princípio assegura que cada usuário possua apenas as permissões estritamente necessárias para a execução de suas funções, reduzindo riscos associados a acessos indevidos. Além disso, observa-se a aplicação da segregação de funções (Separation of Duties – SoD), conforme proposto por Ferraioli e Kuhn (1996), garantindo que responsabilidades críticas sejam distribuídas entre diferentes usuários para mitigar potenciais conflitos de interesse e aumentar a confiabilidade dos processos. A Tabela 04 apresenta a matriz de controle de acesso do sistema,

detalhando as permissões atribuídas a cada tipo de usuário, desde visitantes anônimos até administradores, evidenciando as ações que podem ser realizadas por cada perfil dentro da ferramenta.

Tabela 04: Matriz de controle de acesso do sistema. Demonstra a progressão hierárquica de permissões entre os tipos de usuários (Visitante, Validador, Desenvolvedor e Administrador) e as respectivas ações permitidas (VISITA, REGISTRA, CONTATA, COMENTA, VALIDA, EXCLUI, BLOQUEIA).

	Visitante anônimo	Visitante login	Validador	Desenvolvedor	Administrador
VISITA	X	X	X	X	X
REGISTRA	X	X	X	X	X
CONTATA	X	X	X	X	X
COMENTA		X	X	X	X
VALIDA			X	X	X
EXCLUI				X	X
BLOQUEIA					X

Fonte: elaborado pela autora, 2024.

Observe que os perfis de usuários apresentaram a descrição clara das permissões. O visitante tem acesso restrito às funções mais básicas, como visualização e interação, e se estiver identificado pode realizar comentários. O validador possui um nível de permissão superior, podendo realizar atividades como validar registros e interações. O desenvolvedor possui um papel técnico mais abrangente, com acesso a funções críticas, incluindo a exclusão de registros. O administrador detém controle total sobre todas as funcionalidades disponíveis no sistema. O líder da pesquisa pode ter os perfis listados acima, de acordo com a sua interação com o Sistema. Demonstrando a hierarquia de privilégios e as permissões associadas a cada tipo de usuário, a análise revela a aplicação do Princípio do Menor Privilégio (Principle of Least Privilege – PoLP), um conceito amplamente discutido na literatura de segurança da informação (SANDHU; SAMARATI, 1994).

A ferramenta foi programada para operar com login categorizado, em que cada tipo de usuário possui um conjunto específico de permissões. A autenticação inicial ocorre por meio do preenchimento de um formulário contendo dados básicos, como

nome completo e e-mail. Após a validação, o sistema atribui o perfil correspondente ao usuário, que passa a ter acesso restrito às funcionalidades conforme sua categoria.

A interação com o banco de dados é filtrada pelo tipo de login, permitindo rastrear o tráfego dos usuários e assegurar que apenas perfis autorizados tenham acesso a informações e comandos sensíveis. O sistema também permite que o usuário evolua para a condição de "membro", mediante solicitação, o que amplia suas permissões e recursos disponíveis, conforme critérios previamente definidos no modelo de governança digital. Esse arranjo visa não apenas a segurança das informações, mas também a organização eficiente do fluxo de dados e atividades no ambiente digital.

GESTÃO DOS DADOS

Os dados são organizados como registros de organismos avistados, registros validados e registros publicados. Os registros de avistamento referem-se às submissões dos usuários antes da confirmação. Os registros validados são aqueles revisados e aceitos conforme critérios preestabelecidos de usuários especialistas renomados com certificação de suas competências. Os registros publicados correspondem às ocorrências documentadas na literatura científica.

A gestão e inserção dos registros no mapa interativo da Ficha de Espécies utilizam a função *addMarkers*, que associa marcadores às listas de coordenadas geográficas. Cada ocorrência é representada por um ícone específico e um popup informativo, garantindo que os dados sejam exibidos de maneira estruturada. A função *addMarkers()* é chamada três vezes, cada uma com um conjunto de coordenadas e ícones específicos, permitindo a visualização georreferenciada da distribuição da espécie, organizando os registros conforme seu status de validação. A implementação do mapa interativo, realizada com a biblioteca Leaflet.js, proporciona uma visualização dinâmica e precisa das ocorrências registradas, com a adição de marcadores personalizáveis, usando a função *addMarkers* (Código 01) e a variável *coralaviLocations* (Código 02). Cada marcador está associado a um popup com detalhes da ocorrência, além de exibir latitude e longitude, garantindo maior precisão.

Código 02: Trecho de código JavaScript utilizado para a exibição de marcadores personalizados em mapa interativo, por meio da biblioteca Leaflet. O código define um ícone específico para representar avistamentos de *Coral-sol* e adiciona marcadores georreferenciados com base em uma lista de localizações pré-definidas. Cada marcador inclui um *popup* com informações complementares da ocorrência, permitindo a visualização espacial e textual das áreas de registro da espécie.

```
// Definindo ícones personalizados
var coralavilcon = L.icon({
  iconUrl: 'https://INSIRA O LINK DA IMAGEM',
  iconSize: [32, 32],
  iconAnchor: [16, 32],
  popupAnchor: [0, -32]
});
// Função para adicionar marcadores com base em localizações fornecidas
function addMarkers(locations, icon, popupText) {
  locations.forEach(function(location) {
    L.marker([location.lat, location.lng], { icon: icon })
      .addTo(map)
      .bindPopup('<b>' + location.name + '</b><br>' + popupText);
  });
}
// Lista de localizações para Coral-sol AVISTADO
var coralaviLocations = [
  {lat: -20.68263, lng: -40.39218, name: 'AVISTADO Ocorrencia2024-08'},
  {lat: -22.97840, lng: -41.97957, name: 'AVISTADO Ocorrencia2024-08'},
  {lat: -23.03849, lng: -43.30451, name: 'AVISTADO Ocorrencia2024-08'},
  {lat: -23.07233, lng: -43.19856, name: 'AVISTADO Ocorrencia2024-08'},
  // mais localizações aqui...
```

Fonte: elaborado pela autora, 2024.

O processo de validação e atualização dos registros de espécies é coordenado pelos monitores e administradores da ferramenta, que desempenham suas funções como especialistas. Eles são responsáveis por garantir a validação e a confiabilidade dos dados. O monitor cria tópicos estratégicos para a busca de informações relacionadas à sua pesquisa e inicia a busca ativa pelos registros disponíveis, avaliando a precisão e a relevância de cada um. Quando novas informações são incluídas ou modificadas, o monitor é notificado e realiza a revisão dos dados. Caso um registro não seja validado, ele permanece na categoria "Avistado", atuando como um ponto de referência preliminar, sem confirmação científica. Entretanto, se o monitor considerar que o dado é confiável e relevante, ele o registra como "Validado", assegurando que o conteúdo esteja disponível como um recurso científico de confiança.

Os monitores podem também criar posts e dar suporte aos usuários como forma de orientar os interessados nas próximas buscas. Quando um dado for considerado relevante, ele pode ser promovido para a categoria "Publicado" indicando que foi validado e está associado a uma publicação científica, consolidando-o como

um recurso científico confiável ao final de cada tópico criado. Esse sistema de validação e atualização contínua assegura que as informações estejam sempre atualizadas, sendo úteis para futuras pesquisas e para os esforços de ciência cidadã e conservação ambiental, baseados em dados sólidos e bem fundamentados.

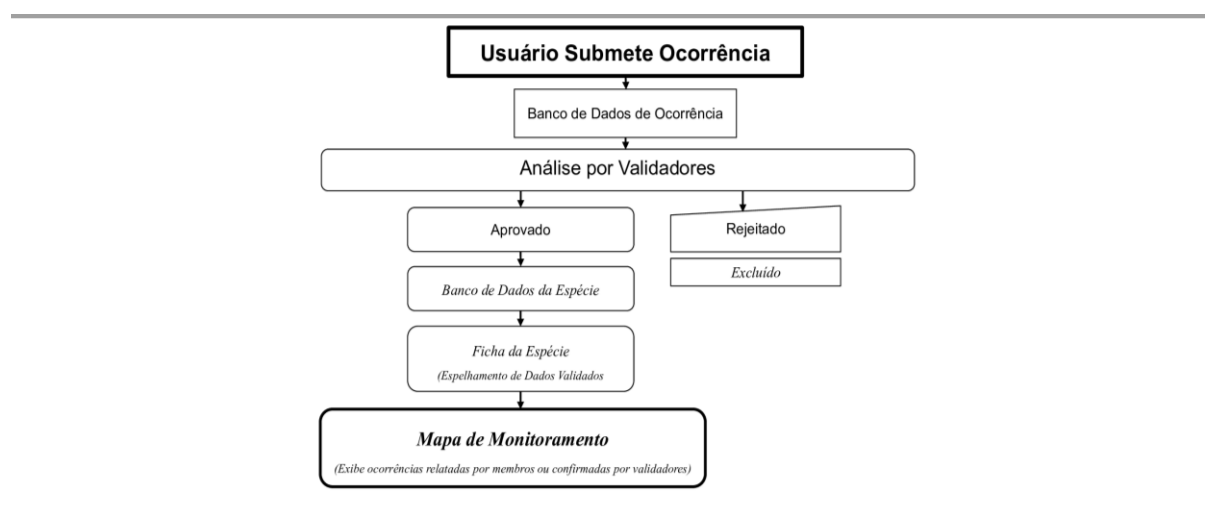
A gestão de dados foi projetada com mecanismos robustos de validação e curadoria de dados, essenciais para assegurar a qualidade das informações geradas e garantir sua confiabilidade. Um dos principais recursos implementados é a funcionalidade de comentário e avaliação das publicações realizadas por outros usuários. Essa interação entre os membros da ferramenta é crucial para o processo de validação dos dados, funcionando como uma forma de controle coletivo que aumenta a veracidade das informações. A validação de dados é um desafio comum em projetos de ciência cidadã, e, portanto, a ferramenta adota estratégias para mitigar possíveis falhas e garantir a confiabilidade dos registros inseridos. A integração da ferramenta com mapas interativos permite a visualização geoespacial dos registros, proporcionando uma análise dinâmica da distribuição das espécies e identificando padrões de ocorrência ao longo do tempo. Cada tipo de registro é representado por um ícone específico, diferenciando ocorrências avistadas, validadas e publicadas. Essa categorização visual facilita a interpretação dos dados e contribui para a transparência do processo de monitoramento.

O formulário "Validar" (Anexo 09) , criado especificamente para esse fim, tem como objetivo garantir que somente dados provenientes de fontes e indivíduos confiáveis sejam incorporados ao sistema. A implementação de um processo de verificação, antes de os dados serem armazenados no banco de dados "VALIDADO", assegura a qualidade das informações. Nesse processo, a identidade do responsável pelo preenchimento é confirmada por meio do login, o que contribui para a rastreabilidade e segurança dos registros. Esse procedimento de validação fortalece a integridade do sistema, evitando que informações não verificadas ou falsas sejam adicionadas à base de dados.

O sistema de controle de acesso da ferramenta define diferentes níveis de usuários, sendo que apenas aqueles com o perfil de "validador" têm permissão para preencher o formulário de validação. Essa restrição é um ponto fundamental para garantir que apenas dados verificados e de confiança sejam incorporados ao sistema, o que, por sua vez, assegura a qualidade e a precisão dos dados apresentados no mapa da ferramenta. A implementação dessa camada de segurança tem um impacto

direto na eficácia da ferramenta "Espécies.info", que, com seu modelo de validação, se posiciona como uma ferramenta confiável para a coleta e análise de dados ambientais. A validação das informações ocorre por meio da análise realizada por especialistas ou colaboradores qualificados, que verificam a precisão dos dados e a exatidão da identificação da espécie e de sua localização. Na Figura 6 abaixo, os registros podem ser aprovados ou rejeitados. Os registros aprovados são transferidos por meio de formulário de validação preenchidos por usuários logados autorizados, e com permissão para visualizar o conteúdo do Banco de Dados da Espécie correspondente, consolidando-se como informações validadas dentro do sistema. Caso um registro seja rejeitado, o usuário pode ser notificado sobre a necessidade de revisão ou complementação das informações enviadas.

Figura 06: Fluxograma da Gestão dos Dados validados e exibição de ocorrências no sistema, destacando o fluxo de dados desde a submissão pelo usuário até a exibição no mapa de monitoramento. O Banco de Dados de Ocorrência recebe os dados brutos, que passam por análise dos validadores antes de serem aprovados ou rejeitados. As ocorrências validadas são registradas no Banco de Dados da Espécie e refletidas na Ficha de Espécie. O Mapa de Monitoramento exibe exclusivamente ocorrências confirmadas, assegurando qualidade e transparência das informações.



Fonte: elaborado pela autora, 2024.

O sistema gera um relatório detalhado mensal, ou com período ajustável, que é enviado por e-mail aos membros ativos. Esse relatório inclui as principais estatísticas do desempenho de cada usuário, como o número total de registros feitos, visualizações de postagens e comparações de desempenho em relação ao mês anterior. Por exemplo, ele pode indicar um aumento ou redução no número de sessões no site e nas visualizações de postagens, funcionando como um incentivo para que os usuários continuem ativos e engajados. Esse resumo mensal não só fornece uma

visão geral da participação individual, mas também destaca o impacto de cada usuário na ferramenta, promovendo o reconhecimento das contribuições dos cientistas cidadãos e reforçando a importância da continuidade de suas ações dentro do sistema.

DIVULGAÇÃO E INSTRUÇÃO

A disseminação de informações sobre a ferramenta de monitoramento ambiental foi realizada por meio de diversas ações de divulgação e instrução, voltadas para diferentes públicos, conforme fotos - Anexo 2. Estas iniciativas visam capacitar os participantes no uso da ferramenta e sensibilizá-los quanto à importância da coleta de dados para a conservação ambiental. Costanza et al. (1997) destacam a relevância do capital natural como componente essencial para o bem-estar humano, ao argumentarem que a valoração dos serviços ecossistêmicos está intrinsecamente associada à compreensão e ao reconhecimento da biodiversidade. Nesse contexto, a valorização dos saberes tradicionais e das práticas cotidianas de comunidades extrativistas e populações locais revela-se estratégica, uma vez que esses grupos mantêm, historicamente, uma relação direta e contínua com os ecossistemas dos quais dependem. Ostrom (1990), por sua vez, defende que a criação de instituições e normas locais é condição fundamental para a gestão sustentável dos recursos de uso comum, especialmente quando tais arranjos institucionais se estruturam a partir de vínculos de confiança, reciprocidade e mecanismos de comunicação eficaz entre os diversos atores sociais.

À luz desses referenciais, a ferramenta desenvolvida no presente estudo mostra-se potencialmente capaz de contribuir para a criação e o fortalecimento de instituições locais, ao disponibilizar um espaço digital que favorece a interação colaborativa entre diferentes perfis de usuários como cientistas, extrativistas, gestores públicos e cidadãos engajados. Por meio da integração de dados compartilhados, do reconhecimento das contribuições individuais e coletivas e da implementação de regras claras de acesso e participação, a ferramenta desenvolvida alinha-se aos princípios de governança participativa propostos por Ostrom (1990), ao mesmo tempo em que reforça a valorização do capital natural e da diversidade biocultural, conforme apontado por Costanza et al. (1997).

As ações iniciais de divulgação da ferramenta ocorreram em um Encontro de Pesquisa realizado em parceria com o órgão ambiental fiscalizador do ICMBio, a Reserva Extrativista de Arraial do Cabo (RESEX-AC). Identificamos (Figura 07) que o público-alvo foi estabelecido 4 grandes grupos: (1) extrativistas - comunidade local que usufrui dos recursos ambientais para renda, tais como: caiçaras, pescador artesanal, artesã, marinho e mergulhador. (2) ciência e pesquisa - estudantes, universitários, pesquisadores e projetos. (3) investidores - organizações e turista. (4) reguladores - gestores governamentais. Essa iniciativa gerou um interesse na ferramenta, superando as expectativas iniciais e evidenciando a demanda por seu desenvolvimento e operacionalização.

Figura 07: Apresenta os diferentes perfis de usuários da ferramenta, divididos em quatro categorias: extrativistas, ciência/pesquisa, investidores e reguladores. Essa segmentação foi inspirada nos estudos sobre a construção de pessoas e a análise de público-alvo (Nielsen, 2012).



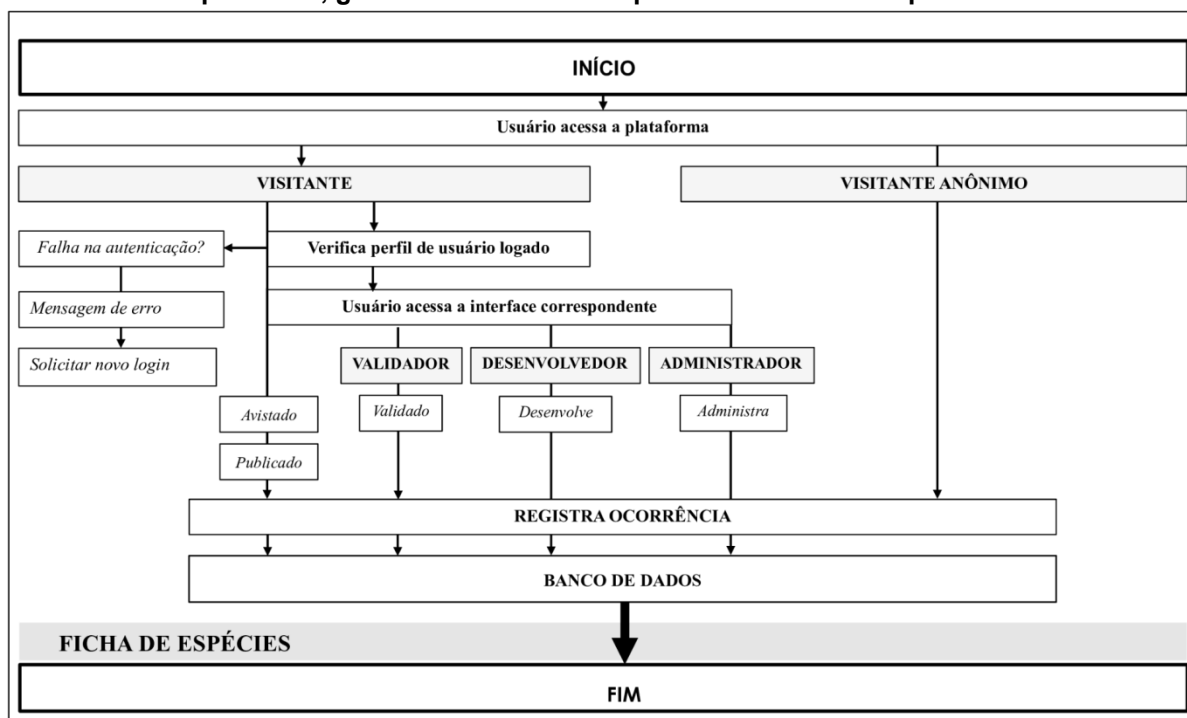
Fonte: elaborado pela autora, 2024.

A ação "Ciência Cidadã" complementa iniciativas como, um Programa de Educação Ambiental, fornecendo suporte técnico e científico aos voluntários. Portanto, é importante ajustar os parâmetros de gestão ambiental com base nas informações coletadas garantindo que as estratégias implementadas sejam realmente eficazes e sustentáveis. Isso envolve a análise dos dados obtidos nas etapas anteriores e a adaptação das políticas públicas às realidades locais. Segundo o Relatório Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas (ODS, 2019), uma gestão ambiental bem-sucedida deve ser flexível e adaptativa, levando em consideração as dinâmicas sociais e ecológicas em constante transformação.

RESULTADOS

A ferramenta desenvolvida viabiliza a coleta de dados georreferenciados, com validação por especialistas e interação entre usuários com diferentes níveis de permissão, assegurando a qualidade das informações e permitindo a criação de fichas de espécies com dados detalhados. Essa plataforma, denominada **ESPECIES.info**, encontra-se disponível na rede mundial de computadores, acessível por meio do endereço eletrônico: <https://www.especies.info/> (ESPECIES.INFO, 2023). A Figura 08 a seguir ilustra o fluxo de autenticação e controle de acesso ao sistema, detalhando as etapas desde o login até a atribuição de perfis e a navegação interna.

Figura 08: Fluxograma do processo de autenticação e acesso à ferramenta. O usuário realiza login, caso haja falha na autenticação, recebe uma mensagem de erro e deve solicitar um novo login. Se autenticado com sucesso, o sistema verifica seu perfil, categorizando-o como Visitante, Validador, Desenvolvedor ou Administrador. Cada perfil direciona o usuário para a interface correspondente, garantindo acesso adequado conforme suas permissões.



Fonte: elaborado pela autora, 2024.

A organização do fluxo de trabalho na ferramenta, aliada à ciência cidadã e às tecnologias digitais, garante acesso seguro e monitoramento contínuo da biodiversidade marinha, exigindo ferramentas precisas e estratégias eficazes de engajamento.

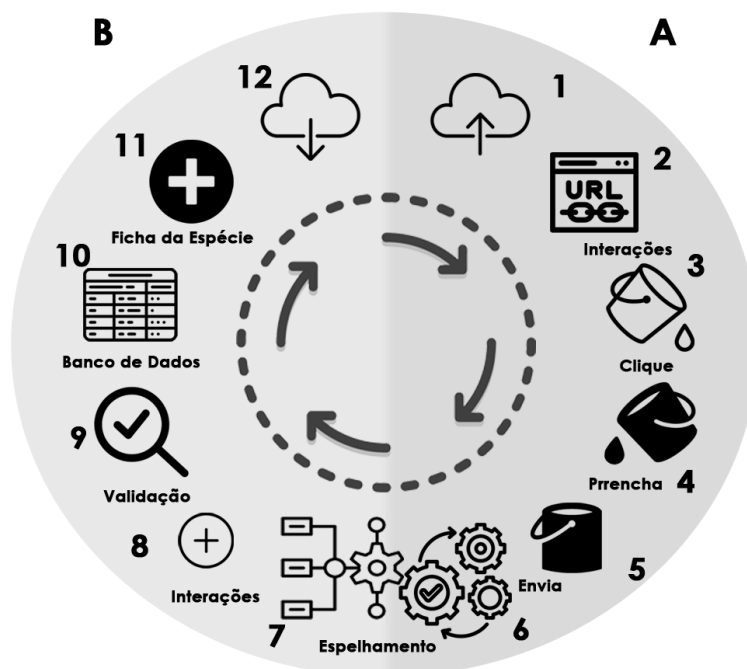
RESULTADOS DA CONSTRUÇÃO DA FERRAMENTA

A interação entre os componentes do sistema é projetada para garantir uma comunicação eficiente entre o front-end e o banco de dados. O envio de dados por *upload* organiza as informações em estruturas como planilhas, facilitando a análise futura, enquanto o download assegura a acessibilidade e reutilização dos dados. De acordo com Silva et al. (2020), a gestão eficaz de dados depende da organização das estruturas de armazenamento e do fluxo otimizado de comunicação. Esse modelo contribui para a viabilidade de análises e decisões baseadas nas informações armazenadas.

A arquitetura visual apresenta cada etapa do processo, facilitando a compreensão do fluxo dinâmico de dados e interações. A divisão do ciclo em duas metades permite uma organização clara das etapas, e as setas indicam o fluxo contínuo, reforçando a natureza repetitiva e adaptável do processo cíclico de registro de ocorrências com foco na organização e integridade dos dados registrados.

A Figura 09 representa o resultado da consolidação das funcionalidades desenvolvidas ao longo do projeto, sintetizando o ciclo completo de registro de ocorrências dentro da ferramenta digital. A imagem retrata a estrutura final da solução construída, delineando as etapas percorridas pelo usuário, desde o início do processo até o envio da ocorrência validada. O ciclo é composto por 12 etapas, organizadas em dois segmentos complementares (denominados Metade A e Metade B), os quais refletem não apenas a lógica de interação com o sistema, mas também os princípios de usabilidade, controle de acesso e curadoria de dados incorporados ao longo do desenvolvimento da ferramenta. A disposição sequencial das etapas permite visualizar, de forma clara, o percurso das informações, evidenciando a integração entre interface, validação e armazenamento estruturado dos dados inseridos pelos usuários.

Figura 09: Ciclo de Registro de Ocorrências: Uma Visão Detalhada. A imagem representa o ciclo de Registro de Ocorrências em uma ferramenta, ilustrando as etapas que o usuário percorre desde o momento em que acessa a ferramenta até o registro final da ocorrência. A metade “A” representada pelo registro dos dados na ferramenta, onde (1) *upload*, (2) url, (3) interações, (4) clique, (5) preencha, (6) envie. A metade “B” que representa o ciclo de disponibilização das informações desde o (7) espelhamento, (8) interações, (9) validação, (10) banco de dados, (11) ficha de espécies e (12) *download*.



Fonte: elaborado pela autora, 2024.

O ciclo é composto por 12 etapas, numeradas de 1 a 12, dispostas em um círculo com duas metades distintas: A e B. Na primeira metade do ciclo, representada pela letra A - registro dos dados, o processo começa com o upload (1) dos dados, onde o usuário envia as informações pertinentes à ocorrência para a ferramenta, podendo incluir texto, imagens ou outros tipos de arquivos através da URL (2) pelo link de registro de ocorrência, permitindo acompanhamento tanto pelo usuário quanto por outros interessados. O processo de formatação dos dados é então realizado, representado por um ícone de balde de tinta (3 - Interações), que indica o tratamento das informações para torná-las adequadas ao armazenamento. Na sequência, ocorre o enriquecimento dos dados (4- Clique), com a adição de informações relevantes como localização, data e hora, proporcionando maior contexto e detalhamento (5- Preencha) à ocorrência. Esses dados são, então, armazenados no banco de dados da ferramenta, representando uma etapa de consolidação e organização das informações (6 - Envia). Por fim, o sistema realiza um conjunto de operações de

processamento e análise dos dados, incluindo validação e categorização, representadas por um ícone de engrenagens. Esse trabalho nos bastidores assegura que as informações registradas estejam adequadas e organizadas para etapas subsequentes de visualização e uso.

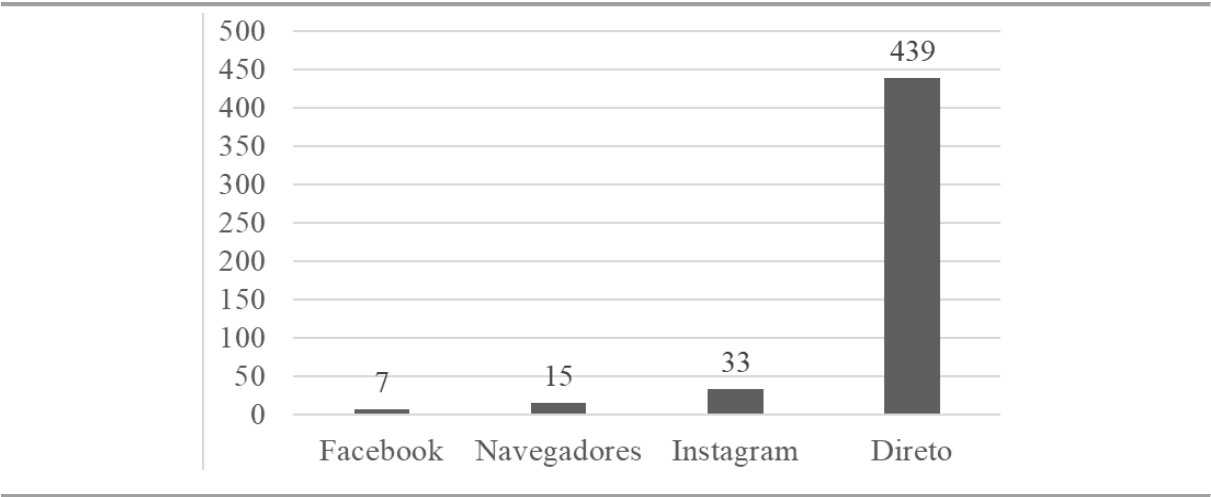
A segunda metade do ciclo, representada pela letra B - disponibilização das informações, inicia com a apresentação visual dos dados utilizando gráficos no painel da ferramenta. Esse recurso (7 - espelhamento) permite que o usuário acompanhe o progresso da ocorrência de forma clara e organizada. Após isso, o usuário tem a possibilidade de adicionar novas informações (8- interações) à ocorrência, como atualizações ou complementações, com o ícone de adição. A funcionalidade de pesquisa é igualmente disponibilizada ao usuário, que pode consultar outras ocorrências registradas na ferramenta. A validação checa a veracidade das informações (9- validação). A visualização dessas ocorrências (10- Banco de Dados) é armazenada em planilhas de dados, que apresenta todas as ocorrências de maneira estruturada, permitindo uma visão geral e sistemática. O ciclo dinâmico se concretiza na Ficha de Espécies (11) que permite ao usuário ajustar as demandas dentro do interesse da Pesquisa (12), ao final, registrar novas ocorrências, reiniciando o ciclo. Os ícones de adicionar e nuvem com download indicam que, além de registrar novas informações, o usuário pode também interagir com os dados em seus dispositivos, promovendo maior flexibilidade e acessibilidade aos dados gerados.

A estrutura *client-server* conforme apresentada na Figura 09, garantiu a troca de informações em tempo real, permitindo aos usuários enviar dados georreferenciados e validá-los com especialistas de maneira contínua e eficiente. A capacidade de processar e armazenar os dados de forma otimizada contribuiu para o bom desempenho da ferramenta e a entrega de resultados imediatos aos usuários. A implementação de CSS Media Queries no front-end proporcionou uma interface responsiva, otimizando a experiência do usuário em dispositivos móveis através de mapas interativos com a biblioteca Leaflet.js e o uso do OpenStreetMap como provedor de camadas permitiram uma visualização geoespacial precisa e personalizada.

A Figura 10 mostra a atividade dos usuários individualizados contabilizados uma única vez, independentemente do número de acessos repetidos ilustrando a distribuição de sessões do site, separadas por suas fontes de origem: Facebook, Buscadores, Instagram e Tráfego Direto. A análise revela insights importantes sobre

o desempenho da ferramenta na geração de tráfego para o site. O Tráfego Direto se destaca como a principal fonte de acesso ao site, com um número expressivo de 439 sessões. Este resultado sugere que uma parcela significativa dos usuários já conhece o site e acessa-o diretamente, seja digitando o endereço na barra de navegação, seja através de favoritos ou links diretos. O Instagram figura como a segunda principal fonte de tráfego, com 33 sessões. Este dado indica que a ferramenta tem um potencial considerável para direcionar usuários interessados para o site, provavelmente através de posts, stories, links na bio ou anúncios.

Figura 10: Gráfico de barras demonstrando o número de sessões do site originadas de diferentes ferramentas (Facebook, Navegadores, Instagram e Tráfego Direto), com suas respectivas contagens e a variação percentual em relação à média.



Fonte: produzido pela autora (2024) via Wix Analytics.

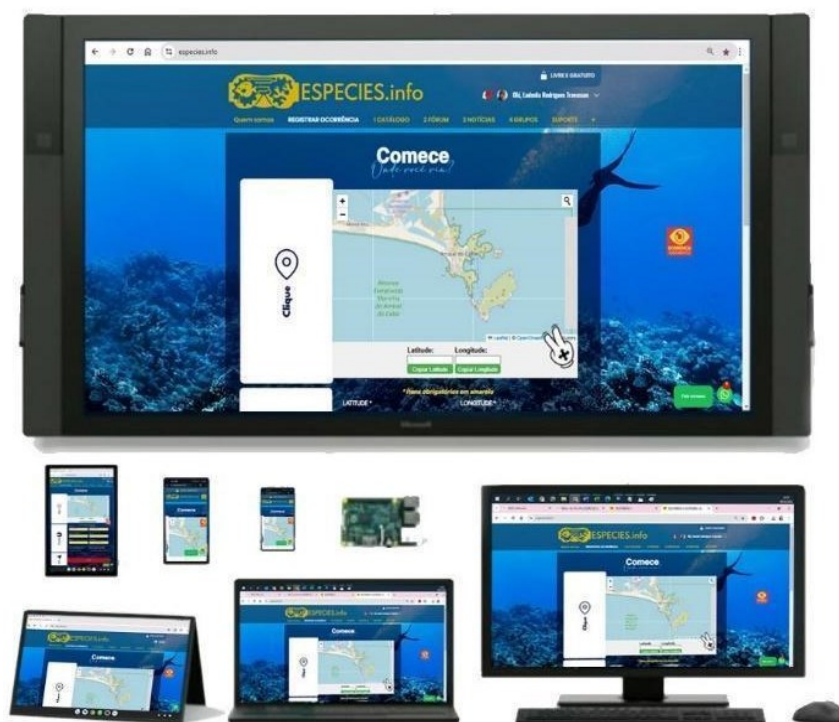
Os navegadores e o Facebook, embora também gerem tráfego para o site, apresentam um desempenho mais modesto em comparação com o tráfego direto e o Instagram. Os navegadores respondem por 15 sessões, enquanto o Facebook contribui com apenas 7 sessões. A análise da variação percentual em relação à média oferece uma perspectiva valiosa sobre o desempenho da ferramenta. O Tráfego Direto, com sua alta contagem de sessões, demonstra um desempenho muito acima da média, evidenciando sua relevância como principal fonte de acesso. O Instagram também se destaca com um desempenho acima da média, enquanto os Navegadores e o Facebook ficam abaixo.

A solução representada na Figura 11, mostra que foi eficaz na resolução de problemas relacionados ao dimensionamento e à legibilidade dos elementos da ferramenta em telas menores, garantindo que os usuários tivessem uma experiência

de navegação confortável e fluida foi possível devido a aplicação de CSS Media Queries no front-end esta interface responsiva adaptou bem a diferentes dispositivos móveis. A acessibilidade do sistema em diferentes dispositivos promove a participação da comunidade científica, gestores ambientais e cidadãos no monitoramento e controle de EEI, ampliando o alcance e impacto do projeto.

Essa adaptação foi particularmente importante, visto que muitos usuários acessam a ferramenta por meio de smartphones e tablets, tornando o acesso ao conteúdo mais eficiente e agradável. A necessidade de criar um logotipo que pudesse facilmente identificar por todas as faixas etárias e graus de instrução foi decisiva para a construção de visual com a imagem de um peixe dentro de uma engrenagem, sobreposta a uma máscara de mergulho, pois remete a ideia de exploração, conhecimento e tecnologia aplicada à biologia marinha juntamente com o uso de tecnologia e ferramentas inovadoras na conservação e preservação da biodiversidade.

Figura 11: Interface do sistema "espécies.info" em diferentes dispositivos. A imagem ilustra a adaptabilidade do sistema "espécies.info" para diversos dispositivos, incluindo computadores desktop, laptops, tablets e smartphones. A interface do usuário, demonstrada em diferentes telas, mantém a identidade visual e organização, com foco na usabilidade e acesso facilitado às funcionalidades do sistema.



Fonte: elaborado pela autora, 2024.

A Figura 12 apresenta a identidade visual final da ferramenta, concebida para transmitir credibilidade, cordialidade e compromisso com a conservação ambiental. A composição da marca busca criar um ambiente acessível e convidativo, favorecendo a aproximação do público com o conhecimento científico e incentivando a participação ativa dos usuários na plataforma.

Figura 12: Construção inicial da Marca para Divulgação



Fonte: elaborado pela autora, 2024.

A identidade visual da "Espécies.info" foi focada no público-alvo da marca, que inclui pesquisadores, estudantes, ambientalistas e o público em geral interessado em temas relacionados à biodiversidade marinha. A linguagem visual contribui para tornar a marca acessível a um público diverso, demonstrando um compromisso com a divulgação do conhecimento científico sobre a biodiversidade.

A análise do tráfego da ferramenta foi estruturada em várias frentes para compreender o comportamento dos usuários e a eficácia da ferramenta. A metodologia incluiu a avaliação dos dispositivos predominantes usados para acessar a ferramenta, identificando se os usuários preferem desktops, smartphones ou tablets. Esta análise proporcionou insights sobre a predominância de dispositivos móveis, permitindo otimizar a experiência de navegação para diferentes ferramentas. A segunda parte da análise concentrou-se na identificação das seções mais populares da ferramenta, com base no número de acessos e no tempo gasto pelos usuários em cada área. Através dessa avaliação, foi possível entender quais conteúdos atraem maior atenção, oferecendo uma visão clara sobre os interesses do público e como os usuários interagem com o conteúdo disponível. Foi utilizado um gráfico para analisar a origem do tráfego (Figura 22), com foco na comparação entre acessos realizados por dispositivos móveis e desktops. A análise da Tabela 05, indica que a maior parte dos acessos ao site vem de dispositivos móveis, destacando a importância de priorizar

a experiência móvel. Foi realizada também uma análise da frequência de acesso às páginas da ferramenta, permitindo identificar quais conteúdos são mais frequentemente consultados.

Tabela 05: A tabela apresenta os dados numéricos de visitantes únicos, visualizações e sessões do site para cada tipo de dispositivo ao longo do período.

Tipo de dispositivo	Visitantes únicos	Visualizações	Sessões do site
Mobile	129	1848	406
Desktop	54	610	123

Fonte: elaborado pela autora, 2024 - Wix Analytics

Esse dado fornece informações valiosas sobre quais seções do site podem precisar de mais divulgação ou melhorias para aumentar o engajamento do público. Outro aspecto fundamental da metodologia foi o estudo da distribuição temporal das visitas, para identificar os horários de pico de atividade na ferramenta. Esse estudo auxilia na otimização do conteúdo e no planejamento das atualizações, ajustando a estratégia de forma eficiente para atender ao público nos momentos de maior engajamento.

RESULTADOS DO REGISTRO DE OCORRÊNCIAS

Os resultados observados indicam que a ferramenta ESPECIES.info se mostrou eficiente na implementação de um sistema interativo de coleta de dados geoespaciais, proporcionando uma experiência de uso simplificada e precisa para os participantes. A funcionalidade de cópia das coordenadas, implementada com a função *copyToClipboard*, demonstrou-se vantajosa, facilitando o processo de cópia das coordenadas para a área de transferência e aumentando a eficiência na comunicação e no compartilhamento de dados em um sistema interativo de coleta, o que proporcionou uma experiência mais fluida e precisa para os usuários. A implementação de mapas interativos com a biblioteca Leaflet.js e o uso do OpenStreetMap como provedor permitiu a visualização geoespacial precisa e personalizada via Nominatim, sendo outro destaque, permitindo que os usuários buscassem locais por nome e visualizassem as áreas correspondentes no mapa, com um polígono delimitando a região. Este recurso foi eficaz na redução de erros de

digitação e na melhoria da precisão dos registros geográficos, tornando o processo de coleta de dados mais confiável.

A abordagem adotada, estruturada em três etapas (clique, preencha e envie), evidenciou uma facilitação da interação do usuário com o sistema e na coleta das informações de maneira rápida e precisa. A função de posicionamento automático de marcadores garantiu que os dados de latitude e longitude fossem capturados de forma precisa, sendo automaticamente preenchidos nos campos correspondentes do formulário.

A Figura 13 mostra como o formulário foi configurado para permitir o preenchimento de informações adicionais sobre o avistamento, como a seleção de espécies monitoradas e a indicação do status do avistamento. Além disso, a captura automatizada das coordenadas geográficas revelou-se uma funcionalidade eficiente, uma vez que eliminou a necessidade de ajustes manuais, promovendo maior agilidade e precisão no processo de coleta de dados (ESPECIES.INFO, 2023).

Figura 13: Georreferenciamento. A imagem demonstra como é incorporada funcionalidade de georreferenciamento. A interface visualiza dados geográficos evidenciando a integração bem-sucedida do framework.



Fonte: elaborado pela autora, 2024.

Na segunda etapa - preencha - na Figura 14, a visibilidade dos campos obrigatórios, favoreceu a clareza no preenchimento, reduzindo possíveis erros por parte dos usuários. A inclusão de campos opcionais, como a referência bibliográfica e a identificação do responsável pela contribuição, possibilitou o enriquecimento das informações coletadas, conferindo maior contextualização aos dados registrados.

A terceira etapa - envie - , que envolveu a revisão e o envio das informações, permitiu aos usuários verificar a precisão dos dados antes de submeter o formulário à ferramenta. A implementação do sistema de armazenamento das coordenadas geográficas e dados de monitoramento foi eficiente, garantindo que as informações fossem armazenadas de forma segura para posterior validação e análise. Adicionalmente, existe a possibilidade de anexar imagens e arquivos complementares foi amplamente utilizada pelos participantes, contribuindo para a documentação visual dos avistamentos e ampliando a confiabilidade das informações (Especies.info, 2023). Disponível em: <https://www.especies.info/forum-observador/coral-sol> - Anexo 02.

Figura 14: Etapas do Formulário de Registro de Ocorrências de Espécies com os campos obrigatórios e opcionais que fazem parte da planilha do Banco de Dados de Ocorrências.

Fonte: elaborado pela autora, 2024.

A eficácia do "Registro de Ocorrência" da ferramenta é refletida nos resultados obtidos, que indicam um número crescente de registros e contribuições de usuários, o que demonstra sua capacidade de engajar a comunidade na coleta de dados sobre a biodiversidade. O acompanhamento da distribuição e abundância das espécies ao longo do tempo, especialmente em relação a espécies ameaçadas ou invasoras, proporciona informações valiosas para o desenvolvimento de estratégias de conservação. Confira a lupa de geocodificação na Figura 15 abaixo, com a interface do buscador e mapa georreferenciado, demonstrando a busca por ocorrências na Baía de Guanabara. O usuário insere o termo de busca (ex: "Baía de Guanabara") e a ferramenta retorna resultados georreferenciados, exibidos no mapa com precisão de latitude e longitude. Essa funcionalidade contribui para a redução de erros e

melhora a precisão dos registros. A seguir, observe um *print screen* do tablet, referente ao Formulário de Registro de Ocorrências:

Figura 15: Formulário de Registro de Ocorrência, acessível através do link principal da página. O formulário permite a interface do registro com o banco de dados, apresentando informações detalhadas sobre ocorrências, incluindo dados georreferenciados (latitude e longitude), detalhes da espécie, opções de ocorrência, informações sobre o autor da publicação (opcional) e opções para inserir imagens e arquivos de áudio. Este formulário constitui um instrumento principal para a coleta de dados e o monitoramento da biodiversidade.

The image shows a mobile application interface for 'ESPECIES.info'. At the top, there's a navigation bar with the site name and a search bar. Below it, a header section says 'Comece Onde você vive?'. The main area is divided into three vertical sections on the left: 'Clique' (with a location pin icon), 'Preencha' (with a right arrow icon), and 'Envie' (with a paper plane icon). The 'Clique' section shows a map of Rio de Janeiro with a location pin and a search bar. The 'Preencha' section contains a form with fields for 'Latitude' and 'Longitude', 'Espécies monitoradas' (with a dropdown menu), 'Opções' (with a dropdown menu), 'Autor da Publicação (opcional)', and 'Sobrenome et al. (ANO)'. The 'Envie' section has a large red 'Enviar' button. The bottom of the screen shows a status bar with a battery icon and a signal strength indicator.

Fonte: elaborado pela autora, 2024.

Portanto, os resultados da interface interativa no registro de ocorrências proporcionam precisão para a coleta de dados geoespaciais, com uma boa integração entre as ferramentas e a funcionalidade de geocodificação, além de garantir uma experiência otimizada de usuário. A ferramenta oferece ferramentas que aumentam sua eficácia no monitoramento de espécies. Além do registro, apresentado na Figura

16, destaca-se a possibilidade de inserir imagens que auxiliam na identificação e aprendizado sobre as espécies, e as opções de busca e filtragem que facilitam a localização de registros específicos. A visualização geoespacial em mapas oferece uma visão clara da distribuição das espécies, o que é essencial para o monitoramento ambiental contínuo. A ferramenta também favorece a colaboração, permitindo o compartilhamento de dados entre instituições, ampliando seu impacto e fortalecendo as redes científicas. A colaboração em ferramentas promove o avanço das pesquisas em biodiversidade.

Figura 16: Planilha espelhada do preenchimento do Formulário “Registrar Ocorrência”.

Registro	Espécie monitorada	Opções	Latitude	Longitude	Referência	Autores	Galeria de imagens
08/02/2025	Coral-sol	AVISTADO (indique)	1.8850812700362	007663249965	Praia do Forte		
08/02/2025	Coral-sol	AVISTADO (indique)	-2.78885	-39.91024	Naufrágio Eugene Thayer		
08/02/2025	Peixe-leão	PUBLICADO (anexe)	-2.824	-40.16735	Cruz Ceará No ~ 6m Natural / Saco do Cardeiro	Marcelo O. Soares,*Marcelo Batista et al 2024	
08/02/2025	Coral-sol	VALIDADO (Especialista)	-22.96521	-41.99973	Marinha da Barraquinha Ceará Yes. Ambiental	Marcelo O. Soares,*Marcelo	
08/02/2025	Peixe-leão	PUBLICADO (anexe)	-28.7033	-41.13748			

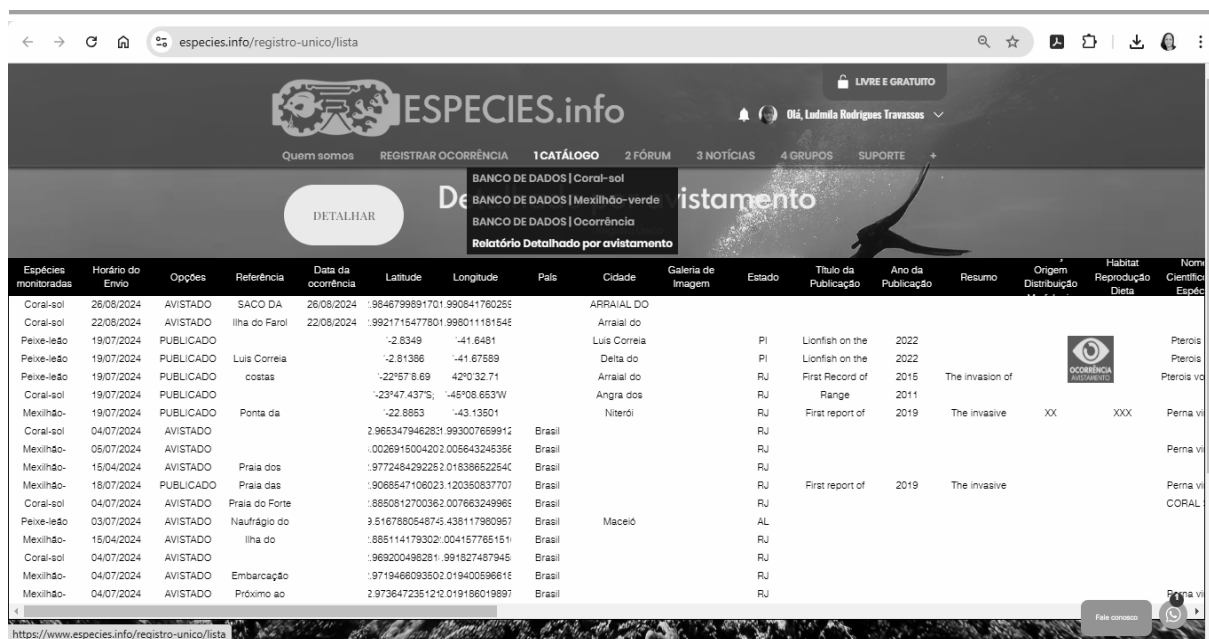
Fonte: elaborado pela autora, 2024.

A ferramenta "Registro de Ocorrência" destaca-se pela sua acessibilidade e design responsivo, adaptando-se a diferentes dispositivos como computadores, tablets e smartphones. Sua interface foi pensada para superar barreiras linguísticas e garantir a utilização por usuários de diversas partes do mundo, incluindo a possibilidade de traduções automáticas nos navegadores. A acessibilidade é aprimorada com funcionalidades específicas para usuários com deficiências visuais ou outras necessidades especiais. A central de ajuda e os canais de comunicação oferecem suporte contínuo, assegurando uma experiência fluida e resolvendo possíveis dificuldades técnicas. Com esses recursos, a ferramenta se torna uma ferramenta inovadora e essencial para o monitoramento da biodiversidade, promovendo a colaboração internacional e o fortalecimento da ciência cidadã.

RESULTADOS SOBRE OS BANCO DE DADOS

A estruturação do banco de dados georreferenciado para o monitoramento de espécies marinhas inicialmente se apresentou com diversos parâmetros. A abordagem adotada inicialmente, integrava diferentes fontes de dados com diversas abordagens nos registros catalogados. Iniciamos propondo disponibilizar os dados de forma padronizada facilitando a consulta (Figura 17).

Figura 17: Detalhes do Banco de Dados de Ocorrências - Identificação de lacunas de informação. A imagem apresenta uma visualização detalhada do banco de dados de ocorrências registradas na ferramenta "especies.info". Embora evidencie a riqueza de informações coletadas, como nome da espécie, data e local de ocorrência, tipo de ocorrência e outros detalhes, a imagem também revela lacunas de dados adicionados.



Espécies monitoradas	Horário do Envio	Opções	Referência	Data da ocorrência	Latitude	Longitude	País	Cidade	Galeria de Imagem	Estado	Título da Publicação	Ano da Publicação	Resumo	Origem Distribuição	Habitat Reprodução Dieta	Nome Científico Espéc
Coral-sol	26/08/2024	AVISTADO	SACO DA	26/08/2024	-18.46799891701	-99.0641760255		ARRAIAL DO								
Coral-sol	22/08/2024	AVISTADO	Ilha do Farol	22/08/2024	-19.921715477801	-99.8011181545		Arraial do								
Peixe-leão	19/07/2024	PUBLICADO			-2.8349	-41.6481		Luis Correia		PI	Lionfish on the	2022				Pterois
Peixe-leão	19/07/2024	PUBLICADO	Luis Correia		-2.81386	-41.67569		Delta do		PI	Lionfish on the	2022				Pterois
Peixe-leão	19/07/2024	PUBLICADO	costas		-22°57' 8.69	42°0' 32.71		Arraial do		RJ	First Record of	2015	The invasion of			Pterois vo
Coral-sol	19/07/2024	PUBLICADO			-23°47' 43.7S	-46°08' 66.3W		Angra dos		RJ	Range	2011				
Mexilhões	19/07/2024	PUBLICADO	Ponta da		-22.8853	-43.13501		Niterói		RJ	First report of	2019	The invasive	XX	XXX	Perna vi
Coral-sol	04/07/2024	AVISTADO			2.9653479462831	99.3007689912		Brasil		RJ						
Mexilhões	05/07/2024	AVISTADO			.0026915004202	.005643245366		Brasil		RJ						Perna vi
Mexilhões	15/04/2024	AVISTADO	Praia dos		.9772464292252	.01838652254C		Brasil		RJ						
Mexilhões	18/07/2024	PUBLICADO	Praia das		.9068547106023	.120360837707		Brasil		RJ	First report of	2019	The invasive			Perna vi
Coral-sol	04/07/2024	AVISTADO	Praia do Forte		.6850612700362	.007663249965		Brasil		RJ						CORAL
Peixe-leão	03/07/2024	AVISTADO	Naufrágio do		9.51678605487-5	43.8117980957		Brasil	Maceió	AL						
Mexilhões	15/04/2024	AVISTADO	Ilha do		.885114179302	.004157765151		Brasil		RJ						
Coral-sol	04/07/2024	AVISTADO			.969200498281	.991827487945		Brasil		RJ						
Mexilhões	04/07/2024	AVISTADO	Embarcação		.9719466093502	.01940059861E		Brasil		RJ						
Mexilhões	04/07/2024	AVISTADO	Próximo ao		2.9736472351212	.019186019897		Brasil		RJ						Perna vi

Fonte: elaborado pela autora, 2024.

Diante da ausência de registros contínuos e da dispersão de dados, foi criado um banco com campos padronizados com base em estudos científicos. O Banco de Registros de Ocorrências armazena dados brutos coletados pela plataforma (<https://www.especies.info/banco-de-dados-ocorrencia>), espelhados em planilhas vinculadas, garantindo a integridade das informações desde a coleta até a validação colaborativa. A Figura 18 apresenta a interface responsiva que organiza esse fluxo.

Figura 18: Interface do Banco de Dados de Ocorrências. A imagem ilustra a página principal do banco de dados de ocorrências. A interface permite a pesquisadores, gestores ambientais e cidadãos em geral acessar e contribuir com informações sobre a presença e distribuição de espécies exóticas invasoras no Brasil.

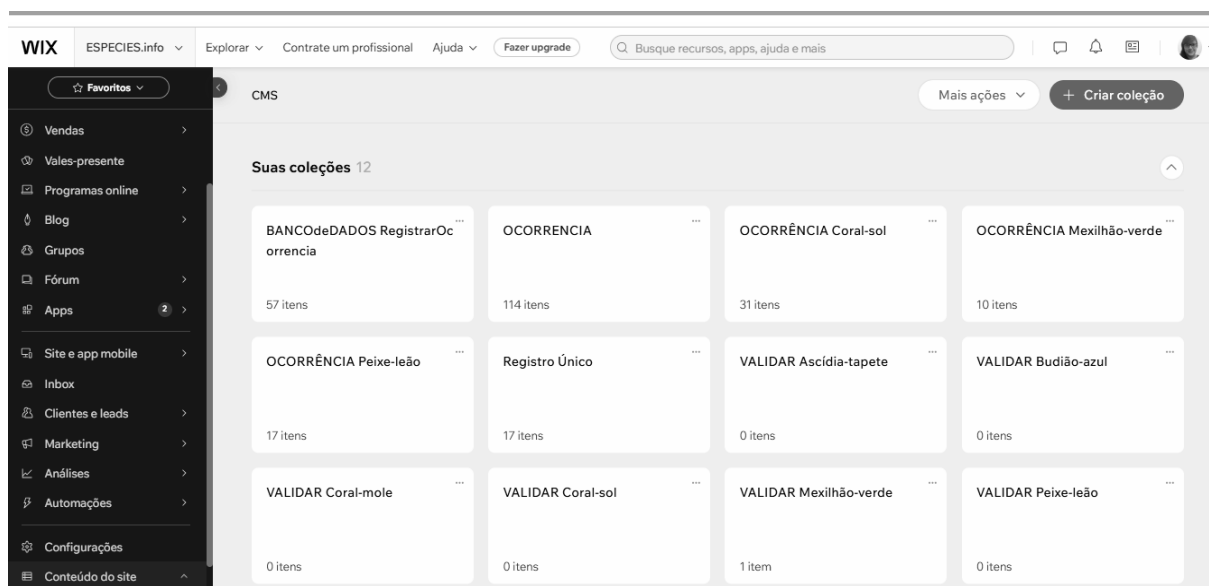


Registro	Espécie monitorada	Opções	Latitude	Longitude	Referência	Autores	Identificação	Galeria de imagens
08/02/2025	Peixe-leão	PUBLICADO (anexe)	-2.82237	-40.1129	Acaraú Ceará No 3-6m	Marcelo O. Soares,*Marcelo		
08/02/2025	Peixe-leão	PUBLICADO (anexe)	-29.1258	-41.3469	Cajueiro Environmental Protected Area	Marcelo O. Soares,*Marcelo		
20/01/2025	Coral-sol	AVISTADO	.964358703474	(2.013009054218	Presença de colônias			
20/01/2025	Coral-mole	PUBLICADO (Informe)	.890967417937	.984298894505	O artigo cita a presença do	Kassuga, A.D.; Marques, L. & Altunçay, I.	Raquel Muniz	
20/01/2025	Coral-sol	PUBLICADO (Informe)	.891416553602	.984986293815	A referência cita a pesença	Kassuga, A.D.; Marques, L. & Altunçay, I.	Raquel Muniz	

Fonte: elaborado pela autora, 2024.

Ao realizar a revisão da literatura sobre as ferramentas existentes, observamos a necessidade de criar um banco de dados para realizar a validação dos registros. O processo de revisão transfere dados para uma planilha diferenciada, identificada como dados validados, onde ficam registrados de forma precisa e confiável, conforme apresentado na Figura 19.

Figura 19: Sistema de Gerenciamento de Conteúdo (CMS — em inglês, *Content Management System*) com Bancos de Dados para o registro, validação e divulgação de informações sobre cada espécie monitorada.



Fonte: elaborado pela autora, 2024.

O espelhamento dos dados, veja Anexo 03, foi refletido diretamente de cada planilha para a Ficha de Espécies. Essa abordagem garantiu a integridade e consistência do sistema que as fases subsequentes de análise e consulta, resultam em uma base de dados mais confiável e apta para o uso em pesquisas e tomadas de decisões.

Os dados validados estão dispostos separadamente para cada espécie, integrando informações taxonômicas, ecológicas e geográficas. Esse modelo assegura uma organização detalhada e acessível, tornando as informações mais úteis desde análise até a tomada de decisão.

O processo de consulta ao banco de dados foi implementado de maneira dinâmica, utilizando a funcionalidade de *Repeater*, que permite a exibição dos dados de forma personalizada para cada usuário autorizado. Ao configurar o espelhamento de dados por meio do *Repeater*, foi possível garantir que as informações dos Bancos de Dados fossem apresentadas de maneira adequada, respeitando as permissões de acesso estabelecidas. Essa funcionalidade automatizou o processo de filtragem e exibição dos dados, tornando o sistema mais eficiente e seguro.

RESULTADOS SOBRE AS FICHAS DE ESPÉCIES

A implementação da Ficha de Espécies permitiu a sistematização e padronização dos registros das ocorrências observadas, facilitando a organização dos dados e a posterior análise. Foram abertos os catálogos das espécies de interesse científico. A ferramenta demonstrou eficiência na agregação de informações essenciais, como distribuição geoespacial, status de conservação e interações ecológicas. Além disso, verificou-se que a separação dos dados gerais de ocorrência e a segmentação dos dados aumenta a qualidade e confiabilidade dos dados inseridos favorecendo insights para cada Ficha correspondente <<https://www.especies.info/banco-de-dados-coral-sol>> este exemplo de aplicação em estudos de monitoramento e gestão ambiental facilitam análises.

A ficha de cada espécie é atualizada em tempo real, com espelhamento automático dos registros provenientes do banco de dados específico para cada espécie. No entanto, dados de usuários não identificados não são descartados, sendo replicados em uma planilha genérica devidamente identificada como ocorrências gerais, na qual são mantidos informes de avistamentos e publicações, permitindo uma coleta de informações mais ampla.

O mapa interativo da Ficha de Espécie carrega dados validados, Figura 20, ou provenientes de usuários autenticados. O sistema desenvolvido assegura que registros não validados sejam automaticamente excluídos do mapa da ficha de cada espécie, mantendo a integridade dos dados.

A implementação do sistema seguiu uma política de acesso aberto, possibilitando a consulta dos registros de ocorrência diretamente na ficha de cada espécie, e paralelamente, foi estabelecido um banco de dados geral para armazenar todas as submissões do formulário para evitar inclusão de informações invalidadas na Ficha da Espécie. Com foco em aprimorar a experiência de navegação e a acessibilidade da ferramenta, consultamos o comportamento do visitante no dashboard da ferramenta garantindo que ela atenda melhor às necessidades dos interessados.

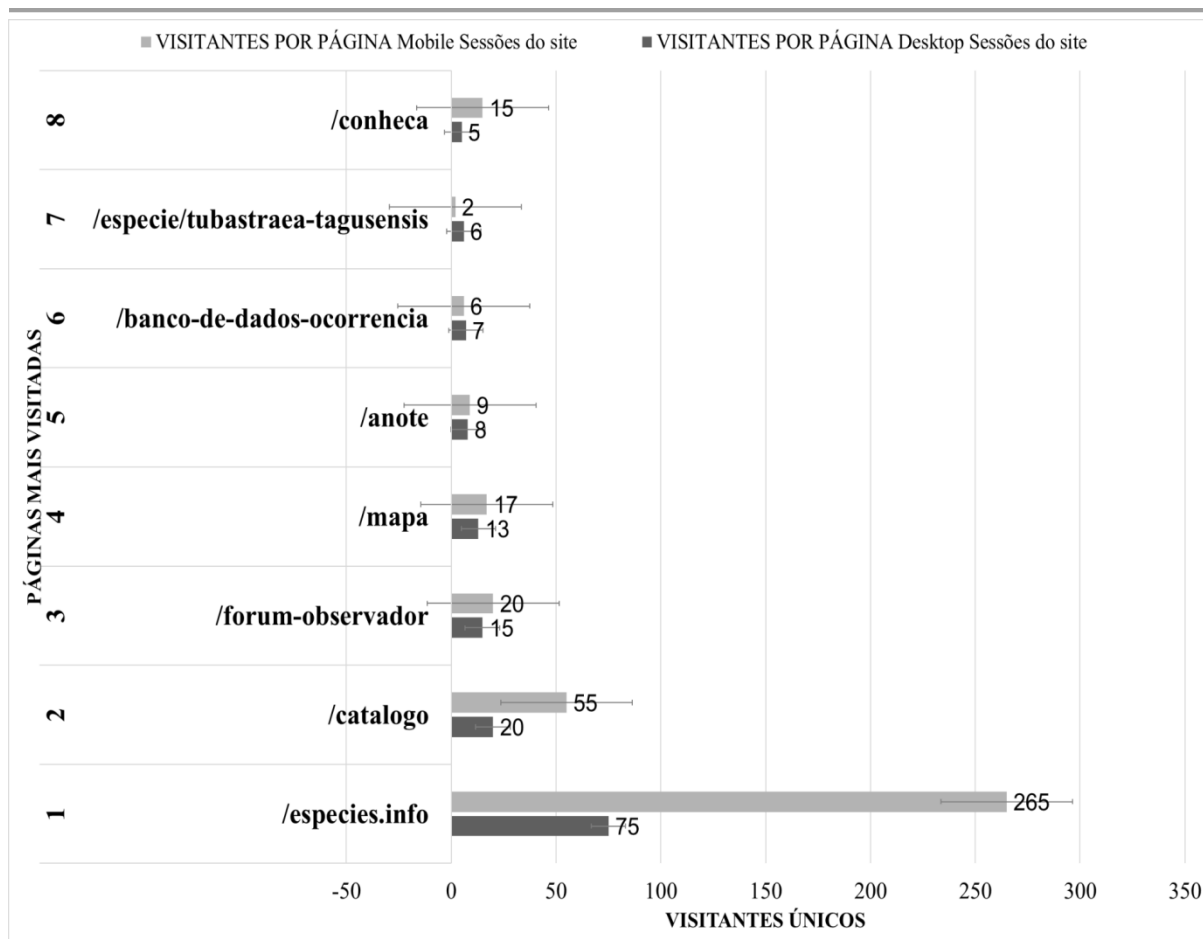
Figura 20: Formulário Validar (Anexo 09) com permissões de acesso restritas desde o Sistema de Gerenciamento de Conteúdo (CMS) com Bancos de Dados validação para cada espécie monitorada - Anexo 09.



Fonte: elaborado pela autora, 2024.

Observe a Figura 21 abaixo, na qual os acessos à Ficha de Espécies indicam uma predominância de visitas realizadas por dispositivos desktops em relação aos móveis. Esse dado, fornecido pelo dashboard da ferramenta, sugere o uso de computadores ressaltando a importância de compreender o perfil do público que acessa a ficha.

Figura 21: Desempenho da Ficha de Espécies na distribuição de visitantes por página e dispositivo (móvel e desktop), demonstrando o interesse em diferentes seções informativas sobre a vida marinha. As páginas estão representadas por números de 1 a 8, correspondentes a: 1. /especies.info (Informações gerais sobre espécies), 2. /catálogo (Catálogo de espécies), 3. /fórum-observador (Fórum de discussão), 4. /mapa (Mapa de ocorrências da Ficha de Espécies), 5. /anote (Formas de anotação), 6. /banco-de-dados-ocorrencia (Banco de dados de ocorrências), 7. /especie/tubastraea-tagusensis (Ficha da Espécie Coral-sol), 8. /conheça (Página "Conheça").

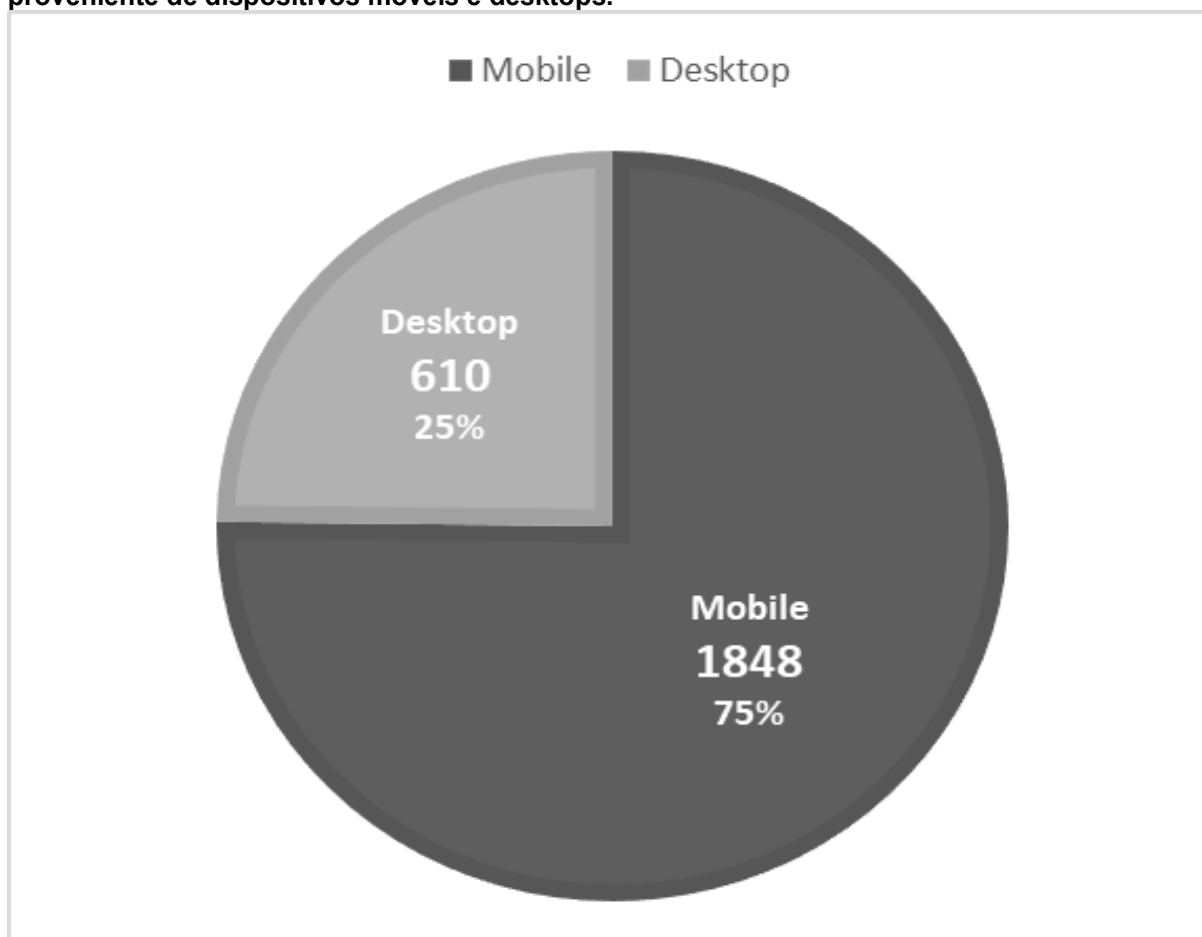


Fonte: Wix Analytics

A coleta de dados foi segmentada em duas categorias principais: acessos provenientes de computadores (desktop) e de dispositivos móveis, como smartphones e tablets. A análise revelou que cerca de 75% do tráfego, visto na Tabela 02, o total do site é oriundo de dispositivos móveis, o que destaca uma tendência crescente na utilização de smartphones e tablets para acessar a ferramenta. Essa proporção evidenciou uma mudança nas preferências dos usuários, alinhada com as tendências globais, onde os dispositivos móveis predominam como a principal ferramenta de acesso à internet. A coleta de dados inclui: identificação do dispositivo (desktop, smartphone, tablet) utilizado para acessar a ferramenta; análise das seções da ferramenta acessadas pelos usuários; contagem de acessos a cada página da

ferramenta; e análise das visitas distribuídas ao longo das 24 horas do dia, essas estratégias metodológicas identificaram fontes de tráfego, e o intuito do usuário ao compreender a evolução do comportamento da ferramenta na perspectiva do usuário.

Figura 22: Distribuição do tráfego por dispositivo em um determinado site, comparando os períodos de 03/03/2023 a 24/07/2024. O gráfico de pizza representa a proporção do tráfego proveniente de dispositivos móveis e desktops.



Fonte: Wix Analytics

A alta taxa de tráfego, conforme descrito na Figura 22, é proveniente de dispositivos móveis e foi interpretada como indicativo de que o site está otimizado para diversos dispositivos, oferecendo uma experiência de navegação consistente e acessível. Com base nesses dados, as recomendações para futuras estratégias de marketing focaram em atender ao público móvel, utilizando canais e formatos de conteúdo adaptados a essa ferramenta específica.

A análise do desempenho da Ficha de espécies apresenta um padrão de acesso equilibrado entre dispositivos mobile e desktop, com leve predomínio para usuários que acessam via desktop. Sugere que 40 % dos usuários que visitam a Ficha de Espécies desejam saber como a ficha está disponível em outros dispositivos. Este

resultado pode indicar que usuários de desktop buscam saber como é realizado o levantamento de dados, e tem interesse sobre quais espécies estão sendo monitoradas, tendo em vista a quantidade de acessos no “/catalogo” e “/forum-observador” porque apresentam um padrão de acesso mais equilibrado entre dispositivos, com um leve predomínio de desktop.

A lista de espécies monitoradas pode ser acrescida via formulário Add+Espécies (Anexo 6 - disponível em <<https://www.especies.info/addmaisespecies>>) da ferramenta ESPECIES.info permite a sugestão de novas espécies com o objetivo de ampliar o monitoramento e a conservação da biodiversidade. Veja a seguir:

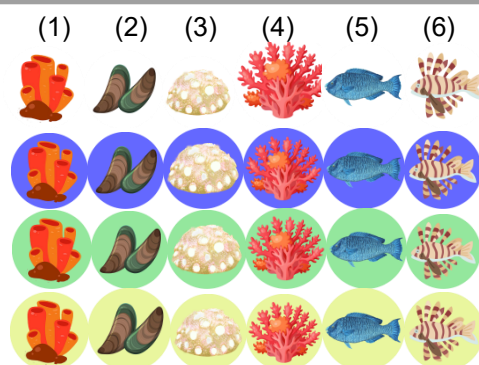
Figura 23: Formulário para adição de novas espécies a serem monitoradas, estruturado para garantir a padronização e a qualidade dos registros. Inclui campos essenciais como taxonomia, distribuição geográfica, status de conservação e fatores de impacto, permitindo a ampliação dinâmica da base de dados e a resposta ágil a mudanças ecológicas.

Fonte: elaborado pela autora, 2024.

RESULTADOS SOBRE A GESTÃO DOS DADOS

A implementação da ferramenta resultou em uma ferramenta funcional que promove a interação ativa com os usuários, permitindo a coleta e gestão de dados sobre espécies marinhas exóticas, invasoras e ameaçadas. A ferramenta foi estruturada para atender aos parâmetros definidos no protocolo de uso, possibilitando a avaliação dos impactos na qualidade das contribuições de dados. Onde caracterizou-se ícones (Figura 24) para cada espécie monitorada, com cada cor determinada para o controle de acurácia dos dados: (1) Coral-sol, (2) Mexilhão-verde, (3) Ascídia-tapete, (4) Coral-mole, (5) Budião-azul, (6) Peixe-leão; respectivamente. Segue, os ícones:

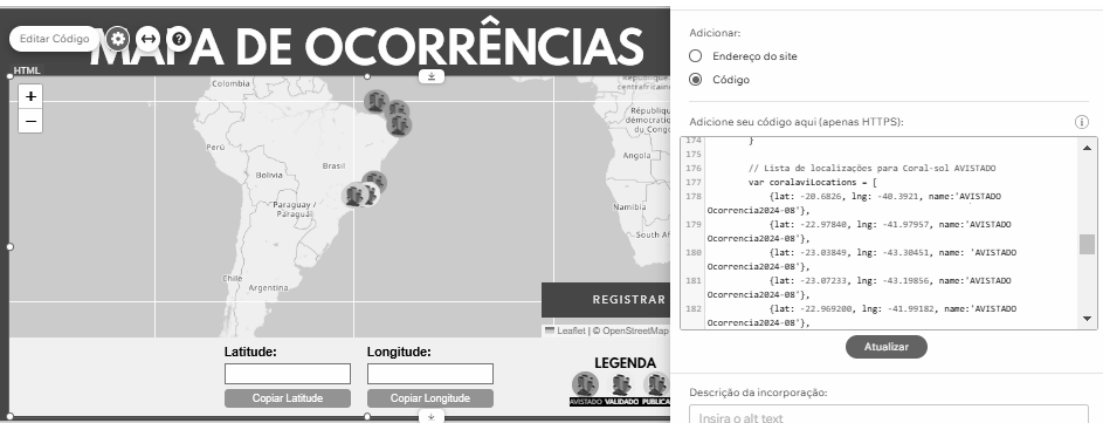
Figura 24: Ícones de Espécies Monitoradas e Correspondência de Cores para Controle de Acurácia de Dados. Representação visual dos ícones utilizados para cada espécie monitorada, com suas respectivas cores designadas para o controle de acurácia dos dados. (1) Coral-sol, (2) Mexilhão-verde, (3) Ascídia-tapete, (4) Coral-mole, (5) Budião-azul, (6) Peixe-leão.



Fonte: elaborado pela autora, 2024.

O ícone utilizado no código é um arquivo de imagem hospedado no servidor que assume uma URL específica, o que facilita a reutilização e a personalização do ícone de forma eficiente. Esse tipo de personalização, conforme a Figura 09, apresenta uma identidade visual coesa e alinhada aos objetivos do projeto, como a indicação de pontos de interesse, locais de mergulho ou outras áreas de relevância ecológica. Essa funcionalidade permite a visualização de ocorrências de espécies marinhas, como o Coral-sol. Para demonstrar a funcionalidade de georreferenciamento implementada na ferramenta desenvolvida, apresenta-se no trecho de código responsável pela definição de ícones personalizados a adição de marcadores no mapa interativo, utilizando a biblioteca Leaflet.js, veja a Figura 25 abaixo.

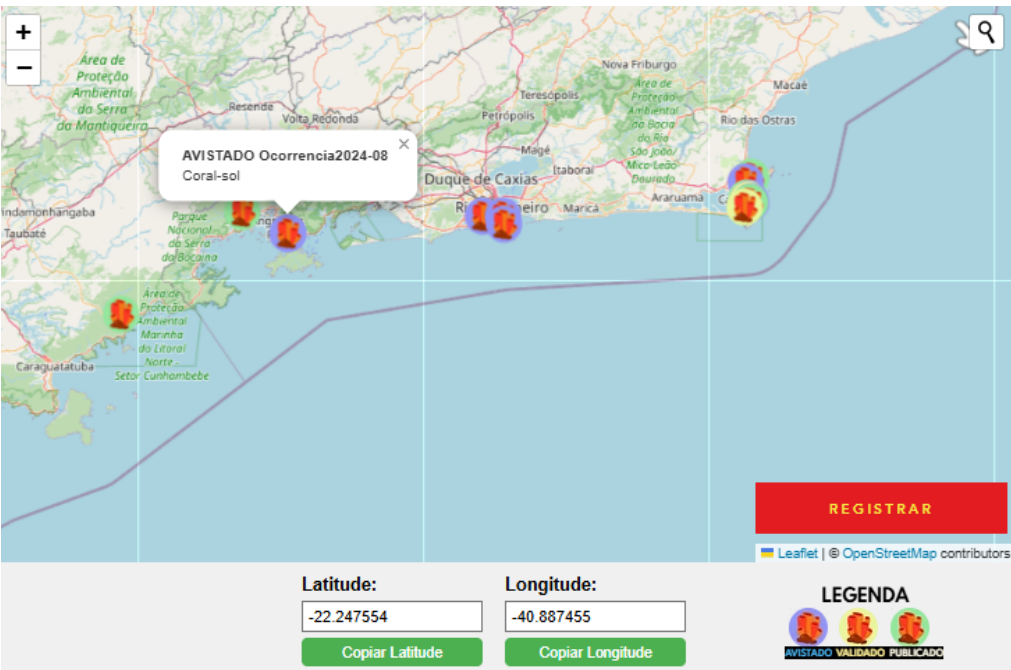
Figura 25: Código com a Lista de ocorrência de espécies avistadas, demonstrada na Figura 26.



Fonte: elaborado pela autora, 2024.

Esse código georreferenciados das ocorrências, facilitando a análise e o monitoramento da distribuição geoespacial das espécies alvo, conforme Figura 26, abaixo:

Figura 26 - Mapa Interativo de Ocorrências de Coral-sol. O mapa ilustra pontos georreferenciados onde o Coral-sol foi avistado, validado e publicado, utilizando diferentes ícones personalizados para indicar o status das ocorrências: ícone azulado (avistado), ícone amarelo (validado) e ícone verde (publicado).



Fonte: elaborado pela autora, 2024.

A Figura 26 apresenta o Mapa de Ocorrências de Coral-sol, implementado na ferramenta de levantamento de dados desenvolvida nesta pesquisa. Os ícones foram

configurados no código com o método *L.icon* e posicionados com base nas coordenadas fornecidas pela base de dados. Ao clicar nos marcadores, *pop-ups* informativos exibem detalhes da ocorrência, como status e espécie registrada, utilizando o método *bindPopup*. O mapa também possui caixas interativas de latitude e longitude para consulta e cópia das coordenadas. Além disso, uma legenda visual no canto inferior direito facilita a identificação dos status representados no mapa. Essa visualização utiliza a biblioteca Leaflet.js para representar geograficamente os locais onde o Coral-sol foi avistado, validado ou publicado, de acordo com a legenda.

A Figura 27 apresenta a imagem da tabela espelhada do banco de dados, com informações como data, espécie, tipo de ocorrência (avistado ou publicado), coordenadas geográficas, referência bibliográfica e autores, conforme preenchido no formulário "Registro de Ocorrências".

Figura 27: Interface do Sistema de Gerenciamento de Ocorrências de Espécies Exóticas Invasoras (EEI) do Projeto "espécies.info". A página de "Ocorrências" do sistema, evidenciando a funcionalidade de registro e acompanhamento de avistamentos de EEI.

Registro	Espécie monitorada	Opções	Latitude	Longitude	Referência	Autores	Identificação	Galeria de imagens
08/02/2025	Coral-sol	AVISTADO (indique)	-22.97938	-41.98197	Enxada do Anequim na			
08/02/2025	Peixe-leão	PUBLICADO (anexe)	-2.8349	-41.6481	Mar de São Luís Correia	Marcelo O. Soares, Marcelo		
08/02/2025	Coral-sol	PUBLICADO (anexe)	-23.01902	-44.48887	Enxada do Anequim na	de Paula et al 2004		
08/02/2025	Mexilhão-verde	AVISTADO (indique)	2.9736472351212	019186019897	Próximo ao pier flutuante			
08/02/2025	Coral-sol	AVISTADO (indique)	-22.95724	-43.16138	Costão da Urca			

Fonte: elaborado pela autora, 2024.

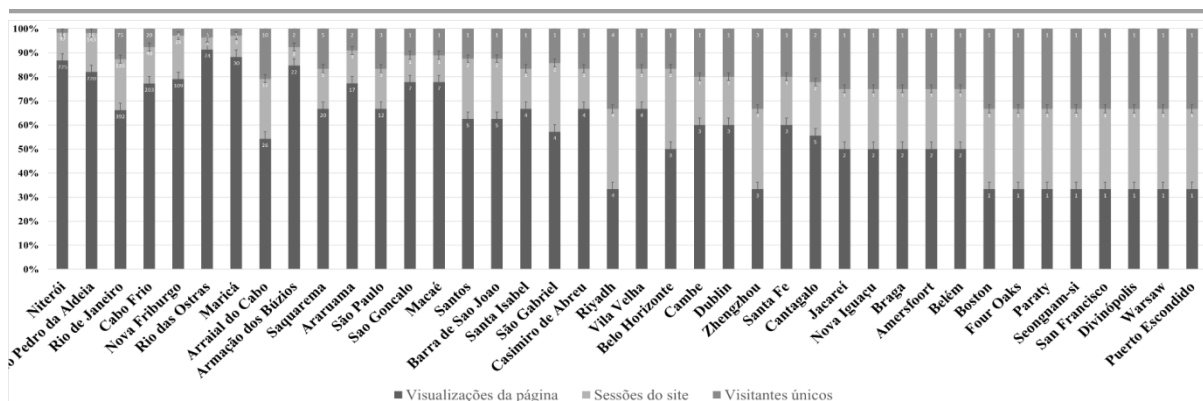
A coluna "Opções" permite ações específicas para cada registro, como "AVISTADO (indique)" ou "PUBLICADO (anexe)", com ícones diferenciados para indicar o nível de confiabilidade de cada ocorrência. A ferramenta utiliza a função *L.icon({...})* para representar visualmente os registros: *coralavilcon* para avistamentos, *coralvalilcon* para registros validados e *coralpublcon* para registros publicados, facilitando a compreensão do status.

RESULTADOS DAS AÇÕES DE DIVULGAÇÃO E INSTRUÇÃO

Desde o início da exposição pública da ferramenta, diferentes setores da sociedade demonstraram interesse na iniciativa, evidenciando a relevância da ferramenta para a coleta e análise de dados ambientais. A interação com comunidades tradicionais, pesquisadores, gestores públicos e outros atores sociais ocorreu por meio de ações estratégicas de divulgação e instrução, voltadas tanto para a apresentação do propósito da ferramenta quanto para a capacitação dos usuários. Foram realizadas palestras e oficinas em espaços acadêmicos e institucionais, além de encontros com comunidades locais, nos quais foram detalhadas as funcionalidades da ferramenta e suas aplicações na conservação da biodiversidade. Durante esses momentos, a participação ativa do público gerou reflexões sobre a aplicabilidade da ferramenta em diferentes contextos e permitiu ajustes progressivos em sua estrutura. A troca de experiências com os usuários revelou não apenas o potencial da ferramenta em ampliar a ciência cidadã, mas também desafios relacionados à adesão e ao engajamento contínuo dos participantes.

A receptividade dos envolvidos se traduziu em sugestões para aprimoramento da interface, otimização do fluxo de dados e adaptação da ferramenta às necessidades específicas de determinados grupos. Esse processo dialógico reforça a importância de uma construção coletiva e interativa, na qual o feedback contínuo contribui para a consolidação da ferramenta como um instrumento eficaz de monitoramento ambiental. Os dados apresentados, na Figura 28 abaixo, revelam um padrão interessante de distribuição geoespacial das visualizações do site "ESPECIES.info". A maior parte das visualizações se concentra no estado do Rio de Janeiro, com Niterói liderando o ranking. Isso sugere que o conteúdo do site é particularmente relevante para o público carioca. A alta concentração de visualizações no Rio de Janeiro indica que o conteúdo do site "ESPECIES.info" é relevante para os interesses e necessidades dos habitantes dessa região. As diferenças no número de visualizações entre as cidades podem estar relacionadas a diferentes estratégias de marketing e divulgação empregadas em cada localidade (Anexo 08 - Tabela).

Figura 28: Desempenho da ferramenta Espécies.info em diferentes cidades do Brasil alcance das visitas nas páginas do site.



FONTE: Wix Analytics

Há uma grande variação no número de visualizações entre as diferentes cidades, mesmo dentro do mesmo estado. Isso indica que fatores locais, como campanhas de marketing, eventos ou características demográficas, podem influenciar significativamente o interesse pelo site. Por fim, um dashboard foi utilizado para monitorar os dispositivos acessados, proporcionando uma visão detalhada sobre a forma como os usuários interagem com a ferramenta em diferentes dispositivos. Esta abordagem segue as recomendações de Nielsen (2012) para otimizar a experiência de navegação e garantir a eficácia da ferramenta em atender às necessidades dos usuários, especialmente no contexto da gestão da biodiversidade marinha no Brasil, com ênfase no Estado do Rio de Janeiro.

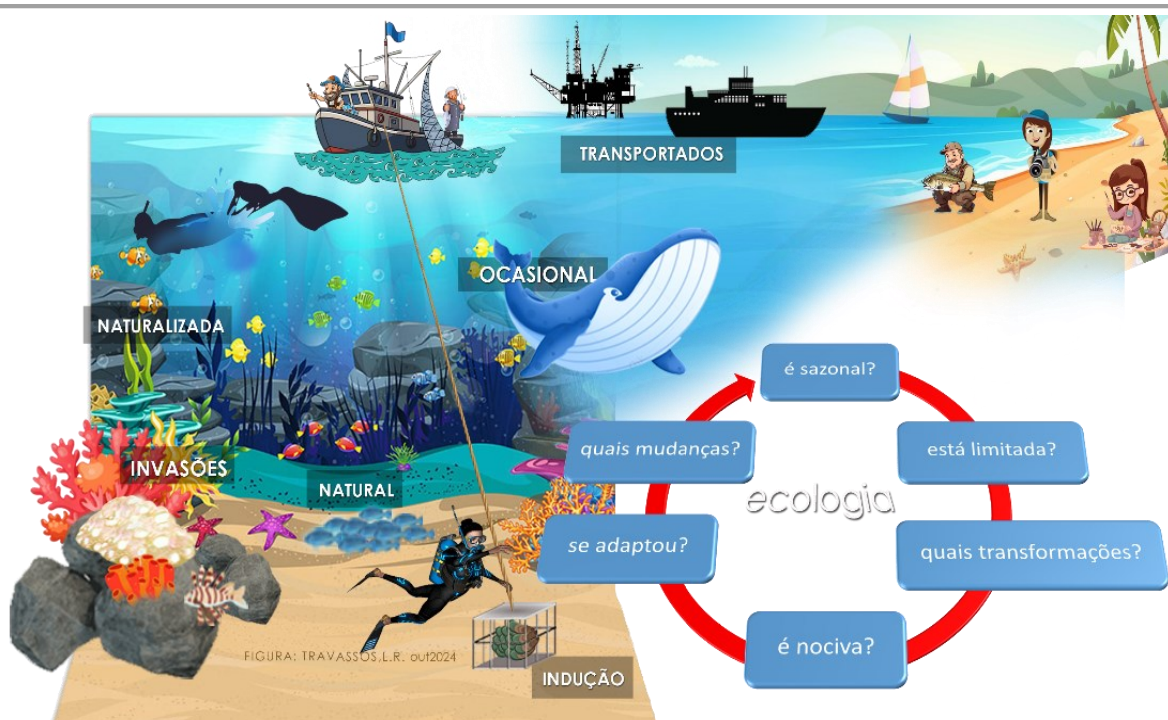
Dessa forma, busca-se garantir que as contribuições oriundas da participação comunitária sejam conduzidas com rigor metodológico, favorecendo a produção de dados confiáveis e aplicáveis na formulação de políticas públicas e estratégias de conservação ambiental. Esse incentivo busca reconhecer aqueles que demonstram um envolvimento significativo, incentivando a melhoria contínua das práticas de monitoramento e a disseminação do conhecimento científico entre os participantes. Bem como, atua como um estímulo para que os colaboradores permaneçam engajados e ampliem sua participação nas atividades de monitoramento. Foram conduzidas diversas atividades educativas em diferentes contextos com a ação de exposição da funcionalidade da ferramenta para pesquisadores, estudantes e profissionais da área ambiental junto a ações de divulgação e fomos contemplados A parceria com ICMBio foi formalizada via Carta de Anuência - Anexo 4. Criamos um

certificado de reconhecimento das contribuições, distribuímos adesivos para colagem nos barcos, e confeccionamos cartões com o QRCode (Anexo 5) para incentivar a participação com os Registros de Ocorrência.

As ações desenvolvidas em parceria com o ICMBio e a Prefeitura Municipal de Arraial do Cabo envolvem a promoção do monitoramento de espécies marinhas. Estratégias de marketing e propaganda foram implementadas com o objetivo de ampliar a adesão e consolidar a colaboração entre diferentes entidades. Durante os eventos realizados pelo ICMBio, houve a exposição de informativos sobre o Registro de Ocorrências e treinamentos para Escolas de Mergulho. A ferramenta ESPECIES.info foi demonstrada a mergulhadores e instrutores, destacando sua aplicação no registro de ocorrências marinhas. O evento de Manejo foi promovido pelo ICMBio, com o apoio da Prefeitura Municipal de Arraial do Cabo, e o ESPECIES.info foi convidado a participar da ação - Anexo 7. Todas as ações tiveram como foco perceber o perfil do público-alvo com potencial para utilizar a ferramenta e promover o engajamento de participantes no monitoramento da biodiversidade marinha. Até o momento, os impactos quantitativos de cada ação ainda não foram testados sistematicamente. No entanto, as atividades de divulgação da ferramenta e parcerias estratégicas geram perspectivas de ação efetivas para testes futuros a serem conduzidos para mensurar a efetividade dessas iniciativas, considerando métricas como a adesão dos participantes, a qualidade dos registros enviados e o impacto na conscientização ambiental.

A identificação das necessidades e desejos da população local em relação às espécies é um passo importante para alinhar as ações de gestão ambiental com os interesses da comunidade. De acordo com Berkes (2009), o conhecimento tradicional e as expectativas da população devem ser considerados nas estratégias de conservação, pois isso não apenas fortalece o compromisso local com o incentivo à preservação, mas também assegura que as iniciativas sejam culturalmente relevantes. Os dados da ferramenta serão disponibilizados para o ICMBio, o que permitirá o fortalecimento das políticas públicas de conservação e o aprimoramento do monitoramento ambiental, conforme parceria estabelecida entre o ICMBio e nossa ferramenta, Anexo 4. A Figura 29, representa esquematicamente as principais vias de introdução de espécies em ecossistemas marinhos, destacando a influência de atividades humanas como o transporte marítimo e a indução intencional, além da dispersão natural.

Figura 29: Esquema ilustrativo das principais vias de introdução de espécies em ecossistemas marinhos, evidenciando as rotas de dispersão natural e as influências decorrentes de atividades humanas, como transporte marítimo e introdução intencional.



Fonte: elaborado pela autora, 2024.

Os resultados analisados evidenciam a relevância de compreender os mecanismos e impactos da dispersão ecológica via georreferenciamento e registro sistemático de ocorrências de espécies, como destacam Calado et al. (2023), sobretudo no contexto da conservação e do manejo sustentável dos ecossistemas marinhos. Organizações como a União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) e a Comissão Oceanográfica Intergovernamental (COI) da UNESCO têm investido em pesquisas voltadas à compreensão da dinâmica de dispersão nos oceanos e à formulação de políticas externas para a preservação marinha. O círculo central enfatiza a complexidade dos processos ecológicos desde a sazonalidade, os limites de distribuição, as transformações no ecossistema e a nocividade da espécie. Navios e estruturas de petróleo atuam como vetores de espécies invasoras, conforme apontado por Godwin (2003). enquanto a figura do mergulhador ilustra a problemática da introdução intencional, como discutido por Moreira (2024).

DISCUSSÃO

O desenvolvimento da ferramenta interativa e colaborativa proposta nesta dissertação concentra-se na criação de um sistema para a coleta, organização e validação de dados relativos a espécies marinhas, com ênfase nas espécies exóticas invasoras. Esta ferramenta visa preencher lacunas existentes nos processos de monitoramento ambiental participativo, promovendo a integração entre dados científicos e informações provenientes de observadores locais, tais como pescadores, mergulhadores, gestores e voluntários.

A gestão dos bio-recursos marinhos está intrinsecamente relacionada ao desenvolvimento da ferramenta, uma vez que esta possibilita a coleta e análise colaborativa de informações sobre esses recursos biológicos, os quais possuem importância ambiental, econômica e cultural. Ao incorporar os princípios da ciência cidadã, do georreferenciamento e da gestão de bioinformações, a plataforma contribui para o fortalecimento da base de dados disponível para pesquisadores e instituições, ao mesmo tempo em que fomenta a inclusão social e a participação comunitária na conservação dos ecossistemas marinhos, conforme discutido por Bonney et al. (2014) e Silvertown (2009).

Entre os desafios enfrentados no processo de desenvolvimento, destaca-se a necessidade de conceber uma interface que garantisse, simultaneamente, usabilidade, acessibilidade e robustez científica, de modo a atender aos diversos perfis de usuários: Pesquisadores, membros da sociedade civil, comunidades tradicionais e operadores de turismo. Tal demanda exigiu um design que equilibrasse a facilidade de uso com os requisitos técnicos e científicos indispensáveis à qualidade da ferramenta. Este desafio é frequentemente discutido na literatura sobre ciência cidadã, conforme apontado por Bonney et al. (2009) e Pocock et al. (2017), que destacam a importância de alinhar acessibilidade e qualidade científica nas ferramentas colaborativas.

A segmentação de perfis de usuários demonstrou-se eficaz para o aprimoramento da experiência na plataforma, permitindo a personalização de funcionalidades conforme o tipo de interação esperada. Essa estratégia contribuiu para uma navegação mais intuitiva e relevante, conforme apontado por Nielsen (1995), ao favorecer o alinhamento entre as necessidades específicas dos usuários e os recursos disponíveis no sistema. A personalização baseada em perfis também

favorece o engajamento e a eficiência nas contribuições, indicando que a estrutura desenvolvida atende aos princípios de usabilidade e adaptação contínua.

A gestão hierarquizada de permissões, aplicada ao sistema desenvolvido, reflete princípios consolidados na literatura de segurança da informação, como o Princípio do Menor Privilégio e a Segregação de Funções (SANDHU & SAMARATI, 1994). Ao categorizar os níveis de acesso conforme os perfis de usuário, o sistema promove um ambiente controlado, onde as ações de cada indivíduo são limitadas às suas atribuições específicas. Essa abordagem contribui para a integridade da base de dados e mitiga riscos de acessos indevidos ou alterações não autorizadas. A estrutura adotada reforça a importância da governança digital em sistemas participativos, sobretudo aqueles voltados à coleta colaborativa de dados. O modelo implementado permite que os usuários avancem em sua participação ao tornarem-se membros, atribuindo-lhes novas permissões alinhadas ao grau de engajamento. Esse tipo de arquitetura não apenas garante a segurança da informação, como também organiza de forma eficiente a interação entre usuários e a ferramenta digital. Estudos recentes na área de sistemas interativos sustentam que a definição clara de papéis é fundamental para a confiabilidade do sistema, pois delimita as ações permitidas e facilita a auditoria das operações (BISHOP, 2003; NIST, 2004). Dessa forma, a abordagem adotada dialoga com práticas consolidadas no desenvolvimento de sistemas seguros e eficientes, ao mesmo tempo em que se adapta às necessidades específicas de participação e colaboração do projeto.

Procedimentos de curadoria e validação dos dados inseridos pelos usuários são também outros elementos de grande relevância no desenvolvimento de uma ferramenta digital. Considerando a diversidade dos colaboradores, que apresentam níveis distintos de conhecimento técnico e científico, torna-se imprescindível adotar estratégias que garantam a qualidade, a acurácia e a integridade das informações. Modelos consolidados como GBIF e iNaturalist combinam validação comunitária e revisão por especialistas para garantir a robustez dos dados (SULLIVAN et al., 2014; CHANDLER et al., 2017). Contudo, sua adaptação a contextos locais enfrenta desafios técnicos, financeiros e de engajamento, devido à infraestrutura complexa, à escassez de especialistas e ao menor número de colaboradores (GOODCHILD, 2007; DICKINSON et al., 2012). Além disso, a implementação exige capacidades para adoção de padrões internacionais, frequentemente ausentes em iniciativas regionais

(PETTORELLI et al., 2014). Portanto, estratégias específicas são necessárias para superar essas limitações.

A integração de dados georreferenciados, registros fotográficos e metadados ambientais configurou-se como uma das etapas tecnicamente mais complexas do projeto. Este processo exigiu não apenas o desenvolvimento de soluções de interoperabilidade entre diferentes sistemas de dados, mas também a adoção de padrões que assegurem a integridade, consistência e reprodutibilidade das informações. Este tipo de desafio técnico é amplamente discutido na literatura especializada, como evidenciado por Newman et al. (2012), que analisam as barreiras enfrentadas por ferramentas voltadas à coleta colaborativa de dados ambientais, especialmente no que tange ao gerenciamento de dados espaciais e multimídia. O Código 1 oferece uma solução funcional para o registro de ocorrências georreferenciadas com imagem, porém foram implementadas melhorias que aumentam sua robustez e usabilidade. Destaca-se a adição de um botão para copiar e colar coordenadas, evitando erros de digitação sem depender de serviços pagos de georreferenciamento. Também foram inseridos feedbacks visuais com mensagens de envio e relatório de dados, além da recomendação de substituir o servidor local por um domínio seguro e aplicar validações e mecanismos de segurança. Essas melhorias aproximam a solução de um sistema viável para projetos de ciência cidadã.

A escolha do **Leaflet.js** como biblioteca de visualização geoespacial foi fundamentada em uma análise criteriosa das principais soluções disponíveis, considerando aspectos técnicos, operacionais e de viabilidade para aplicações acadêmicas e públicas. Conforme demonstrado na Tabela 1, o Leaflet destacou-se por sua leveza, simplicidade de implementação e ampla compatibilidade com dados cartográficos abertos, como os fornecidos pelo OpenStreetMap. Esses atributos foram decisivos para garantir uma interface responsiva e de fácil manutenção, especialmente em contextos de acesso público e participação distribuída. Estudos como os de Haklay (2013) e Antoniou et al. (2023) reforçam a importância do uso de tecnologias acessíveis e de código aberto para a promoção da ciência cidadã e da democratização do acesso à informação geográfica. Em comparação com alternativas como OpenLayers e Mapbox GL JS, o Leaflet apresentou menor complexidade técnica e maior sustentabilidade a longo prazo, uma vez que não impõe custos de uso nem dependência de serviços proprietários. Tais características estão alinhadas aos princípios de acessibilidade e transparência que orientam o desenvolvimento de

ferramentas voltadas à ciência aberta e à visualização colaborativa de dados ambientais (GOODCHILD, 2007; FRITZ et al., 2019).

Complementarmente, a escolha da biblioteca Leaflet para a implementação dos mapas interativos foi guiada por sua flexibilidade, caráter de código aberto e ampla adoção na visualização de dados geoespaciais em aplicações web. Embora o conceito de integração tenha sido inspirado em exemplos de uso da ferramenta em sistemas de monitoramento de ocorrências é importante ressaltar que o Leaflet não foi originalmente desenvolvido para este propósito específico, mas como uma solução genérica para mapas interativos, conforme apresentado no Código 01 (página 15). A adaptação para o contexto de visualização de ocorrências de espécies marinhas invasoras demonstra a versatilidade da ferramenta. Apresentamos os trechos relevantes dos códigos-fonte na seção de Metodologia, uma vez que o desempenho dos códigos ou sua eficiência técnica não constituíram objeto de análise da presente dissertação. Da mesma forma, não foi realizada uma construção completa de código original, mas uma aplicação criativa e adaptada de recursos disponíveis, com foco na viabilidade de um levantamento digital de baixo custo e alta aplicabilidade prática. A partir dessa abordagem, foi possível estruturar a coleta dos dados desde o momento do avistamento até sua representação espacial, culminando na visualização interativa das ocorrências em mapas (Código 02, p. 30), o que facilita a interpretação e análise das distribuições espaciais das espécies monitoradas. A utilização do Leaflet, biblioteca open source para mapas interativos, tem se mostrado eficaz em projetos de monitoramento ambiental e ciência cidadã, facilitando a participação comunitária e a integração de dados diversos (GOODCHILD, 2007), permitindo a construção de uma interface acessível e responsiva, contribuindo para o engajamento dos usuários e a qualidade dos dados coletados.

Diante dos desafios enfrentados, recomenda-se como estratégia prioritária a integração da ferramenta com bases de dados já consolidadas, como o Ocean Biodiversity Information System (OBIS) e o próprio GBIF. Esta integração permite não apenas aumentar a visibilidade dos dados gerados, mas também fortalecer os processos de validação cruzada e retroalimentação científica, além de favorecer a ampliação da rede local de colaboradores e especialistas. Ademais, considera-se altamente relevante a incorporação de algoritmos baseados em aprendizado de máquina, capazes de auxiliar na identificação de espécies, na detecção de padrões

anômalos e na prevenção de erros nos registros, conforme proposto por Wäldchen e Mäder (2018) em seus estudos sobre reconhecimento automatizado de espécies.

Embora ferramentas colaborativas como a proposta nesta dissertação não substituam integralmente os métodos tradicionais de levantamento científico, elas oferecem uma ampliação significativa da capacidade de monitoramento e vigilância ambiental. Esta constatação é corroborada por diversos estudos, incluindo os de Silvertown (2009) e Dick et al. (2017), que destacam o papel estratégico das ferramentas de ciência cidadã na detecção precoce de espécies invasoras e no fortalecimento das ações de gestão ambiental, especialmente em regiões com desafios logísticos e de infraestrutura.

Apesar dos avanços alcançados, a ferramenta apresenta limitações que precisam ser consideradas no aprimoramento contínuo da ferramenta. A ausência de mecanismos automatizados para identificação de inconsistências, erros e duplicações nas informações inseridas representa uma das principais fragilidades da versão atual. Além disso, observa-se a necessidade de aprimoramento nos canais de comunicação e feedback entre os usuários e a equipe de moderação, de modo a garantir que dúvidas, sugestões e correções sejam processadas de maneira ágil, transparente e eficaz. Essas questões são recorrentes em projetos de ciência cidadã, especialmente no que se refere à manutenção do engajamento dos participantes e à consolidação de comunidades ativas e colaborativas, conforme discutem Bonney et al. (2014).

Em um contexto nacional marcado por limitações estruturais, a implementação de uma ferramenta colaborativa e acessível configura-se como estratégia eficaz. Ao integrar ciência, sociedade e gestão pública, a solução contribui para o avanço da biotecnologia marinha e para práticas alinhadas aos princípios da ciência aberta e da ciência cidadã. Assim, promove-se a democratização da informação, o fortalecimento da colaboração na geração de dados ambientais e o engajamento coletivo na conservação dos ecossistemas marinhos. A presente ferramenta desenvolvida surge como uma proposta de alto potencial replicável e escalável, apoiando a gestão sustentável da biodiversidade marinha.

CONCLUSÃO

A ferramenta desenvolvida demonstrou-se inovadora, eficiente e relevante para o monitoramento e a gestão da biodiversidade marinha, destacando-se na coleta, validação e análise de dados sobre espécies, com ênfase no acompanhamento de espécies exóticas, invasoras e ameaçadas. Seu impacto foi evidenciado pelo crescente interesse de diversos grupos, incluindo pesquisadores, gestores, comunidades locais e instituições, especialmente à medida que suas funcionalidades foram aprimoradas.

O desenvolvimento guiado por um sistema de feedback contínuo, aliado à escuta ativa das demandas dos usuários e à realização de parcerias estratégicas, foi fundamental para o aprimoramento progressivo da ferramenta. Além disso, os códigos-fonte da ferramenta foram desenvolvidos de forma modular e aberta, permitindo que possam ser incorporados por outras ferramentas de gestão de dados que desejem implementar funcionalidades voltadas ao monitoramento ambiental com suporte a georreferenciamento, ampliando, assim, seu potencial de aplicabilidade em diferentes contextos institucionais e territoriais.

Entre os desafios enfrentados, destacou-se a constante necessidade de adaptação às normas legais, especialmente no que se refere ao uso e à proteção de dados sensíveis, como informações sobre espécies ameaçadas. Embora a ferramenta tenha alcançado conformidade com a legislação vigente, tornou-se evidente que esse é um processo contínuo, que exige atualizações periódicas para assegurar a integridade, a segurança dos dados e o alinhamento ético da iniciativa.

A análise dos resultados evidenciou que a ferramenta não se limita ao papel tradicional de repositório de dados, mas se consolida quando se apresenta como um sistema integrado, que assegura qualidade, relevância e usabilidade das informações para apoio ao monitoramento e à gestão ambiental. Esses elementos foram determinantes para qualificar as ações de monitoramento e gestão de espécies, contribuindo efetivamente para a detecção, o acompanhamento e o controle de bioinvasões, bem como para fortalecer estratégias de conservação.

A adoção do Leaflet.js como solução para visualização geoespacial demonstrou-se estratégica para o alcance dos objetivos propostos por esta pesquisa, especialmente no que se refere à construção de uma ferramenta acessível, interativa e alinhada aos princípios da ciência aberta. Sua leveza, compatibilidade com dados

cartográficos livres e facilidade de customização permitiram a criação de uma interface funcional e responsiva, adequada tanto à participação pública quanto à gestão técnica da informação. Essa decisão metodológica reforça a importância de ferramentas de código aberto no fortalecimento de iniciativas de ciência cidadã, conforme argumentam Haklay (2013), Antoniou et al. (2023) e Fritz et al. (2019). Além de assegurar a transparência e a autonomia tecnológica, o uso do Leaflet contribui para a democratização do acesso à informação espacial, como já discutido por Goodchild (2007), consolidando seu papel como recurso eficaz em projetos colaborativos voltados à conservação ambiental e à coleta distribuída de dados.

A coleta responsável, a gestão eficaz das informações e a incorporação de mecanismos de validação colaborativa não apenas fortaleceram a credibilidade da ferramenta, como também ampliaram o engajamento dos usuários, consolidando-se como uma solução dinâmica e responsiva às necessidades do monitoramento ambiental. Além da coleta, a ferramenta estabeleceu procedimentos robustos de controle de qualidade, assegurando que os dados sejam não apenas precisos, mas também aplicáveis às demandas da conservação. Este processo resultou em melhorias significativas na confiabilidade dos dados, na experiência dos usuários e na capacidade da ferramenta de gerar relatórios customizados, com filtros interativos que facilitam a análise, interpretação e tomada de decisão.

A validação colaborativa, realizada entre usuários, especialistas e comunidades, destacou-se como um diferencial metodológico que fortaleceu a integração entre ciência, sociedade e gestão ambiental. Essa abordagem mostrou-se particularmente eficaz no monitoramento de espécies de interesse ecológico, seja pela ameaça que representam, como no caso das bioinvasoras, ou pela necessidade de conservação.

As ações de divulgação científica e a articulação com redes de ciência cidadã reforçaram a necessidade de avaliações futuras mais aprofundadas, especialmente quanto à adesão dos usuários, à qualidade dos registros e ao perfil dos colaboradores. Assim, o aprimoramento constante da ferramenta se configura como um caminho promissor para fortalecer as tecnologias digitais aplicadas ao monitoramento ambiental, consolidando-a como recurso essencial na gestão da biodiversidade marinha, com impacto direto no controle de bioinvasões e na conservação de espécies ameaçadas.

PERSPECTIVA

Este estudo pretende expandir e sistematizar a avaliação das ferramentas existentes, analisando suas funcionalidades e aplicabilidades no contexto da conservação marinha e do monitoramento de espécies. Além disso, busca criar mecanismos de integração com o banco de dados SIBBr, promovendo a centralização e o compartilhamento de informações entre diferentes plataformas e sistemas de monitoramento.

Para compreender as necessidades dos usuários e aprimorar a experiência na ferramenta, serão desenvolvidas análises sobre percepção e usabilidade, abrangendo cidadãos, cientistas e gestores ambientais. Adicionalmente, testes serão conduzidos para avaliar a eficiência e o desempenho das ferramentas implementadas, bem como para identificar preferências e demandas de usabilidade conforme o perfil de cada usuário.

Inserido no escopo de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), este trabalho também propõe um conjunto de parâmetros para avaliar a qualidade das contribuições de dados sobre espécies marinhas exóticas, invasoras e ameaçadas, assegurando a confiabilidade das informações coletadas. Os dados da ferramenta serão disponibilizados tanto ao público quanto a instituições como o ICMBio, possibilitando o acesso a informações essenciais para campanhas governamentais de conservação. Dessa forma, espera-se que essa colaboração contribua para a divulgação de ações de preservação e o fortalecimento das políticas públicas ambientais, aprimorando o monitoramento da biodiversidade marinha.

Futuras pesquisas, que invistam em processos contínuos de pesquisa e desenvolvimento (P&D), e busquem soluções que equilibrem inovação tecnológica, acessibilidade e confiabilidade das informações para fortalecer a conservação das espécies marinhas, podem reestruturar o fluxo das ações. Por fim, este estudo busca contribuir para o avanço das tecnologias digitais aplicadas à conservação ambiental, fornecendo diretrizes para o desenvolvimento de ferramentas mais robustas e eficientes na agregação e análise de dados sobre biodiversidade marinha.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTONIOU, V. **Volunteered geographic information, citizen science and machine learning in the service of sustainable development goals and the Sendai framework. *Citizen Science: Theory and Practice***, v. 5, n. 1, p. 1–11, 2023. DOI: <https://doi.org/10.5334/cstp.568> . Acesso em: 24 jul.
- ALMAHASHEER, H.; SERRANO, O.; DUARTE, C. M.; IRIGOIEN, X. **Remobilization of heavy metals by mangrove leaves. *Frontiers in Marine Science***, v. 5, p. 484, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00484>. Acesso em: 8 set. 2025.
- BECK, K. et al. **Manifesto for Agile Software Development**. 2001. Disponível em: <https://agilemanifesto.org/> Acesso em: 24 jul. 2025.
- BERKES, Fikret. **Sacred ecology**. 3. ed. New York: Routledge, 2009.
- BONNEY, R. et al. **Citizen science: a developing tool for expanding science knowledge and scientific literacy. *BioScience***, v. 59, n. 11, p. 977-984, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.11.9>
- BONNEY, R.; SHIRK, J. L.; PHILLIPS, T. B.; WIGGINS, A.; BALLARD, H. L.; MILLER-RUSHING, A. J.; PARRISH, J. K. **Next steps for citizen science. *Science***, v. 343, n. 6178, p. 1436–1437, 2014. Disponível em: <https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.1251554>. Acesso em: 24 jul. 2025.
- BOSTOCK, M.; OGIEVETSKY, V.; HEER, J. D3 **Data-Driven Documents. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics***, v. 17, n. 12, p. 2301–2309, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TVCG.2011.185> . Acesso em: 27 jul. 2025.
- BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Avaliação dos registros de dados sobre a biodiversidade brasileira. Agência IBGE de Notícias**, 2022. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/38420-ibge-avalia-os-registros-de-dados-sobre-a-biodiversidade-brasileira>. Acesso em: 24 jul. 2025.
- BISHOP, M. **Computer security: art and science. Boston: Addison-Wesley**, 2003. <https://dl.acm.org/doi/abs/10.5555/1036280>
- CALADO, L.; COSENZA, B.; MORAES, F. L.; MIZRAHI, D.; XAVIER, F. C.; BATISTA, D.; CALAZANS, S. H.; COUTINHO, R. **Numerical dispersion of sun coral larvae (*Tubastraea spp.*) in the Brazilian Southeast coast. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MARINE BIOINVASIONS**, 11., 2023, Baltimore. *Anais [...]*. Baltimore: [s.n.], maio 2023. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/374900770_Numerical_dispersion_of_sun_coral_larvae_tubastraea_spp_in_the_brazilian_southeast_coast. Acesso em: 24 jul. 2025.
- CHANDLER, M. et al. **Contribution of citizen science towards international biodiversity monitoring. *Biological Conservation***, v. 213, p. 280-294, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.09.004> Acesso em: 27 jul. 2025.
- CHART.JS. Chart.js – **Open Source JavaScript charting library. [S.l.]: Chart.js**, 2025. Disponível em: <https://www.chartjs.org/>. Acesso em: 24 jul. 2025.
- COSTANZA, R. et al. **The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature***, v. 387, p. 253–260, 1997. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/387253a0>. Acesso em: 27 jul. 2025.
- COX, J. G. et al. **Zooniverse and the power of crowdsourced citizen science. *Nature***, v. 568, p. 469-472, 2019. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7106413>. Acesso em: 22 set. 2025.
- DICK, J. et al. **Using ecosystem service models to guide decision making: Lessons from policy and practice. *Ecosystem Services***, v. 29, p. 449–465, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.11.005>

DICKINSON, J. L.; ZUCKERBERG, B.; BONTER, D. N. **Citizen science as an ecological research tool: challenges and benefits. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics***, v. 41, p. 149–172, 2012. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-102209-144636>

EDGAR, G. J. et al. **Reef Life Survey: establishing the ecological basis for sustainable management of marine biodiversity. *Biological Conservation***, v. 201, p. 200-211, 2016. <https://digital.csic.es/handle/10261/222924>

ESPECIES.INFO. **Ferramenta interativa e colaborativa: um agregador sobre espécies marinhas**. 2023. Disponível em: <https://www.especies.info/> ; <https://especiesinfo.wixsite.com/> . Acesso em: 23 jun. 2025.

FERRAIOLI, D.; KUHN, R. **Role-based access control models. *IEEE Computer***, v. 29, n. 2, p. 38-47, fev. 1996. DOI: 10.1109/2.485845. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/485845>. Acesso em: 28 jul. 2025.

FERRAIOLI, D.; KUHN, R.; CHANDRAMOULI, R. **Role-based access control (RBAC): Features and motivations. *Proceedings of 11th Annual Computer Security Application Conference***, p. 241–248, 2003. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/1251715> . Acesso em: 28 jul. 2025.

FRITZ, S. et al. **Citizen science and the United Nations Sustainable Development Goals. *Nature Sustainability***, v. 2, p. 922–930, 2019. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41893-019-0390-3>. Acesso em: 28 jul. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0390-3>.

GLOBAL BIODIVERSITY INFORMATION FACILITY – GBIF. Disponível em: <https://www.gbif.org>. Acesso em: 15 jun. 2023.

GOODCHILD, M. F. **Citizens as sensors: the world of volunteered geography. *GeoJournal***, v. 69, p. 211–221, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10708-007-9111-y>

GODWIN, L. Scott. **Hull fouling of maritime vessels as a pathway for marine species invasions to the Hawaiian Islands. *Biofouling***, v. 19, n. S1, p. 123–131, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1080/0892701031000061750>.

GUTMANN, P. **Cryptographic security architecture: design and verification. Boston: Springer**, 2004. ISBN 978-0387953878. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/b97264> . Acesso em: 24 jul. 2025.

INATURALIST. **iNaturalist: connecting people to nature**. Disponível em: <https://www.inaturalist.org>. Acesso em: 24 fev. 2024.

HAKLAY, M. **Citizen science and volunteered geographic information – overview and typology of participation**. In: SUI, D.; GOODCHILD, M. F.; ELWOOD, S. (org.). **Crowdsourcing geographic knowledge: volunteered geographic information (VGI) in theory and practice. Dordrecht: Springer**, 2013. p. 105–122. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4587-2_7

HOLOVATY, A.; KAPLAN-MOSS, J. **The Definitive Guide to Django: Web Development Done Right. 2. ed. Berkeley: Apress**, 2009. <https://www.lob.de/pdf/9781590597255.pdf>

HOBBS, R. J. **Invasive species in a changing world**. Island Press, 2000.

iNaturalist.(n.d.), [Especify project]. Retrieved Day Month year, from www.inaturalist.org/

IPBES – INTERGOVERNMENTAL SCIENCE-POLICY PLATFORM ON BIODIVERSITY AND ECOSYSTEM SERVICES. **Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. BONN: IPBES Secretariat**, 2019. Disponível em: <https://ipbes.net/global-assessment>. Acesso em: 27 jul. 2025.

IPBES – INTERGOVERNMENTAL SCIENCE-POLICY PLATFORM ON BIODIVERSITY AND ECOSYSTEM SERVICES. **Assessment Report on Invasive Alien Species and their Control. Bonn: IPBES Secretariat**, 2024. Disponível em: <https://ipbes.net/ias>. Acesso em: 27 jul. 2025.

KASPEROWSKI, D.; HILLMAN, T. **The epistemic culture in an online citizen science project: Programs, antiprograms and epistemic subjects.** *Social Studies of Science*, v. 48, n. 5, p. 663–688, 2018. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/0306312718778806>. Acesso em: 15 maio 2025 .

MDN WEB DOCS. HTTPS - HTTP Secure. Mozilla Foundation. Disponível em: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/HTTP/Overview>. Acesso em: 15 maio 2025.

MEYER, Miriah et al. **Visual narrative flow: exploring factors shaping data visualization story reading experiences.** *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, p. 3419–3430, 2017. Disponível em: <https://miriah.github.io/publications/narrative-flow.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2025.

MEYER, Miriah; MUNZNER, Tamara; SEDLMAIR, Michael. **The design activity framework: a design tool for visualization.** *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, v. 20, n. 12, p. 2191–2200, 2014. Disponível em: <https://miriah.github.io/publications/daf.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2025.

MIRANDA, R. J. **Invasive Sun Corals on Brazilian Coral Reefs: Monitoring, Management, and Communication.** *The Rufford Foundation*, 2023. Disponível em: <https://www.rufford.org/projects/ricardo-jessouroun-de-miranda/invasive-sun-corals-on-brazilian-coral-reefs-monitoring-management-and-communication/> . Acesso em: 27 jul. 2025.

MOREIRA, Eduarda Antunes. **Espécies exóticas invasoras causam danos à biodiversidade, à saúde e prejuízos bilionários.** *BIOTA+20*, 13 mar. 2024. Disponível em: <https://www.biota.org.br/especies-exoticas-invasoras-causam-danos-a-biodiversidade-nativa-e-a-saude-alem-de-prejuizos-bilionarios/> Acesso em: 24 jun. 2025.

NEWMAN, G. et al. **The future of citizen science: Emerging technologies and shifting paradigms.** *Frontiers in Ecology and the Environment*, v. 10, n. 6, p. 298-304, 2012. <https://doi.org/10.1890/110294>.

NIELSEN, Jakob. **Usability engineering.** *San Francisco: Morgan Kaufmann*, 2012.

NIELSEN, Jakob. **Ten usability heuristics.** [S.l.]: Nielsen Norman Group, 1995. Revisado em 2020. Disponível em: <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/> Acesso em: 27 jul. 2025.

NIST – NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. **Standards for security categorization of federal information and information systems.** FIPS PUB 199, 2004. Disponível em: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/FIPS/NIST.FIPS.199.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2025.

NIST – NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. **Guide to Attribute Based Access Control (ABAC) Definition and Considerations.** *NIST Special Publication* 800-162, 2014. Disponível em: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/specialpublications/nist.sp.800-162.pdf> . Acesso em: 28 jul. 2025.

NORMAN, Don A. **The design of everyday things. Revised and expanded ed.** *New York: Basic Books*, 2013. Disponível em: <https://dl.icdst.org/pdfs/files4/4bb8d08a9b309df7d86e62ec4056ceef.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2025.

OBIS – OCEAN BIODIVERSITY INFORMATION SYSTEM. **OBIS: The Ocean Biodiversity Information System.** [S.l.]: OBIS, [s.d.]. Disponível em: <https://obis.org>. Acesso em: 24 jun. 2025.

UNITED NATIONS. **World sustainable development report 2019: The future is now – science for achieving sustainable development.** *New York: United Nations*, 2019. Disponível em: https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/24797WSDR_report_2019.pdf Acesso em: 27 jul. 2025. Acesso em: 23 jun. 2025.

OFWEGEN, L. P. van. **New species of the genus *Chromonephthea* (Octocorallia: Nephtheidae) from Indonesia and Brazil.** *Zoologische Mededelingen*, v. 79, p. 309–329, 2005.

OSTROM, E. **Governing the commons: the evolution of institutions for collective action.** Cambridge: Cambridge University Press, 1990. https://www.actu-environnement.com/media/pdf/ostrom_1990.pdf

PATEL, I. **Why Wix.com is the best choice for your business or eCommerce website.** LinkedIn, 6 nov. 2022. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/why-wixcom-best-choice-your-business-e-commerce-ismail-patel->. Acesso em: 15 maio 2025.

PETTORELLI, N. et al. **Satellite remote sensing for applied ecologists: opportunities and challenges.** *Journal of Applied Ecology*, v. 51, n. 4, p. 839–848, 2014. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12261>

PYŠEK, P. et al. **Scientists' warning on invasive alien species.** *Biological Reviews*, v. 95, n. 6, p. 1511–1534, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/brv.12627> . Acesso em: 8 set. 2025.

POCOCK, M. J. O. et al. **The diversity and evolution of ecological and environmental citizen science.** *PLOS ONE*, v. 12, n. 4, e0172579, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172579> . Acesso em: 8 set. 2025.

RESCORLA, E. **HTTP Over TLS.** *IETF – Internet Engineering Task Force*, RFC 2818, 2000. Disponível em: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc2818> . Acesso em: 15 maio 2025.

SANDHU, R.; SAMARATI, P. **Access control: principles and practice.** *IEEE Communications Magazine*, v. 32, n. 9, p. 40–48, 1994. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/35.312842> . Acesso em: 8 set. 2025.

SHNEIDERMAN, Ben. **Designing the user interface: strategies for effective human-computer interaction.** 3. ed. Reading: Addison-Wesley, 1998. Disponível em: <https://www.amazon.com/Designing-User-Interface-Ben-Shneiderman/dp/0201694972> . Acesso em: 24 jul. 2025.

SILVA, C. et al. **Tecnologias geoespaciais para monitoramento ambiental: desafios e oportunidades.** *Geospatial Technologies Journal*, v. 7, p. 34–49, 2019. Disponível em: <https://www.revistacaribena.com/ojs/index.php/rccs/article/view/4471> . Acesso em: 24 jul. 2025.

SILVA, J. et al. **Monitoramento e controle de espécies invasoras no Brasil: desafios e perspectivas.** *Revista Brasileira de Ecologia*, v. 8, p. 112–130, 2020. Disponível em: <https://seb-ecologia.org.br/revistas/2020/2020.pdf> . Acesso em: 24 jul. 2025.

SILVERTOWN, J. **A new dawn for citizen science.** *Trends in Ecology & Evolution*, v. 24, n. 9, p. 467–471, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.03.017> . Acesso em: 8 set. 2025.

SIMBERLOFF, D. et al. **Invasive species: what everyone needs to know.** *Oxford University Press*, 2020.

SULLIVAN, B. L. et al. **eBird: a citizen-based bird observation network in the biological sciences.** *Biological Conservation*, v. 142, p. 2282–2292, 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S000632070900216X>. Acesso em: 8 set. 2025.

SULLIVAN, B. L. et al. **The eBird enterprise: An integrated approach to development and application of citizen science.** *Biological Conservation*, v. 169, p. 31–40, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.11.003> . Acesso em: 8 set. 2025.

SÜHS, Rafael Barbizan; ZENNI, Rafael Dudeque; ZILLER, Sílvia Renate; et al. **Invasive non-native species in Brazil: an updated overview.** *Biological Invasions*, v. 26, n. 8, p. 2397–2405, 2024. DOI: 10.1007/s10530-024-03302-9. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10530-024-03302-9>. Acesso em: 12 set. 2025.

SÜHS, Rafael Barbizan; ZILLER, Sílvia Renate; ROSA, Clarissa Alves da; et al. **Banco de dados georreferenciado de ocorrências de espécies invasoras não nativas no Brasil.** *Scientific Data*, v. 12, art. 1619, 2025. DOI: 10.1038/s41597-025-05904-x. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41597-025-05904-x>. Acesso em: 06 out. 2025.

VIEIRA, E. A.; SOUZA, L. R.; LONGO, G. O. ***Diving into science and conservation: recreational divers can monitor reef assemblages. Perspectives in Ecology and Conservation***, v. 18, n. 1, p. 51–59, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2019.12.001>. Acesso em: 8 set. 2025.

WÄLDCHEN, J.; MÄDER, P. ***Plant species identification using computer vision techniques: A systematic literature review. Archives of Computational Methods in Engineering***, v. 25, p. 507–543, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11831-016-9206-z> . Acesso em: 8 set. 2025.

WIX. Integrating External Databases with Your Wix Site. Wix Developers, 2025. Disponível em: <https://dev.wix.com/docs/develop-websites/articles/databases/external-databases/overview/integrating-external-databases-with-your-wix-site> . Acesso em: 15 maio 2025.

WORLD WIDE WEB CONSORTIUM (W3C). Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web (WCAG) 2.1. 2018. Disponível em: <https://www.w3.org/TR/WCAG21/>. Acesso em: [data].

WORM, Boris *et al.* ***Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. Science, Washington***, DC, v. 314, n. 5800, p. 787–790, 2006. Disponível em: <https://cdn.ioos.noaa.gov/media/2017/12/worm-et-al.pdf>. Acesso em: 24 jul. 2025.

APÊNDICES E ANEXOS

Anexo 01 - Planilha espelhada de Registro de Ocorrências -

disponível em <https://www.especies.info/banco-de-dados-ocorrencia>

09/02/2025, 22:03

OCORRENCIA

ESPECIES.info

LIVRE E GRATUITO

Olá, Ludmila Rodrigues Travassos

Quem somos REGISTRAR OCORRÊNCIA 1 CATÁLOGO 2 FÓRUM 3 NOTÍCIAS 4 GRUPOS SUPORTE

AGRADECEMOS SEU ENVIO

ENVIAR MAIS OCORRÊNCIAS 1 CATÁLOGO

Registro	Espécie monitorada	Opções	Latitude	Longitude	Referência	Autores	Identificação	Galeria de imagens
08/02/2025	Coral-sol	AVISTADO (indique)	1.8850812700362.007663249968		Praia do Forte			
08/02/2025	Coral-sol	AVISTADO (indique)	-2.78885	-39.91024	Naufrágio Eugene Thayer			
08/02/2025	Peixe-leão	PUBLICADO (anexo)	-2.824	-40.16735	Cruz Ceará No ~ 6m Natural / Soares, Marcel	Marcelo O. Soares, Marcel		
08/02/2025	Coral-sol	VALIDADO (Especialista)	-22.96521	-41.99973	Saco do Cardeiro	Batista et al 2024		
08/02/2025	Peixe-leão	PUBLICADO (anexo)	-28.7033	-41.13748	Maranhão do Barroquinha Ceará Yes. Environmental	Marcelo O. Soares, Marcel		
08/02/2025	Coral-sol	AVISTADO (indique)	-8.06317	-34.77805	Naufrágio Virgos			
08/02/2025	Peixe-leão	PUBLICADO (anexo)	-2.81386	-41.67589	Luis Correia Piauí Yes. Environmental	Marcelo O. Soares, Marcel		
08/02/2025	Peixe-leão	PUBLICADO (anexo)	-28.7338	-41.10397	Barroquinha Ceará No ~ 2m Natural / Soares, Marcel	Marcelo O. Soares, Marcel		
08/02/2025	Coral-sol	PUBLICADO (anexo)	-22.8649	-41.97788	Pérola ponta da Cabana do Camocim	Araújo et al 2016		
08/02/2025	Peixe-leão	PUBLICADO (anexo)	-28.9228	-40.84039	Ceará No 3- Am Natural / Soares, Marcel	Marcelo O. Soares, Marcel		
08/02/2025	Coral-sol	VALIDADO (Especialista)	-22.96676	-41.9939	Ponta do Saltador	Batista et al 2024		
08/02/2025	Peixe-leão	AVISTADO (indique)	3.5167880548745.438117980957		Naufrágio do Dragão			
08/02/2025	Coral-sol	PUBLICADO (anexo)	-23°47.437'S; -45°08.653'W		Ilhotas à nordeste da Ilha de Róme	Mantelatto et al 2011		
08/02/2025	Coral-sol	AVISTADO (indique)	-27.27288	-48.37248	Ilhas do Arvoredo Ponta M			
08/02/2025	Coral-sol	AVISTADO (indique)	-22.97938	-41.98197	Ponta Leste da Ilha do Farol			
08/02/2025	Coral-sol	AVISTADO (indique)	-22.97938	-41.98197	Enseada do Anequim na Ilha do Farol			
08/02/2025	Peixe-leão	PUBLICADO (anexo)	-2.8349	-41.6481	Luis Correia Piauí Yes. Environmental	Marcelo O. Soares, Marcel		
08/02/2025	Coral-sol	PUBLICADO (anexo)	-23.01902	-44.48887	Baía da Ilha Grande	de Paula et al 2004		
08/02/2025	Mexilhão-verde	AVISTADO (indique)	2.9736472351212.019186019897		Próximo ao pier flutuante			

<https://www.especies.info/banco-de-dados-ocorrencia>

1/5

Anexo 02 - Contribuições do Fórum

disponível em <https://www.especies.info/forum-observador>

The image shows two screenshots of the ESPECIES.info website. The top screenshot displays the main forum page with a red banner for 'ALERTAR REGISTRO DE OCORRÊNCIA'. Below the banner, there are two featured species: 'Coral-sol' and 'Mexilhão-verde', both labeled as 'ESPÉCIE INVASORA'. The bottom screenshot shows a detailed view of the 'Coral-sol' species page, which includes a list of observations and comments. The observations are filtered by 'Malaria dos comentários' and show three entries by Gabriel Garcia, each with a date and location. The first entry is dated 20/07/2024, the second 06/07/2024, and the third 13/07/2024. The third entry is dated 12/07/2024. The page also includes a 'Curtir' button and a 'Comentários' button.

especies.info/forum-observador

ESPECIES.info

LIVRE E GRATUITO

Quem somos REGISTRAR OCORRÊNCIA 1 CATÁLOGO 2 FÓRUM 3 NOTÍCIAS 4 GRUPOS SUPORTE +

Categorias Todos os posts Meus posts

Buscar

ALERTAR
REGISTRO DE OCORRÊNCIA

RELATAR AQUI

Coral-sol Seguindo
159 4
ESPÉCIE INVASORA

Mexilhão-verde Seguindo
0 0
ESPÉCIE INVASORA

Coral-sol | ESPECIES.info

especies.info/forum-observador/coral-sol

ESPECIES.info

LIVRE E GRATUITO

Quem somos REGISTRAR OCORRÊNCIA 1 CATÁLOGO 2 FÓRUM 3 NOTÍCIAS 4 GRUPOS SUPORTE +

Categorias Todos os posts Meus posts

Buscar

Coral-sol
ESPÉCIE INVASORA

Filtrar por: Malaria dos comentários

Mais ações Quer agregar?

Gabriel Garcia
Coral observado na Enseada do Ferreiro na ilha do Farol em Arraial do Cabo/RJ, no dia 20/07/2024.
1 1 42 25 de jul. de 2024
Curtir Comentários

Gabriel Garcia
Coral-sol observado dia 06/07/2024, na Enseada do Anequim, na Ilha do Farol, Arraial do Cabo/RJ

Gabriel Garcia
Coral-Sol observado dia 13/07/2024, na Enseada da Abobrinha, Ilha do Farol em Arraial do Cabo/RJ

Gabriel Garcia
Coral-sol observado dia 12/07/2024 na Ponta Leste da Ilha do Farol, Arraial do Cabo/RJ

Anexo 03 - Ficha de Espécies com planilha espelhada -

<https://www.especies.info/banco-de-dados-coral-sol>


LIVRE E GRATUITO
ENTRAR

[Quem somos](#)
[REGISTRAR OCORRÊNCIA](#)
[1 CATÁLOGO](#)
[2 FÓRUM](#)
[3 NOTÍCIAS](#)
[4 GRUPOS](#)
[SUPORTE](#)

Coral-sol

BANCO DE DADOS







O coral-sol (*Tubastraea spp.*) é uma espécie invasora que forma colônias densas, competindo por espaço e recursos com os corais nativos e alterando a dinâmica das populações.

#RECURSOSAMBIENTAIS



Coral-sol

A Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) é um marco regulatório que coloca o consentimento do titular dos dados como um dos pilares centrais no tratamento de informações pessoais. Sob a perspectiva "seu consentimento é Lei", a LGPD garante que nenhum dado pessoal pode ser coletado, armazenado ou processado sem a autorização clara e explícita do indivíduo, exceto em situações previstas em lei. Isso assegura que os direitos do cidadão sejam respeitados, conferindo-lhe controle total sobre como suas informações são utilizadas. A LGPD não apenas protege a privacidade, mas também reforça a responsabilidade das organizações, estabelecendo que o consentimento do usuário tem força legal e deve sempre ser respeitado.



Ocorrências

Espécies monitoradas	BANCO DE DADOS (List)	Cientista Cidadão	Latitude	Longitude	ESTADO	Cidade	País	Galeria de mídia	Multidocumentos
Coral-sol	/banco-de-dados/	Gabriel Garcia	'-22.9892478480'	'-41.9737962488'	RJ	Arraial do Cabo		[object Object]	
Coral-sol	/banco-de-dados/	Travassos L.R.	'-8.06317	'-34.77805	PE	Recife	Brasil		
Coral-sol	/banco-de-dados/	Travassos L.R.	'-22.96521	'-41.99973	RJ	Arraial do Cabo	Brasil		
Coral-sol	/banco-de-dados/	Travassos L.R.	'-2.78885	'-39.91024	CE	Espraíado	Brasil		
Coral-sol	/banco-de-dados/	Travassos L.R.	'-5.17758	'-35.37146	RN	Touros	Brasil		
Coral-sol	/banco-de-dados/	Travassos L.R.	'-22.96916	'-41.99132	RJ	Arraial do Cabo	Brasil		
Coral-sol	/banco-de-dados/	Travassos L.R.	'-23.11487	'-44.26146	RJ	Angra dos Reis	Brasil		
Coral-sol	/banco-de-dados/	Travassos L.R.	'-22.96371	'-41.99012	RJ	Arraial do Cabo	Brasil		
Coral-sol	/banco-de-dados/	Travassos L.R.	'-22.9649	'-41.99744	RJ	Arraial do Cabo	Brasil		
Coral-sol	/banco-de-dados/	Travassos L.R.	'-22.9370	'-43.20532	RJ	Arraial do Cabo	Brasil		

Page 1 of 1

Validado

Latitude

Longitude

Observações

Identificação

Foto

Fale conosco



Anexo 04 - Carta de Anuência ICMBio - Apoio à Pesquisa.

02/04/2024, 10:08

SEI/ICMBio - 18168941 - Carta

02126.000844/2024-45

Número Sei: 18168941

INTEGRA+
Programa de Integridade do ICMBio



MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA
INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE
RESERVA EXTRATIVISTA MARINHA ARRAIAL DO CABO

Rua Marechal Deodoro Fonseca, nº 63, (rua sem saída) - Bairro Praia dos Anjos - Arraial do Cabo - CEP 28930-000

Telefone: (22)2622-1980

Carta

Arraial do Cabo, 26 de março de 2024

CARTA DE ANUÊNCIA – PESQUISADORA PARCEIRA

Eu, LEANDRO DO NASCIMENTO GOULART, chefe da Reserva Extrativista Marinha do Arraial do Cabo/ ICMBio, DECLARO anuência para as atividades realizadas pela pesquisadora LUDMILA RODRIGUES TRAVASSOS, mestranda em Biotecnologia Marinha do Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira – IEAPM, com o Projeto Registro de Ocorrências de Espécies Invasoras em Arraial do Cabo: Agregando Ciência, Cidadão e Gestão.

Ressaltamos que apoiamos a pesquisadora Ludmilla Travassos com o comprometimento de que a mesma irá cadastrar a sua pesquisa no SISBIO/ICMBio, e que após o período de carência dos dados estes serão disponibilizados para o ICMBio, garantindo o acesso de forma contínua dos dados gerados pela plataforma da sua pesquisa.

LEANDRO DO NASCIMENTO GOULART

Chefe da Reserva Extrativista Marinha de Arraial do Cabo

ICMBio



Documento assinado eletronicamente por **Leandro Do Nascimento Goulart, Chefe**, em 26/03/2024, às 15:43, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.icmbio.gov.br/autenticidade> informando o código verificador **18168941** e o código CRC **272A550A**.

The screenshot shows the ESPECIES.info website. The header features the ESPECIES.info logo and a navigation menu with links: ESPECIES MICROORGANISMOS, SOBRE, Contacto, Preguntas & Respuestas, Programas, Noticias, Foto legal, and ABOUT | Contacto. The main content area displays a large image of a diver underwater, with a stylized logo of a fish head composed of gears and the text ESPECIES.info overlaid. To the right of the screenshot is a QR code that, when scanned, likely leads to the ESPECIES.info website.

[illegible]

Anexo 07 - Registro de ações de divulgação



Stand do ICMBio com a nossa participação - 15/01/2024



Stand do ICMBio no Festival da Lula - Participamos com nosso Banner divulgando a ferramenta 29/03/2024



Campanha de Detecção e Manejo do Mexilhão Verde em parceria com PMAC, ICMBio, ESPECIES.info - 29/04/2024



Treinamento para Mergulhadores Uso da Ferramenta - 12/04/2024



Foto: Sara Baptista

CAMPAÑA DE DETECÇÃO E MANEJO DO MEXILHÃO VERDE

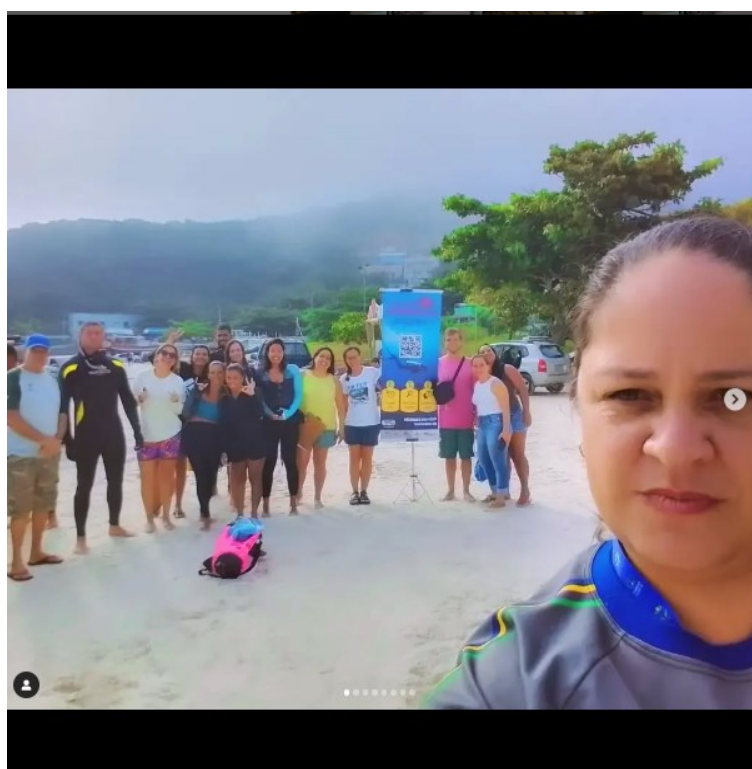
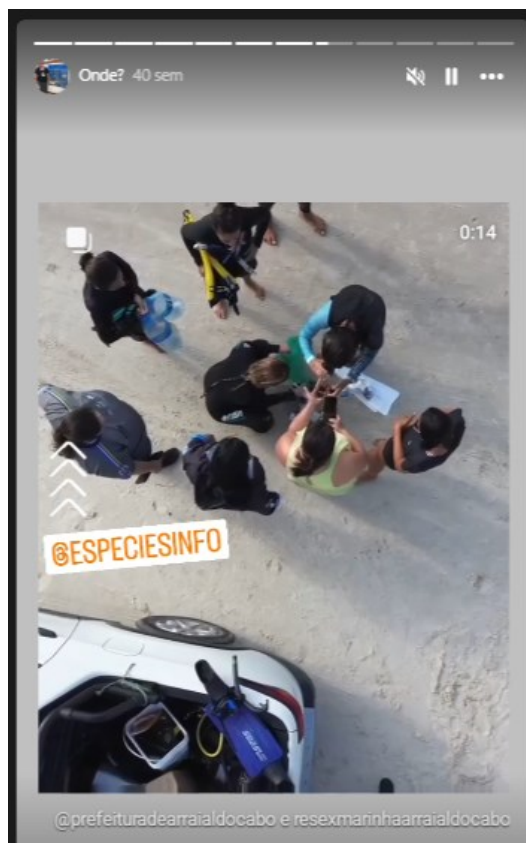
29 DE ABRIL • 7H • PRAIA DOS ANJOS

Traga seu equipamento (máscara e snorkel), espátula ou faca para retirada dessa espécie exótica invasora.

Se você não tem equipamento e/ou não sabe mergulhar, também poderá colaborar de outras formas!

↓

Juntos pela biodiversidade marinha de Arraial do Cabo

especiesinfo
Praia dos Anjos - Arraial do Cabo, RJ

especiesinfo Hoje estivemos com uma equipe linda fazendo o mapeamento dessa espécie invasora que veio do Caribe, possivelmente incrustada num navio!! Conseguimos identificar a fixação em cascos de barcos que estão impróprios ou inutilizados! E identificamos o eixo de disseminação. Mobilizamos os mergulhadores para extração, e vamos mapear a genética para o Protocolo de Manejo e Conservação da Reserva Extrativista de Arraial do Cabo - RJ, Capital Brasileira do Mergulho [Patrimônio Nacional]

Visite nosso site!
#linknabio

41 sem Ver tradução

nil_cadimo ❤️👍👍
41 sem 1 curtida Responder

helencarolsdiniz Muito bom poder contribuir, aguardando os próximos ❤️👍
41 sem 1 curtida Responder Ver tradução

Ver insights Turbinar post

Curtido por alexaadm e outras 27 pessoas
29 de abril de 2024

Adicione um comentário... Publicar

Anexo 08 - Alcance da ferramenta

Tabela 02: A tabela apresenta o “alcance” do site Espécies.info em diferentes cidades do Brasil. As cidades estão organizadas por estado, com as colunas "Visualizações", "Páginas do site" e "Visitantes únicos" mostrando o número de vezes que o site foi acessado, o número de páginas visitadas e o número de pessoas que visitaram o site, respectivamente.

País	Região	Cidade	Visualizações da página	Sessões do site	Visitantes únicos
BR	RJ	Niterói	725	97	14
BR	RJ	São Pedro da Aldeia	720	143	16
BR	RJ	Rio de Janeiro	392	126	75
BR	RJ	Cabo Frio	203	40	20
BR	RJ	Nova Friburgo	109	25	4
BR	RJ	Rio das Ostras	74	4	3
BR	RJ	Maricá	30	3	1
BR	RJ	Arraial do Cabo	26	12	10
BR	RJ	Armação dos Búzios	22	2	2
BR	RJ	Saquarema	20	5	5
BR	RJ	Araruama	17	3	2
BR	SP	São Paulo	12	3	3
BR	RJ	Sao Goncalo	7	1	1
BR	RJ	Macaé	7	1	1
BR	SP	Santos	5	2	1
BR	RJ	Barra de Sao Joao	5	2	1
BR	SP	Santa Isabel	4	1	1
BR	RS	São Gabriel	4	2	1
BR	RJ	Casimiro de Abreu	4	1	1
SA	01	Riyadh	4	4	4
BR	ES	Vila Velha	4	1	1
BR	MG	Belo Horizonte	3	2	1
BR	PR	Cambe	3	1	1
IE	L	Dublin	3	1	1
CN	HA	Zhengzhou	3	3	3
AR	S	Santa Fe	3	1	1
BR	RJ	Cantagalo	5	2	2
BR	SP	Jacareí	2	1	1
BR	RJ	Nova Iguaçu	2	1	1
PT	03	Braga	2	1	1
NL	UT	Amersfoort	2	1	1
BR	PA	Belém	2	1	1
US	MA	Boston	1	1	1
US	NC	Four Oaks	1	1	1
BR	RJ	Paraty	1	1	1
KR	41	Seongnam-si	1	1	1
US	CA	San Francisco	1	1	1
BR	MG	Divinópolis	1	1	1
PL	14	Warsaw	1	1	1
MX	OAX	Puerto Escondido	1	1	1

FONTE: Wix Analytics

Anexo 09 - Formulário | Validar

FIGURA 20: Formulário Validar com permissões de acesso restritas desde o Sistema de Gerenciamento de Conteúdo (CMS) com Bancos de Dados validação para cada espécie monitorada - Anexo 09.

15/02/2025, 21:44 VALIDAR OCORRÊNCIA | ESPECIES.info

ESPECIES.info LIVRE E GRATUITO

Olá, Ludmila Rodrigues Travassos

Quem somos REGISTRAR OCORRÊNCIA 1 CATÁLOGO 2 FÓRUM 3 NOTÍCIAS 4 GRUPOS SUPORTE

Validador

Unde você viu?

Clique

Preencha

Envie

Latitude: **Longitude:**

Copiar Latitude Copiar Longitude

*** Itens obrigatórios em amarelo**

LATITUDE *	LONGITUDE *
copie e cole aqui	copie e cole aqui
Espécies monitoradas * Coral-sol	Algo mais?
Opções * VALIDADO (Especialista)	Inserir imagem Upload de arquivo +
Nome do Validador * seu nome	Autor da Publicação (opcional) Sobrenome et al. (ANO)

Enviar

https://www.especies.info/validar

1/2

Anexo 10 - Formulário de Registro de Ocorrências

08:34 0,0B/s 2%

OCORRÊNCIA | ESPECIES.info

especies.info

ESPECIES.info LIVRE E GRATUITO ENTRAR

Quem somos REGISTRAR OCORRÊNCIA 1 CATÁLOGO 2 FÓRUM 3 NOTÍCIAS 4 GRUPOS SUPORTE +

Comece
Onde você viu?

Clique

Latitude: Longitude:

Copiar Latitude Copiar Longitude

Preencha

Envie

*** Itens obrigatórios em amarelo**

LATITUDE * LONGITUDE *

copie e cole aqui copie e cole aqui

Espécies monitoradas * Algo mais?

Coral-sol

Opções * Inserir imagem

Upload de arquivo +

Faça upload de um arquivo compatível (...)

Autor da Publicação (opcional) Quer se identificar? (opcional)

Sobrenome et al. (ANO) nome de quem te deu a informação

Enviar

Fale conosco