

DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO PARA MONITORAMENTO DE FAUNA E FLORA EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DO ESPÍRITO SANTO, BRASIL

DEVELOPMENT OF AN APPLICATION FOR MONITORING FAUNA AND FLORA IN CONSERVATION UNITS IN ESPÍRITO SANTO

Mayra Karolina Oliveira de Souza¹

Nataly Senna Gerhardt Barraqui²

RESUMO: A conservação da biodiversidade e o monitoramento da fauna e flora nas Unidades de Conservação (UC) são fundamentais para a proteção ambiental. Neste contexto, o desenvolvimento de um aplicativo (APP) que auxilie no monitoramento dessas áreas representa um importante avanço em pesquisa e divulgação científica. O desenvolvimento de um APP capaz de auxiliar no monitoramento de fauna e flora nas UCs, é um instrumento que permite colaborar para a prevenção e controle de zoonoses, além de promover a conservação da biodiversidade brasileira, a partir de registros realizados por profissionais da saúde ou do meio ambiente, pesquisadores e especialistas em vida silvestre. A presente pesquisa apresenta uma demanda proveniente da coordenação técnica do Núcleo de Informação e Conservação de Biodiversidade (NUBIO), vinculado à Gerência de Recurso Naturais (GRN) do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA) desenvolvido por um coletivo por equipe multidisciplinar com o curso de Ciências Biológicas e Sistemas de Informação do Centro Universitário Salesiano, no intuito de realizar o desenvolvimento tecnológico. Nesse sentido, destaca-se a importância da tecnologia como aliada na gestão ambiental e na proteção da saúde pública, reforçando o papel das unidades de conservação como espaços essenciais para a pesquisa e preservação da fauna e flora. Conclui-se que o APP contribuiu de forma significativa para o monitoramento e a conservação da biodiversidade. Contudo, identificou-se a necessidade de realizar ajustes para aprimorar a versão final do aplicativo, visando atender plenamente às demandas das unidades de conservação e otimizar as funcionalidades oferecidas.

Palavras-chave: Aplicação; Monitoramento; Unidade de conservação.

ABSTRACT:

The conservation of biodiversity and the monitoring of fauna and flora in Conservation Units (CUs) are essential for environmental protection. In this context, developing an application (APP) to assist in the monitoring of these areas represents a significant

advancement in research and scientific dissemination. The development of an APP capable of supporting the monitoring of fauna and flora in CUs is a tool that contributes to the prevention and control of zoonoses, in addition to promoting the conservation of Brazilian biodiversity through records made by health or environmental professionals, researchers, and wildlife specialists. This research presents a demand from the technical coordination of the Biodiversity Information and Conservation Center (NUBIO), linked to the Natural Resources Management (GRN) of the State Institute of Environment and Water Resources (IEMA), developed by a multidisciplinary team with the Biological Sciences and Information Systems programs at the Salesian University Center, aiming for technological development. In this sense, technology is highlighted as an ally in environmental management and public health protection, reinforcing the role of conservation units as essential spaces for the research and preservation of fauna and flora. It is concluded that the APP has made a significant contribution to biodiversity monitoring and conservation. However, the need for adjustments was identified to improve the final version of the application, fully meeting the demands of conservation units and optimizing the features provided.

Keywords: Application; Monitoring; Conservation unit

1 INTRODUÇÃO

Os aplicativos fazem cada vez mais parte de suas rotinas, e são usados para diversas específicas, como chamar um táxi, pedir uma refeição, baixar músicas e assistir a vídeos (Souza *et al.* 2022). Com o constante avanço da tecnologia, observa-se que novas soluções para aplicativos são desenvolvidas frequentemente, visando facilitar a vida de todas as pessoas (Lucian; Stumpf, 2019).

Nesse contexto, os Apps podem potencializar o monitoramento de fauna e flora nas unidades de conservação, sendo um instrumento de ciência-cidadã permite, a partir de registros realizados por civis, profissionais de saúde ou do meio ambiente, pesquisadores e especialistas em vida silvestre, colaborar para a prevenção e controle de zoonoses, além de promover ações para a conservação da biodiversidade brasileira (SISSGEO, s.d.). Vale salientar que as UC's estaduais geralmente não contam com aplicativos que auxiliem em um biomonitoramento frequente das espécies de fauna e flora, e para o manejo e gestão contam apenas com as atualizações fornecidas através de plano de manejo e/ou pesquisas que acontecem esporadicamente.

Porém, no contexto ambiental, o monitoramento da biodiversidade juntamente com os fatores que a afetam (esclarecer os fatores), tornou-se uma atividade crítica no desafio de conservação da biodiversidade e comunicação à sociedade, devendo ser conduzido de forma a permitir uma avaliação contínua, promover conhecimento, identificar novas questões e melhorar a eficiência da conservação dos múltiplos valores da biodiversidade, bem como garantir o envolvimento da sociedade (Roque *et al.*, 2016)

O país já reúne iniciativas de monitoramento, embora ainda pouco Integradas e articuladas entre si. Tais iniciativas vão desde os monitoramentos circunscritos a comunidades e sem registros formais, até as crescentes propostas de envolvimento da população em geral em levantamentos de dados com o auxílio de tecnologia, como

dispositivos móveis. Essas iniciativas resultam em um aumento substancial da gama de dados no que se refere a biodiversidade, progressivamente organizados e articulados por iniciativas governamentais, como a Lista da Flora do Brasil, Catálogo da Fauna, SIBBR e Portal da Biodiversidade, dentre outros, conectados a iniciativas mundiais, como o GBIF (Roque *et. al.*, 2016).

Tendo em vista a crescente necessidade de dados que subsidiem ações de manejo e conservação nas UC, a realização de um monitoramento periódico da biodiversidade permite a geração de informação qualificada que servem de apoio; para o fornecimento de subsídios para avaliação do estado de conservação da fauna e flora e para implementação das estratégias de conservação de espécies ameaçadas de extinção e controle das exóticas invasoras; para subsidiar, avaliar e acompanhar situações que envolvam alteração na distribuição e locais de ocorrência das espécies em resposta a vetores de pressão e ameaça.

O monitoramento da biodiversidade pode ser realizado com auxílio de aplicativos instalados em celulares, como por exemplo o "Sistema de Informação em Saúde Silvestre" (SISS-Geo), desenvolvido pela Plataforma Institucional Biodiversidade e Saúde Silvestre, com apoio do Laboratório Nacional de Computação Científica, já relativamente bem conhecido e utilizado, no entanto possui limitações quanto suas funcionalidades, a partir da falta da função para registro e monitoramento da flora.

Com isso, o objetivo da presente pesquisa é desenvolver um aplicativo para monitoramento de biodiversidade que contemple funcionalidades hoje não disponíveis nos aplicativos existentes, para atendimento das necessidades das unidades de conservação, além de apoiar o desenvolvimento da ciência cidadã. Esse projeto também está alinhado aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente nos números 09 sobre Indústria, inovação e infraestrutura; ODS 15 - Vida terrestre; e ODS 17 - Parcerias e meios de implementação.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 INOVAÇÃO E TECNOLOGIA NA SOCIEDADE CONTEMPORÂNEA

No contexto da sociedade contemporânea, a inovação e a tecnologia desempenham papéis fundamentais. Segundo Peter Drucker (2008), a inovação é definida como a capacidade de dar novos contornos aos recursos existentes em uma empresa, visando gerar riqueza. Para Drucker, a inovação é a ferramenta essencial dos empreendedores, sendo o processo pelo qual buscam a mudança como uma metodologia única para se destacar, agregar valor e crescer economicamente.

Atualmente, a tecnologia se tornou parte integrante do modo de vida da sociedade, onde a cibernética, automação, engenharia genética e computação eletrônica são elementos emblemáticos que nos cercam diariamente. Diante desse cenário, é crucial refletir sobre a natureza da tecnologia, sua importância e sua função social.

Conforme destacado por Reis (2004), a tecnologia representa um conjunto de conhecimentos científicos ou empíricos que são diretamente aplicáveis à produção ou melhoria de bens e serviços, com impactos socioeconômicos significativos sobre uma comunidade. É fundamental compreender que a tecnologia é um dos mecanismos

capazes de provocar mudanças substanciais no ambiente organizacional, exigindo uma compreensão clara do impacto que terá nas atividades desempenhadas.

O avanço das novas tecnologias computacionais e de automação, aliado à consolidação de modelos de sistemas IoT (Internet das Coisas) e WSN (Rede de Sensores Sem Fio), motiva tanto a indústria quanto a academia a investir recursos e esforços na integração dessas áreas, com o intuito de desenvolver aplicações para monitoramento de ambientes e controle de dados de maneira remota.

Manter o controle sobre essas condições resulta em benefícios como a redução de custos, o aumento da produtividade, a mitigação de impactos ambientais, o reforço da segurança e eficiência, além de uma maior precisão, impactando positivamente na qualidade e quantidade dos produtos. Isso, por sua vez, melhora a qualidade de vida dos produtores rurais, permitindo que permaneçam no meio rural com suas famílias, e fortalece outras atividades econômicas, como o comércio e a indústria, uma vez que a geração de renda impulsiona a prosperidade em diversos setores da economia (Basso, 2021).

Neste cenário, a Agência Nacional de Informatização da Coreia do Sul, conforme citado por Lim (2001, p. 144), define informatização como o processo de converter os principais recursos e energias de uma economia social em informações, impulsionado pela revolução da tecnologia de comunicação de dados. Esse processo envolve a utilização das informações geradas por meio da consolidação, processamento e distribuição de dados em diversos setores da sociedade, ressaltando implicitamente a importância da adoção generalizada de tecnologias da informação em toda a sociedade. No Brasil, a importância desse tema é evidenciada pelo Livro Verde, publicado pela Sociedade da Informação do Brasil (Takahashi, 2000), no qual os autores destacam a informatização das organizações como um dos pilares fundamentais para a informatização da sociedade.

Sistema de Informação (SI) pode ser descrito tecnicamente como um conjunto de componentes interligados que coletam (ou recuperam), processam, armazenam e distribuem informações com o intuito de auxiliar na tomada de decisões, na coordenação e no controle dentro de uma organização. Além disso, os Sistemas de Informação auxiliam gestores e colaboradores na análise de problemas, na visualização de questões complexas e na criação de novos produtos (Laudon e Laudon, 2014, p. 13).

Com isso, um Sistema de Informação vai além da simples tecnologia da informação, abrangendo dimensões organizacionais, humanas e tecnológicas. Conforme ressaltado pelos autores, um Sistema de Informação proporciona soluções para desafios significativos enfrentados pela empresa, sendo crucial compreender e utilizar essas dimensões de forma eficaz para abordar tais problemas (Alves, 2023).

Uma API (Interface de Programação de Aplicativos) consiste em um conjunto de diretrizes e protocolos que viabilizam a comunicação e interação entre diferentes componentes de software. Essa interface define as maneiras pelas quais os programas podem requisitar serviços e acessar recursos de um sistema ou aplicação. As APIs são utilizadas para integrar sistemas, compartilhar dados entre aplicações, além de fornecer acesso a serviços externos (Doglio, 2018).

A API desempenha o papel de expor os endpoints e as funcionalidades essenciais para a interação entre o frontend e o backend, permitindo a transmissão de dados, a realização de consultas e a obtenção de respostas adequadas.

2.2 USO DA TECNOLOGIA COMO FORMA DE BIOMONITORAMENTO

No âmbito do biomonitoramento, a tecnologia tem revolucionado a coleta, análise e interpretação de dados biológicos. A integração de sensores digitais com sistemas de monitoramento em tempo real, conforme destacado por Balasubramanian (2021), possibilita uma avaliação contínua e precisa das condições ambientais e de saúde (p. 124).

O acompanhamento da mastofauna em regiões afetadas pela intervenção humana é fundamental para monitorar o estado das espécies de mamíferos e realizar estimativas populacionais, a fim de compreender os efeitos das interferências provocadas pelo ser humano. Métodos como armadilhas fotográficas e armadilhas de queda livre são utilizados para detecção e monitoramento de mamíferos de médio e grande porte, contribuindo para a conservação e preservação dessas espécies.

É crucial monitorar a fauna em áreas degradadas para avaliar os impactos humanos na biodiversidade e promover a conservação dos animais. Nichols e Williams (2007) enfatizam a importância de medidas de conservação para mitigar os efeitos negativos da atividade humana nos ecossistemas. O monitoramento da fauna não só ajuda na preservação da diversidade biológica, mas também beneficia as atividades econômicas das comunidades locais, gerando renda e promovendo a conservação dos serviços ecossistêmicos.

No que se refere ao monitoramento da flora, o uso de técnicas de sensoriamento remoto é essencial para analisar a distribuição e a saúde das plantas em diferentes ambientes. A combinação de imagens de satélite com técnicas de processamento digital de imagens, conforme Lima e Souza (2019), permite a identificação de alterações na cobertura vegetal e a análise da resposta das plantas a mudanças climáticas e impactos causados pela atividade humana.

O monitoramento da vegetação possibilita a detecção de espécies invasoras e a avaliação da diversidade de plantas em áreas de preservação. Estudos como o de Pereira e Almeida (2020) ressaltam que "a utilização de sistemas de informação geográfica tem facilitado a coleta de dados sobre a distribuição de espécies vegetais e a implementação de práticas de manejo adequadas" (p. 88). Essas iniciativas ilustram como a tecnologia aplicada ao biomonitoramento pode trazer benefícios significativos para a conservação ambiental. A integração de sensores digitais, drones, aplicativos móveis e sistemas de big data e inteligência artificial possibilita uma avaliação contínua e precisa das condições ambientais, melhorando a eficiência e a abrangência do monitoramento.

Conforme Amiri et al. (2014), o sensoriamento remoto e as técnicas de Sistema de Informação Geográfica (SIG) são ferramentas poderosas para investigar, prever e

monitorar mudanças ambientais. Essas ferramentas são confiáveis, repetitivas, não invasivas, rápidas e econômicas, auxiliando na tomada de decisões estratégicas, tanto em grandes quanto em pequenas áreas geográficas. Os sistemas computacionais oferecem diversas ferramentas para auxiliar na análise de recursos naturais e no planejamento territorial por meio do uso de geotecnologias.

Essas áreas empregam técnicas matemáticas e digitais para o tratamento e processamento de informações geográficas (Ponzoni; Shimabukuro, 2009; Miranda, 2010). Embora o uso de informações geoespaciais não seja uma novidade, a acessibilidade e a alta capacidade de processamento dos sistemas de informação modernos ampliaram sua aplicação (Brandmueller et al., 2007). Nesse contexto, a aplicação das geotecnologias nas Ciências Florestais tem se expandido ao longo do tempo, contribuindo para o monitoramento florestal, a verificação do uso e ocupação do solo, o controle de queimadas, desmatamentos, Áreas de Preservação Permanente (APPs) e outras aplicações, permitindo compreender como as questões relacionadas às mudanças ambientais se manifestam no espaço.

Nos ambientes urbanos, o desafio ambiental é agravado pelo aumento da população e pela especulação imobiliária, que exercem pressão sobre a utilização dos recursos naturais, especialmente a água e o solo. Nas áreas rurais, a implementação das Áreas de Preservação Permanente (APPs) é uma realidade impulsionada pelas mudanças na legislação florestal em vigor, como a introdução do conceito de "área rural consolidada", que classifica espaços rurais com presença humana anterior a 22 de julho de 2008 (Brasil, 2012). Além disso, a tecnologia de Sensoriamento Remoto apresenta a vantagem de permitir o monitoramento temporal de fenômenos e recursos naturais através de sua cobertura frequente (Souza, 2021).

3 METODOLOGIA

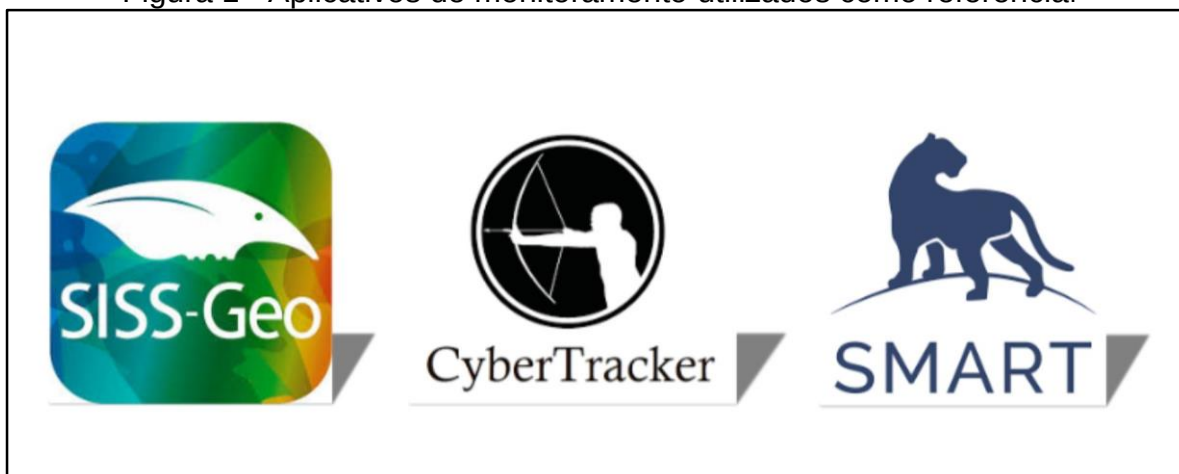
3.1 DESCRIÇÃO DA DEMANDA

No ano de 2022, a equipe de discentes do curso de Ciências Biológicas recebeu uma demanda para o Projeto Integrador de Extensão (PIE) da coordenação técnica do Núcleo de Informação e Conservação de Biodiversidade (NUBIO), vinculado à Gerência de Recursos Naturais (GRN) do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA). Com isso, foi proposto um aplicativo disponível para auxiliar no monitoramento da fauna e flora nas Unidades de Conservação estaduais do Espírito Santo.

3.2 DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO

Para o desenvolvimento do aplicativo, inicialmente foi realizada uma pesquisa baseada em aplicativos já existentes, como por exemplo SISS-GEO, CyberTracker e Smart Mobile, que ao serem avaliados, serviram para o embasamento do novo aplicativo (Figura 01).

Figura 1 - Aplicativos de monitoramento utilizados como referência.



Fonte: SISSGeo, CyberTracker e Smart Mobile, 2024.

Nesse contexto, foi desenvolvido um aplicativo dedicado ao monitoramento da biodiversidade, visando suprir as necessidades específicas das Unidades de Conservação com propostas de funcionalidades inovadoras que atualmente não estão disponíveis em aplicativos existentes. Ao longo de 2024, foram realizados *feedbacks* para ajustes e testagem do aplicativo com o curso de Sistemas de Informação (SI) da faculdade, em conjunto com a equipe da NUBIO, para ajustar o protótipo do aplicativo.

Os testes do aplicativo foram realizados em uma única ida a campo para avaliar o protótipo e sua aplicabilidade no Parque Estadual Paulo César Vinha (PEPCV), que foram produzidos registros de imagem com dispositivos móveis em que o app estava instalado. O protótipo foi aplicado em ambiente real, e ajustes foram realizados com base no feedback contínuo da equipe de desenvolvimento. As informações registradas, como a quantidade de indivíduos encontrados, idade aproximada e estágio de floração, foram cuidadosamente avaliadas para atender às necessidades de cada grupo.

Durante o desenvolvimento do aplicativo, foram consideradas as diretrizes dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidos pela ONU em 2015 para garantir que seja uma ferramenta que não apenas atendesse às necessidades de monitoramento da biodiversidade, mas também contribuísse para um desenvolvimento sustentável mais amplo.

ODS 9 - Indústria, Inovação e Infraestrutura: O app foi pensado para incorporar tecnologias inovadoras que facilitam a coleta e análise de dados sobre a biodiversidade. Por exemplo, funcionalidades que permitem o registro de dados em tempo real foram implementadas, possibilitando que pesquisadores e gestores desenvolvam novas metodologias de monitoramento.

ODS 15 - Vida Terrestre: Um dos principais objetivos do aplicativo é o monitoramento das espécies das UCs. Para isso, pensou-se em funcionalidades específicas que permitissem aos usuários registrarem as imagens e coletar dados sobre a fauna e flora, contribuindo para a conservação da biodiversidade.

ODS 17 - Parcerias e Meios de Implementação: O aplicativo foi pensado como uma plataforma colaborativa, permitindo que diferentes usuários, como pesquisadores, estudantes de universidades e órgãos governamentais, compartilhem informações e coordenem esforços de conservação. Isso foi fundamental para garantir que o aplicativo atenda às necessidades de todos os envolvidos na gestão das Unidades de Conservação.

3.2.1 Proposta de Sistema para Registro e Análise de Dados do Aplicativo

Ao realizar o cadastro e login, o usuário fará o registro fotográfico e responderá uma sequência de alternativas que ajudarão o sistema a formular planilhas e gráficos que no final além de fornecer um documento escrito que ajudará nas análises. O aplicativo é configurado para pegar as demais informações importantes como, data, horário entre outras informações básicas sem que o pesquisador selecione e automaticamente irão para a planilha.

Dependendo da pesquisa, fica a critério da UC liberar certos tipos de informações das pesquisas realizadas para um usuário específico, mas isso vai depender das necessidades de cada caso tendo sempre em vista a importância sobre a proteção de dados (a Unidade de conservação que avaliará as possibilidades no que se refere a fornecimento de dados de usuário para usuário).

3.2.2 Ferramentas do aplicativo

NOVO REGISTRO: Nesta opção o usuário terá acesso a todos os seus registros e dados já coletados.

MEUS REGISTROS: Nesta opção os pesquisadores podem se orientar e visualizar todos os seus registros enquanto os servidores terão acesso a todos os registros e localização no mapa.

MAPA: Canal por onde pesquisador e UC terão contato e troca de informações, acompanhamento de pedidos entre outros.

FALE CONOSCO: Nessa opção o usuário poderá iniciar seus registros através de fotografias e uma série de perguntas programadas até finalizar suas anotações e, concluir o registro dos dados.

3.3 ÁREA DE ESTUDO

A restinga de Setiba, em Guarapari-ES, é considerada como uma área prioritária para conservação da biodiversidade, sendo categorizada como de alta importância biológica segundo o Ministério do Meio Ambiente (2000). Nessa região, mesmo sendo apresentado como um ecossistema bastante ameaçado, o Parque Estadual Paulo César Vinha – PEPCV - possui uma grande área de restinga que abriga enorme variedade de fauna, flora e apresenta grande importância ecológica (Ferreira, 2011; Martins, 1999).

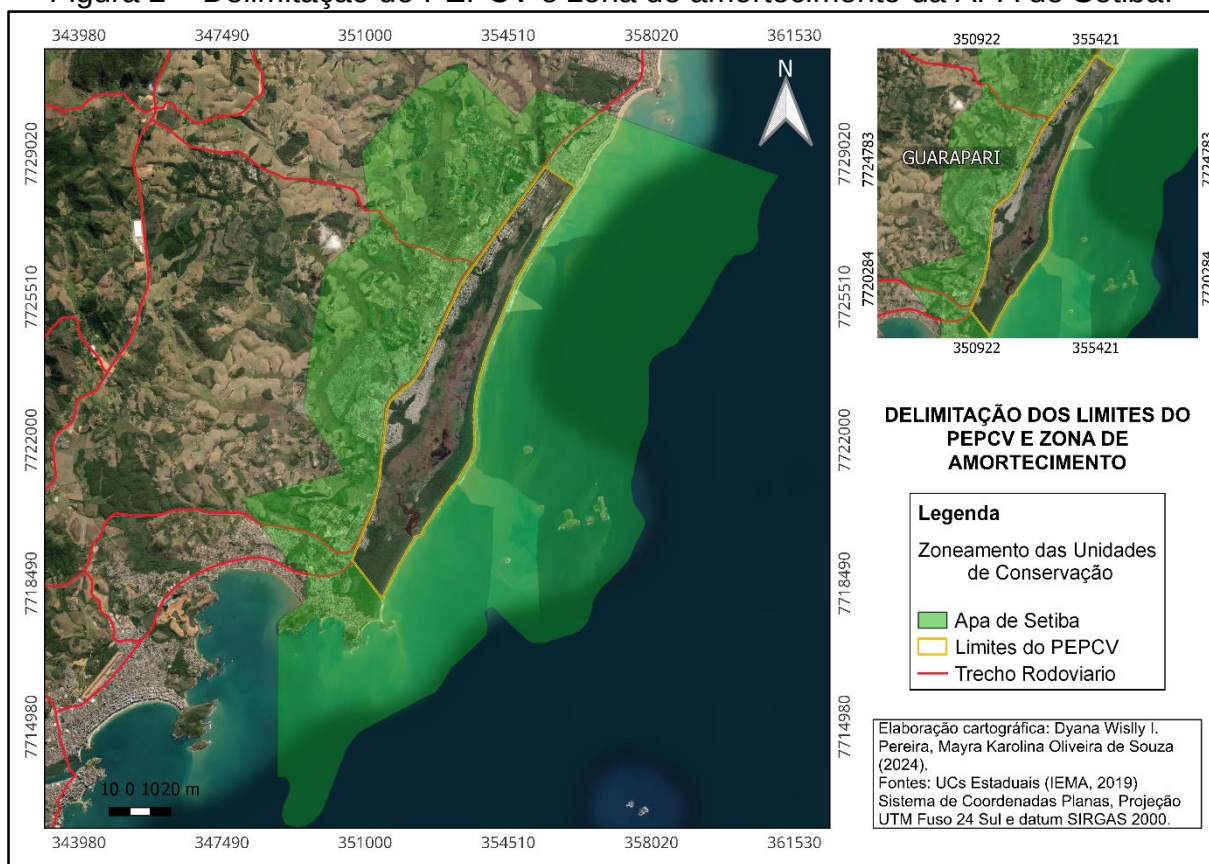
A criação do Parque teve origem devido ao crescimento da urbanização na região, relacionadas a ações imobiliárias para implantação de loteamentos, já que as obras de abertura destes loteamentos promoveram desmatamentos indiscriminados principalmente em áreas da Mata Atlântica, contrapondo-se à fragilidade e importância ecológica da região com elevado interesse de conservação (Ferreira, 2011).

O PEPCV possui um expressivo ecossistema de restinga apresentando em seu interior grande diversidade de invertebrados terrestres e ecológica por possuir variados tipos de ambientes, como córregos, lagoas, alagados, dunas e mar, proporcionando um local ideal para estudo e pesquisas no que diz respeito a fauna e flora, utilizado também como fonte para programas de recuperação de áreas degradadas e atendimentos a comunidade ao entorno por estar localizado em uma região de extrema importância para a conservação da biodiversidade (IEMA, 2022).

A caracterização dos ambientes do parque é conformada por áreas com 10 distintas fitofisionomias em diferentes estados de conservação que define a principal área do PEPCV, sendo elas: a Formação Aberta de Clusia; Formação Aberta de Ericaceae; Brejo Arbustivo; Brejo Herbáceo; Floresta Periódicamente Inundada; Floresta Permanentemente Inundada; Halófila-Psamófila; Mata Seca de Restinga; Formação Palmae, Formação Pós-Praia. (PLANO DE MANEJO – SETIBA, 2016, p. 4).

O Parque tem a predominância do ecossistema de restinga, possui cerca de 1.500 ha, abrangendo aproximadamente 12 Km de litoral e largura média de 2 Km (IEMA, 2022; Martins, 1999), conforme (figura 1), a área de estudo concentrou-se na trilha principal, a Trilha da Restinga, o percurso desenvolveu inicialmente pela Trilha da Clússia passando pelas Trilha do Caiaque, Trilha do Alagado (0,8 Km), terminando na Praia de Setibão, sendo este o trajeto realizado durante os testes em campo no PEPCV (Figura 2).

Figura 2 – Delimitação do PEPCV e zona de amortecimento da APA de Setiba.



3.4 PÚBLICO-ALVO

A princípio, o teste do aplicativo no PEPCV possui como público-alvo dois tipos de usuários: usuários internos, formados pelos servidores do IEMA que atuam nas UCs e o NUBIO, e usuários externos, que serão os pesquisadores que fornecerão ao sistema subsídios para avaliação do estado de conservação da fauna e flora e implementação das estratégias de conservação de espécies ameaçadas de extinção e controle das exóticas invasoras; que permite avaliar e acompanhar situações que envolvam alteração na distribuição e locais de ocorrência das espécies em resposta a vetores de pressão e ameaça.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISE DOS APLICATIVOS SOBRE BIOMONITORAMENTO

O emprego de tecnologias para o biomonitoramento tem se revelado crucial para a preservação ambiental e a saúde pública, especialmente no Brasil. Projetos no Espírito Santo têm adotado tecnologias avançadas, como drones e sensores remotos,

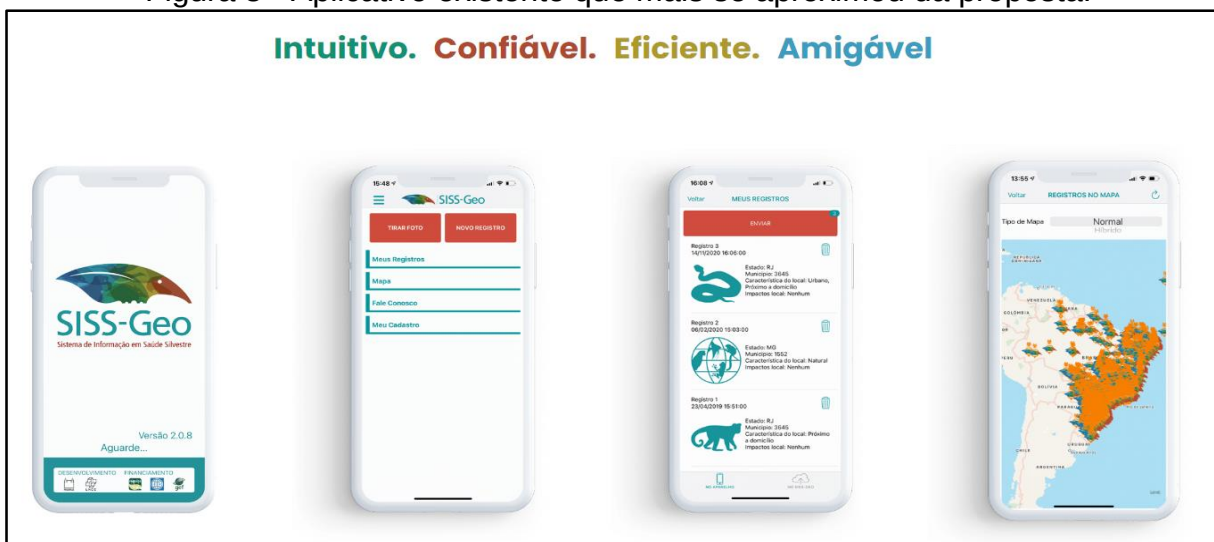
para monitorar a biodiversidade e a qualidade ambiental de áreas protegidas. De acordo com Souza *et al.* (2022), a aplicação dessas tecnologias possibilita um monitoramento mais eficiente e abrangente da fauna e flora (p. 59).

O monitoramento da fauna desempenha um papel essencial na avaliação e conservação da biodiversidade em áreas impactadas pela atividade humana. Júnior *et al.* (2022) ressaltam que o monitoramento da fauna é fundamental para estabelecer estratégias de conservação de espécies em áreas ameaçadas, fornecendo indicadores sobre a biodiversidade regional e permitindo a avaliação de alterações nos habitats, a identificação de fatores causadores dessas mudanças e a análise dos impactos antrópicos nos ecossistemas.

Como objetivo empírico, foram avaliados os Aplicativos e softwares citados anteriormente, com o método “que bom, que pena e que tal”, sendo “que bom” para as funcionalidades que eram válidas e atendiam as demandas que o IEMA precisava, “que pena” para as demandas que não seriam supridas por eles, e “que tal” para possíveis aperfeiçoamentos e atualizações que poderiam ser feitas.

O que mais se destacou e aproximou da necessidade do IEMA foi o SISS-GEO (Figura 3), embora ele funcione offline, está aberto ao público e estimula a participação dos civis e se torne uma ferramenta de trabalho em campo, o SISS-GEO não atende por completo pois suas funcionalidades são voltadas apenas para a saúde da fauna silvestre não abrangendo a flora.

Figura 3 - Aplicativo existente que mais se aproximou da proposta.



Fonte: SISSGEO. **Legenda:** interface do aplicativo Siss-geo, utilizado como referência

Embora o SISS-GEO se concentre em funções específicas para a saúde da vida selvagem, as suas limitações de não cobrir a flora deixa uma lacuna significativa, principalmente quando se pensa em conservação da biodiversidade pois requer uma abordagem integrada que pense tanto na fauna como na flora.

A biodiversidade é composta por interações complexas entre espécies vegetais e animais e, a falta de um sistema que registre informações atualizadas sobre a flora pode dificultar a implementação de estratégias de conservação adequadas, principalmente quando se pensa em espécies ameaçadas e no controle de espécies exóticas invasoras.

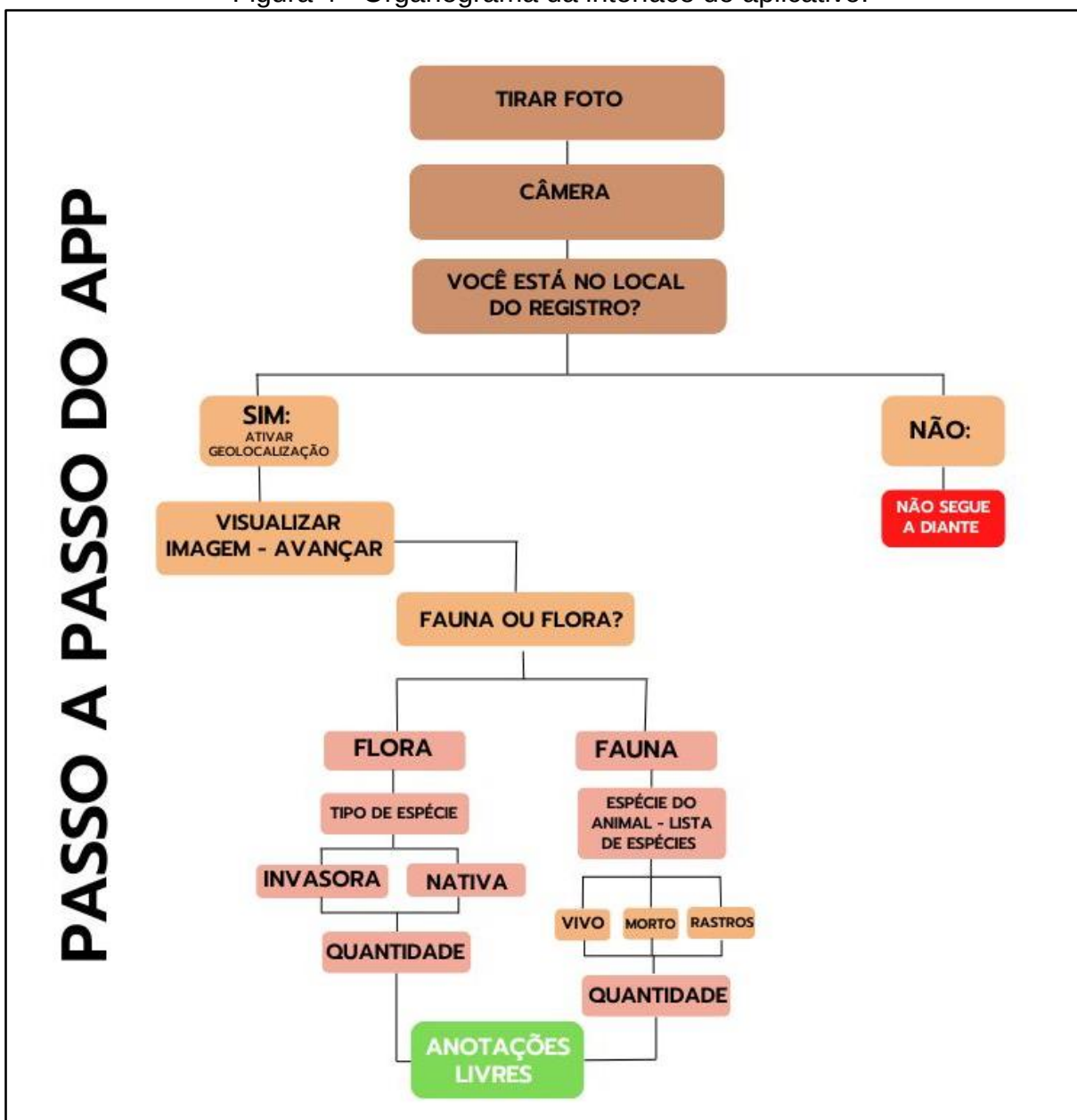
Sendo assim, foi proposto a criação de um aplicativo que inclua funcionalidades específicas para que realize o monitoramento da fauna e da flora. Um app que permita o registro de dados geoespaciais sobre espécies e suas distribuições pela Unidade de Conservação. Dessa maneira, poderemos não apenas preencher a lacuna deixada pelos aplicativos existentes, mas também fornece ferramentas valiosas para pesquisadores, gestores e população do entorno, facilitando a gestão das UCs se fazendo um papel eficiente na conservação ambiental. Segundo Smith et al. (2020), esses aplicativos permitem a coleta de dados georreferenciados e facilitam a comunicação entre usuários e pesquisadores, aumentando não apenas a eficiência do monitoramento, mas também o engajamento da comunidade na coleta de dados (p. 87).

A combinação de sistemas de monitoramento com tecnologias de *big data* e inteligência artificial tem ampliado a capacidade de análise e previsão de eventos ambientais. Zhang e Li (2019) afirmam que a utilização de algoritmos de aprendizado de máquina em sistemas de monitoramento melhora significativamente a precisão na detecção de anomalias e na previsão de padrões (p. 235).

4.2 DESENVOLVIMENTO DE BACKEND E FRONTEND

Para o aplicativo se aproxime do conceito para um protótipo, foi elaborado um organograma que abrange todos os recursos que deveriam estar presentes no app, desde a tela de cadastro e login até a interface de envio de registros, facilitando assim o entendimento do processo (Figura 4).

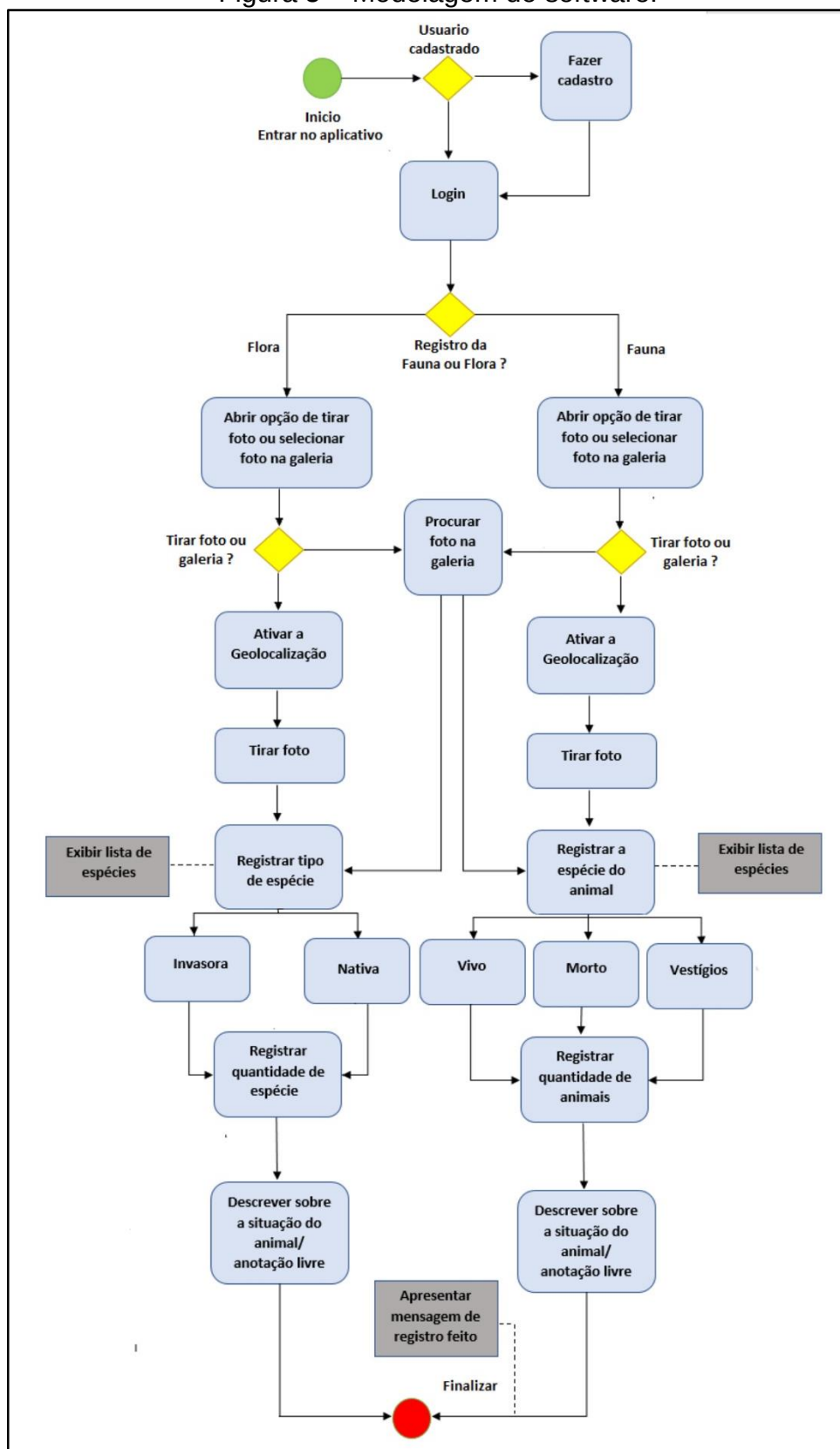
Figura 4 - Organograma da interface do aplicativo.



Fonte: Elaboração própria, 2022. **Legenda:** etapas do desenvolvimento da interface do APP.

Em resposta, a equipe de Tecnologia da Informação nos forneceu um fluxograma que descreve o modelo do processo de desenvolvimento de software do aplicativo (Figura 5).

Figura 5 – Modelagem do software.

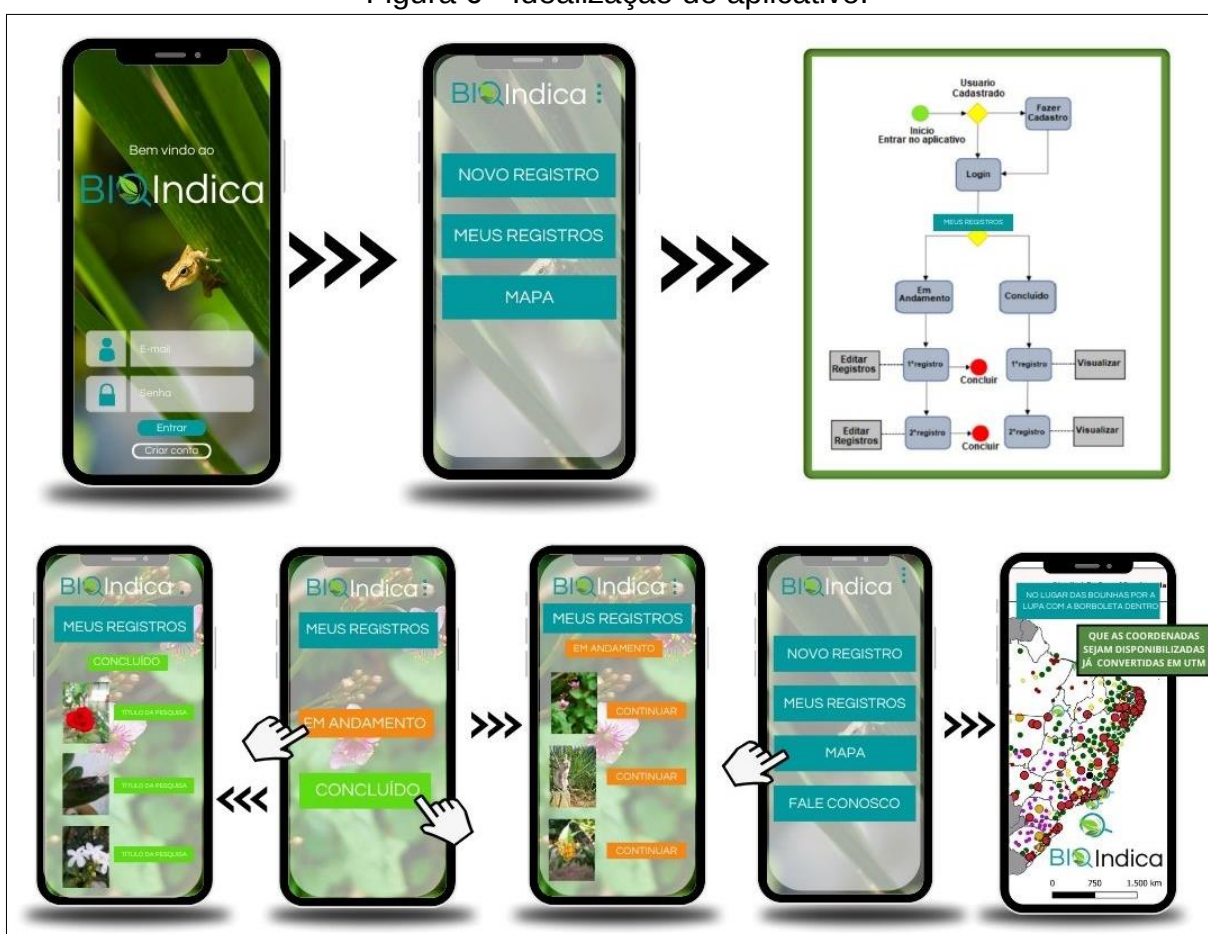


Fonte: Arquivo próprio. **Legenda:** modelo do processo de software do app em etapas, 2022

Após se organizar o *backend*, ou seja, o modelo de desenvolvimento que define a operação do sistema, foi preparado o *frontend* na parte visual, nos *designs*, cores e em como apresentar nossa proposta aos usuários de forma que fosse atrativo e intuitivo.

Com isso, foi desenvolvido para o APP toda a identidade visual, com combinação de cores, criação do logotipo, de forma a tornar o aplicativo visualmente agradável e transmitir a mensagem de que se trata de uma ferramenta de biomonitoramento (Figura 6).

Figura 6 - Idealização do aplicativo.



Fonte: Elaboração própria, 20204.

4.3 DEFINIÇÃO DAS PERGUNTAS DO APP

Ao iniciar um novo registro, o usuário é conduzido por um conjunto de perguntas estruturadas, que traz desde a identificação da espécie até informações sobre o estado e as características observadas. O aplicativo também permite o registro fotográfico de uma ou mais fotos como ponto de partida para cada nova entrada, garantindo a precisão e a veracidade

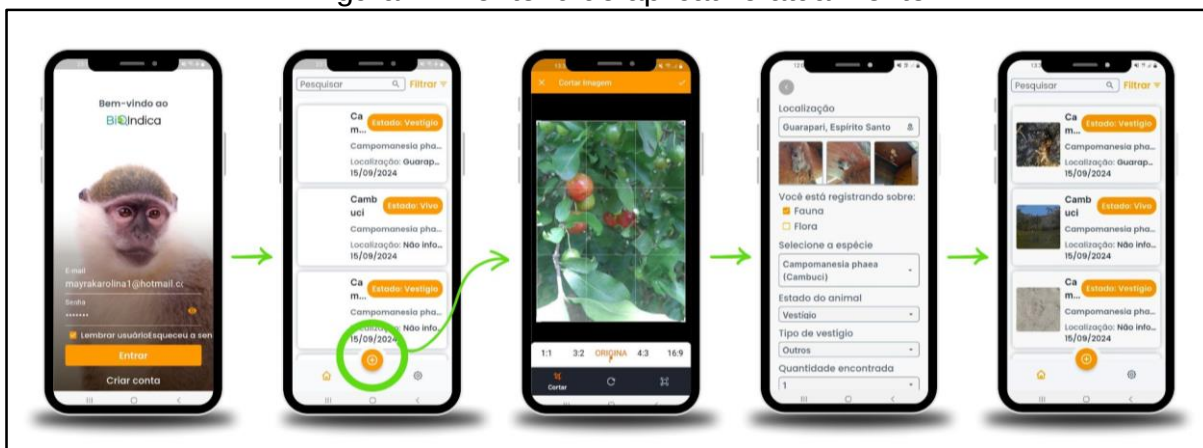
Para registros de fauna, o usuário pode especificar o estado do animal, quantidade de indivíduos, idade aproximada e evidências indiretas, como pegadas e descobertas. Já nos registros de flora, é possível detalhar o porte, presença de flores ou frutos e a origem da planta, seja nativa ou exótica. Em ambas as opções está disponibilizado uma caixa de texto para anotações livres, conforme o apêndice.

4.4 ORGANIZAÇÃO DO APLICATIVO

Para auxiliar na elaboração do banco de dados, foi realizado um *buffer* da área do PEPCV com as espécies de fauna e de flora que estão registradas naquele perímetro no Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira (SiBBR), também foram disponibilizadas pelo IEMA e pelo fotógrafo Hilton Monteiro registros fotográficos de algumas espécies para auxiliar com o reconhecimento de imagens do banco de dados.

Em junho de 2024 a parte de *frontend* evoluiu bastante, gerando assim uma versão não funcional, no entanto, a parte de conexão para salvar os dados ainda não estava disponível, mas possibilitou que fossem testadas as funcionalidades da câmera e localização. Ainda no mesmo mês começou-se a trabalhar o banco de dados, com a proposta de disponibilizar uma nova versão sem autenticação (Figura 7).

Figura 7 - frontend do aplicativo atualmente



Fonte: Elaboração própria, 20204.

4.5 TESTE DO APLICATIVO

Em julho de 2024 foi disponibilizado a prototipação funcional do APP o que permitiu realizar a testagem do app no PEPCV em setembro. A localização ainda não informa a localização exata em UTM, apenas apresenta o município e o estado da captura da imagem, a lista de espécies não apareceu completa, indicando apenas 5 espécies de fauna (Figuras 8 e 9). Embora tenham sido disponibilizadas a lista de espécies encontradas no parque e os registros fotográficos, ainda não foram incorporadas ao aplicativo.

Figura 8 – Inicialização de registro

The figure displays four sequential screenshots of a mobile application interface for recording data. Each screen shows a form with the following fields: 'Localização' (Guarapari, Espírito Santo), 'Você está registrando sobre:' (Fauna checked, Flora unchecked), 'Selecione a espécie' (Campomanesia phaea (Cambuci)), 'Estado do animal' (Vestiário), 'Tipo de vestígio' (Fezes), and 'Quantidade encontrada' (5 ou mais). The second screen shows 'Estado do animal' as 'Vivo'. The third screen shows 'Estado do animal' as 'Vestiário'. The fourth screen shows 'Estado do animal' as 'Nativa' and 'Em floração' as 'Sim'.

Fonte: Elaboração própria, 20204.

Figura 9 – Registros realizados

The figure displays ten sequential screenshots of a mobile application interface showing various records. The records are listed in a grid format, each with a photo, species name, location, and date. The records include: 'Arbusto-Do-Pico-Alto' (Allophylus puberulus), 'Cambuci' (Campomanesia phaea), 'Cambuci' (Campomanesia phaea), 'Cambuci' (Campomanesia phaea), 'Cambuci' (Campomanesia phaea), 'Cambuci' (Campomanesia phaea), 'Cambuci' (Campomanesia phaea), 'Cambuci' (Campomanesia phaea), 'Cambuci' (Campomanesia phaea), and 'Cambuci' (Campomanesia phaea). The records are displayed in a list format with a search bar and filters.

Fonte: Elaboração própria, 20204.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aplicativo de biomonitoramento representa um apoio para a gestão das Unidades de Conservação no Espírito Santo, ao integrar dados de fauna e flora em uma única plataforma e ao oferecer funcionalidades que atualmente não estão disponíveis simultaneamente em outros aplicativos. O aplicativo “BioIndica” se destaca pelo alinhamento com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente os objetivos voltados para inovação, preservação da vida terrestre e parcerias para a implementação sustentável (ODS 9, 15 e 17).

Embora o aplicativo já possua diferenciais, como a capacidade de registrar dados geoespaciais e a coleta de informações seguras e detalhadas, ainda há necessidade de ajustes e testes em campo para que todas as funcionalidades sejam plenamente otimizadas e validadas. Com as melhorias propostas, espera-se que o aplicativo se torne uma ferramenta indispensável para o monitoramento ambiental, facilitando a gestão de dados, proporcionando maior eficiência no manejo e engajando a comunidade local na conservação da biodiversidade.

A criação deste aplicativo, portanto, não apenas fortalece as estratégias de conservação, mas também oferece um modelo de integração de tecnologias para outras regiões, promovendo a ciência cidadã e ampliando a divulgação científica. Dessa forma, espera-se o uso de tecnologias contribuam para uma gestão ambiental mais inovadora e sustentável nas Unidades de Conservação.

REFERÊNCIAS

BARCELOS, Monique EF.; RIGUETE, Julia R.; SILVA, Lorena TP; et al. Influência do solo e do lençol freático na distribuição das formações florísticas nas areias reliquias do Parque Estadual Paulo César Vinha, ES, Brasil. Documento disponível em: <http://www.naturezaonline.com.br/natureza/conteudo/pdf/08_barcelosmef_etal_134_143.pdf>. Acesso em 21 de junho de 2022.

BREGONCI, Juliana de Menezes; POLYCARPO, Polyanna Vieira; MAIA, Valéria Cid. Galhas de insetos do Parque Estadual Paulo César Vinha, Guarapari - ES, Brasil. Documento disponível em: <<https://www.scielo.br/j/bn/a/5SH4t9kvXRqWLGWQSjqkNvt/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em 20 de junho de 2022.

CYBERTRACKER. Our Story - Introduction. Documento disponível em: <<https://cybertracker.org/our-story/>>. Acesso em: 8 agosto 2022.

FERREIRA, Poliana Freire. A vegetação arbustiva aberta numa área de restinga que sofreu impacto da extração de areia no Parque Estadual Paulo César Vinha-PEPCV. 2011. Tese de Doutorado. brasil.

Histórico ODS. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt-br/aceso-a-informacao/informacoes-ambientais/historico-ods>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

ICMBIO-MMA. "Monitoramento: Programa Monitora ICMBio-MMA"; GOV.BR. Documento disponível em: <<https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/monitoramento>>. Acesso em 8 de agosto de 2022.

IEMA. Governo do Estado Espírito Santo: Parque Estadual Paulo César Vinha. Espírito Santo, abril de 2022. Documento disponível em: <<https://iema.es.gov.br/pepCV>>. Acesso em 18 de junho de 2022.

MARTINS, Márcio Lacerda Lopes; CARVALHO-OKANO, Rita Maria de; LUCENO, Modesto. Cyperaceae do Parque Estadual Paulo César Vinha, Guarapari, Espírito Santo, Brasil. Acta Botanica Brasilica, v. 13, p. 187-222, 1999.

Ministério do Meio Ambiente, 2000. Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da mata atlântica e campos sulinos. MMA/SBF, Brasília.

MORAES, Paula Louredo. "Principais Ordens de Insetos "; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/biologia/principais-ordens-insetos.htm>. Acesso em 29 de junho de 2022.

MORENO, Liana Bertoldi. O efeito do tempo de preservação na diversidade de borboletas em áreas de mata de restinga no sul do Brasil. Porto Alegre - RS, junho de 2013. Documento disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/143874/000910053.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em 20 de junho de 2022.

OLIVEIRA, Marco Antônio de; GOMES, Cliver Fernandes Farder; PIRES, Evaldo Martins; et al. Bioindicadores ambientais: insetos como um instrumento desta avaliação. Minas Gerais - BR, dezembro de 2014. Documento disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rceres/a/wwYgZqFJftwbBckPNNDfwKq/?lang=pt>>. Acesso em 20 de junho de 2022.

PLANO DE MANEJO – SETIBA. Plano de Manejo – Setiba_CAP4. 2016. Disponível em: <<https://iema.es.gov.br/pepCV>>. Acesso em: 20 de junho de 2022.

LUCIAN, BO; STUMPF, A. Análise de aplicativos destinados ao aprendizado de crianças com transtorno do espectro autista. Design e Tecnologia, v. 19, pág. 43–65, 2019.

ROQUE, Fabio de Oliveira; RIBEIRO, Katia Torres; UEHARA-PRADO, Marcio. Monitoramento da conservação da biodiversidade: aprendendo com experiências vividas, com ênfase nas unidades de conservação. Documento disponível em: <<https://revistaelectronica.icmbio.gov.br/BioBR/article/view/607/450> >. Acesso em 22 de agosto de 2022.

SMART. Conservation Software - Spatial Monitoring and Reporting Tool. Documento disponível em: <<https://smartconservationtools.org/>>. Acesso em: 08 agosto de 2022.

SMITH, J.; DOE, A.; JONES, R. Mobile apps for environmental and public health monitoring. Journal of Environmental Monitoring, v. 112, n. 2, p. 85-90, 2020. Disponível em: <https://www.jemjournal.com/mobile-apps-monitoring>. Acesso em: 30 jun. 2024.

SILVA, Lorena TP; PIASS, Miran. Briófitas da formação herbácea inundada do Parque Estadual Paulo César Vinha, Setiba, Guarapari, Espírito Santo, sudeste do Brasil. Documento disponível em: <http://www.naturezaonline.com.br/natureza/conteudo/pdf/05_SilvaLTP&PiassiM_3239.pdf>. Acesso em 20 de junho de 2022.

SISS-GEO. Conheça o SISS-Geo, Sistema de Informação em Saúde Silvestre. Documento disponível em: <<https://sissgeo.incc.br/#signup>>. Acesso em 8 de agosto de 2022.

SOUZA, Ingrid Elaine Santos; LIRA, Marília Thaysa da Silva Martins; CORDEIRO, Adriana Tenório. Consumo, aplicativos e serviços delivery: motivações para uso do iFood por jovens consumidores na pandemia. Caruaru: Universidade de Pernambuco, 2024.

TERRA CAPIXABA. Parque Estadual Paulo César Vinha - Guarapari. Documento disponível em: <<http://www.terracapixaba.com/2010/01/parque-estadual-paulo-cesar-vinha.html>>. Acesso em 19 de junho de 2022.

THOMAZI, Rafael D.; SILVA, Ary G. Florística, diversidade e estrutura horizontal e vertical de uma área de vegetação arbustiva aberta numa planície arenosa costeira do Espírito Santo, sudeste do Brasil. Documento disponível em: <http://www.naturezaonline.com.br/natureza/conteudo/pdf/02_Thomazi&Silva_010-018.pdf>. Acesso em 21 de junho de 2022.

WIKILOC. Parque Estadual Paulo César Vinha. Documento disponível em: <Parque Estadual Paulo César Vinha. διαδρομή - Peroção, Espírito Santo (Brazil)- GPS track>. Acesso em 18 de junho de 2022.

WWF. Gestão de unidades de conservação: compartilhando uma experiência de capacitação. 2012. Documento disponível em: <https://d3nehc6yl9qzo4.cloudfront.net/downloads/gestao_de_unidades_de_conservacao.pdf>. Acesso em: 08 de outubro de 2022

APÊNDICE

Definição das perguntas do APP	
Pergunta	Caminhos de Resposta
Adicionar registro de Flora	
Tirar Foto	Fauna
	Flora
	Selecione a espécie
	Lista de nomes da tabela
Informações do registro	Nativa
	Exótica
	Não sei
Em floração	Sim
	Não
Com frutos/sementes	Sim
	Não
Porte	Arbóreo
	Arbusto
	Herbáceo
Quantidade encontrada	1
	2
	3
	4
	5 ou mais
Anotação livre	Destinado a colocar informações adicionais encontradas no local

Definição das perguntas do APP	
Pergunta	Caminhos de Resposta
Adicionar registro de Fauna	
Tirar Foto	☒ Fauna
	☒ Flora
	Selecione a espécie
	☒ Lista de nomes da tabela
Informações do registro	☒ Vivo
	☒ Doente/Ferido
	☒ Morto
	☒ Vestígio
	☐ Pegadas
	☐ Fezes
	☐ Carcaça
Quantidade de indivíduos encontrados	☒ 1
	☒ 2
	☒ 3
	☒ 4
	☒ 5 ou mais
Idade aproximada	☒ Adulto
	☒ Jovem
	☒ Filhote
	Adicionar registro
Anotação livre	Destinado a colocar informações adicionais encontradas no local