



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA
COMPUTAÇÃO**



JOÃO FILHO FREIRE LOPES

**ATLAS DO CAMARÃO SIG MÓVEL: UMA FERRAMENTA
PARA A APRESENTAÇÃO E ROTEAMENTO DE CADEIAS
DE INSUMOS EM CARCINICULTURA**

MOSSORÓ

2024

JOÃO FILHO FREIRE LOPES

**ATLAS DO CAMARÃO SIG MÓVEL: UMA FERRAMENTA
PARA A APRESENTAÇÃO E ROTEAMENTO DE CADEIAS
DE INSUMOS EM CARCINICULTURA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação - associação ampla entre a Universidade do Estado do Rio Grande do Norte e a Universidade Federal Rural do Semi-Árido, para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação.

Orientador: Prof. Dr. Lenardo Chaves e Silva - UFERSA

Coorientador: Prof. Dr. Francisco Milton Mendes Neto - UFERSA

MOSSORÓ

2024

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

FL864 Freire Lopes, João Filho.
a ATLAS DO CAMARÃO SIG MÓVEL: UMA FERRAMENTA PARA
A APRESENTAÇÃO E ROTEAMENTO DE CADEIAS DE INSUMOS
EM CARCINICULTURA / João Filho Freire Lopes. -
2024.
54 f. : il.

Orientador: Lenardo Chaves e Silva.
Coorientador: Francisco Milton Mendes Neto.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Ciência da Computação, 2024.

1. Sistema de Informação Geográfica (SIG). 2.
SIG Móvel. 3. Carcinicultura. 4. Suporte a
Decisão. 5. Technology Acceptance Model (TAM). I.
Chaves e Silva, Lenardo, orient. II. Mendes Neto,
Francisco Milton, co-orient. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

JOÃO FILHO FREIRE LOPES

**ATLAS DO CAMARÃO SIG MÓVEL: UMA FERRAMENTA
PARA A APRESENTAÇÃO E ROTEAMENTO DE CADEIAS
DE INSUMOS EM CARCINICULTURA**

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Ciência da Computação para
a obtenção do título de Mestre em Ciência da
Computação.

Aprovada em: 20 de Fevereiro de 2024

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Lenardo Chaves e Silva - UFERSA
Presidente

Prof. Dr. Francisco Milton Mendes Neto - UFERSA
Primeiro Membro

Prof. Dr. Sebastião Emídio Alves Filho - UERN
Segundo Membro

Prof. Dr. Rogério Taygra Vasconcelos Fernandes -
UFERSA
Terceiro Membro

Prof. Dr. Álvaro Alvares de Carvalho César Sobrinho
- UFAPE
Quarto Membro

À minha amada esposa e meus filhos que iluminam meus dias com seu amor e compreensão. À minha mãe, fonte de inspiração e apoio incansável. Ao meu pai, que sempre me incentivou a buscar o que ele sabia que eu era capaz de conquistar.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, expresso minha profunda gratidão a Deus, pois reconheço que sem Sua orientação e inspiração, nenhum dos parágrafos deste trabalho seria sequer concebido.

Aos Professores Dr. Lenardo Chaves e Silva e Dr. Francisco Milton Mendes Neto, dedico meus sinceros agradecimentos pela orientação valiosa durante minha jornada na elaboração desta dissertação de mestrado. Suas contribuições foram fundamentais para o desenvolvimento e aprimoramento deste trabalho.

À minha amada esposa Luciene e aos meus filhos João Miguel e a pequena Ana Luiza, expresso minha profunda gratidão. Seu amor constante e apoio incondicional têm sido fontes inesgotáveis de motivação, impulsionando-me a superar desafios e perseguir meus objetivos diariamente.

À minha mãe Neide, devo uma dívida de gratidão eterna. Seu apoio incansável ao longo da minha jornada acadêmica, sua crença inabalável em meu potencial e seu incentivo constante, mesmo nos momentos em que eu mesmo duvidava, foram fundamentais para o meu sucesso. Sua presença e encorajamento foram verdadeiramente inestimáveis.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação (PPGCC) da UFERSA, agradeço sinceramente por compartilharem seu vasto conhecimento e orientação ao longo dos anos como mestrando. Suas contribuições foram essenciais para o meu crescimento acadêmico e profissional.

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para minha jornada acadêmica e pessoal, meu profundo reconhecimento. Este trabalho é resultado do apoio e da colaboração de muitos, e expresso minha sincera gratidão a cada um de vocês.

EPÍGRAFE

“O universo é um código a ser decifrado, e a Ciência da Computação é a linguagem que nos permite ler as estrelas..”

(Carl Sagan)

RESUMO

A carcinicultura, prática de criação e cultivo de camarões marinhos, tem apresentado crescimento expressivo nos últimos anos, estimando-se uma produção global de 7,53 milhões de toneladas até o final de 2023. Apesar do Brasil representar apenas 1% desse total, o país detém potencial significativo na aquicultura, destacando-se como segundo maior valor de produção entre as espécies cultivadas. A região Nordeste, em particular, destaca-se na carcinicultura devido a características climáticas favoráveis. A criação do Atlas do Camarão surgiu como resposta a essas demandas, integrando informações provenientes de diversas fontes e oferecendo indicadores de desenvolvimento da cadeia produtiva de forma prática e intuitiva. A plataforma existente até então é um Sistema de Informação Geográfica (SIG) apresentado na forma de WebSIG, que permite a visualização e análise de informações geográficas on-line. No entanto, a ausência de informações precisas sobre a localização dos fornecedores de serviços das cadeias de insumo representa uma lacuna no Atlas do Camarão. Diante disso, este trabalho desenvolveu uma versão SIG Móvel do Atlas do Camarão, permitindo ao produtor visualizar os fornecedores de serviços das cadeias de insumo, filtrar por critérios específicos e traçar rotas eficientes. Os objetivos incluem a implementação de funcionalidades existentes do atlas para dispositivos móveis, a apresentação precisa da localização dos fornecedores, a facilidade na tomada de decisão e a visualização efetiva de rotas até o fornecedor desejado. Essa iniciativa visou superar a incompatibilidade com dispositivos móveis da primeira versão da aplicação e ampliar o alcance e a utilidade do Atlas do Camarão na gestão da carcinicultura. O objetivo deste trabalho é validar a aplicação desenvolvida através da utilização da mesma por profissionais reais da carcinicultura. Para tal, um questionário foi aplicado, baseado no modelo *Technology Acceptance Model* (TAM).

Palavras-chave: Sistema de Informação Geográfica (SIG). SIG Móvel. Carcinicultura. Suporte a Decisão. *Technology Acceptance Model* (TAM).

ABSTRACT

Shrimp farming, the practice of raising and cultivating marine shrimp, has shown significant growth in recent years, with an estimated global production of 7.53 million tons by the end of 2023. Although Brazil represents only 1% of this total, the country holds significant potential in aquaculture, standing out as the second highest production value among cultivated species. The Northeast region, in particular, stands out in shrimp farming due to its favorable climate characteristics. The creation of the Shrimp Atlas emerged as a response to these demands, integrating information from different sources and offering production chain development indicators in a practical and intuitive way. The existing platform until now is a Geographic Information System (GIS) presented in the form of WebGIS, which allows the visualization and analysis of geographic information online. However, the lack of precise information on the location of service providers in the input chains represents a gap in the Shrimp Atlas. Given this, this work developed a Mobile GIS version of the Shrimp Atlas, allowing producers to view service providers in the input chains, filter by specific criteria and trace efficient routes. The objectives include implementing existing atlas functionalities for mobile devices, accurately presenting the location of suppliers, facilitating decision making and effectively visualizing routes to the desired supplier. This initiative aimed to overcome the incompatibility with mobile devices of the first version of the application and expand the reach and usefulness of Atlas do Camarão in shrimp farming management. The objective of this work is to validate the application developed through its use by real shrimp farming professionals. To this end, a questionnaire was applied, based on the Technology Acceptance Model (TAM).

Keywords: Geographic Information System (GIS). Mobile GIS. Shrimp Farm. Decision Support. Technology Acceptance Model (TAM).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Países Maiores Produtores Mundiais de Camarão (<i>P. vannamei</i>) em 2020	24
Figura 2 – Arquiteturas de sistemas SIG	26
Figura 3 – Arquiteturas de sistemas SIG Móvel	28
Figura 4 – Metodologia de análise geoespacial do Atlas do Camarão para o diagnóstico da carcinicultura nacional	30
Figura 5 – Modelo TAM	33
Figura 6 – Modelagem Relacional das tabelas adicionadas ao banco de dados do Atlas do Camarão	37
Figura 7 – Arquitetura da aplicação SIG Móvel desenvolvida.	38
Figura 8 – Tela inicial da aplicação.	41
Figura 9 – Seleção de camadas visíveis na aplicação.	42
Figura 10 – Listagem e apresentação das informações dos serviços.	43
Figura 11 – Seleção de Configurações de filtragem.	44
Figura 12 – Visualização da filtragem no mapa.	45
Figura 13 – Escolha de rotas alternativas.	47
Figura 14 – Percepção dos usuários sobre o uso da aplicação.	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADT	<i>Abstract Data Type</i>
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BNB	Banco do Nordeste do Brasil S.A.
CH	<i>Contraction Hierarchies</i>
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
GPS	<i>Global Positioning System</i>
GUI	Interface Gráfica para o Usuário
IANC	Indicador de Aptidão Natural para Carcinicultura
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICI	Indicador de Cadeia de Insumos
IIC	Indicador de Infraestrutura para Carcinicultura
IPEF	Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MLD	Multilevel Dijkstra
OSRM	Open Source Routing Machine
Sebrae	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SGBD	Sistema Gerenciador de Banco de Dados
SICAR	Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SIGEF/INCRA	Sistema de Gestão Fundiária
SIT-Aquicultura	Sistema de Inteligência Territorial Estratégica para Aquicultura
SQL	<i>Structured Query Language</i>
TAM	<i>Technology Acceptance Model</i>
UFERSA	Unifersidade Federal Rural do Semi-árido

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Problemática	17
1.2	Objetivos de Pesquisa	18
1.2.1	<i>Objetivo Geral</i>	18
1.2.2	<i>Objetivos Específicos</i>	18
1.3	Justificativa	19
1.4	Organização do Documento	19
2	TRABALHOS RELACIONADOS	21
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	23
3.1	Produção de Camarão no Brasil	23
3.2	Sistema de Informações Geográficas (SIG)	25
3.3	Sistema de Informações Geográficas para Dispositivos Móveis	27
3.4	Atlas do Camarão	28
3.4.1	<i>Coleta de dados</i>	29
3.4.2	<i>Definição dos polos produtores e construção dos indicadores</i>	30
3.5	Algoritmos de Roteirização	31
3.6	Modelo TAM	32
4	METODOLOGIA	35
4.0.1	<i>O Banco de dados espaciais</i>	35
4.1	Modelagem dos dados	35
4.2	Aplicação SIG Móvel	38
4.2.1	<i>O framework Flutter</i>	38
4.2.2	<i>A aplicação servidor</i>	39
4.2.3	<i>Apresentação e Roteirização dos serviços</i>	39
4.2.4	<i>Validação da aplicação desenvolvida</i>	39
5	APLICAÇÃO SIG MÓVEL DO ATLAS DO CAMARÃO	41
5.1	Apresentação dos serviços	41
5.2	Seleção de camadas visíveis	42
5.3	Roteirização dos serviços	43
5.4	Filtragem dos serviços	44

5.5	Validação da aplicação	47
6	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	51
6.1	Contribuições e Impacto	51
6.2	Trabalhos Futuros	52
	REFERÊNCIAS	53

1 INTRODUÇÃO

A criação e cultivo de camarões marinhos (carcinicultura) vem crescendo cada vez mais ao longo dos anos. A estimativa é de que, até o final de 2023 a produção seja de 7,53 milhões de toneladas, o que representa uma alta de 29,48% em relação ao ano de 2020, que teve uma produção de 5,81 milhões de toneladas (XIMENES; VIDAL, 2023). O Brasil, apesar de corresponder a apenas 1% dessa produção, possui um grande potencial para a aquicultura, tendo o camarão como o segundo maior valor de produção dentre as espécies de aquicultura cultivadas no país, atrás apenas da Tilápia (IBGE, 2022). Características climáticas como temperatura elevada e curto período de chuvas fazem com que a região Nordeste tenha um grande desenvolvimento da carcinicultura, representando, no ano de 2022, 99,6% da produção nacional, com foco nos estados do Ceará e Rio Grande do Norte, que possuem, respectivamente, 54,1% e 22,2%, totalizando, somente nesses dois estados, 76,3% da produção nacional no ano de 2021 (IBGE, 2022).

Além das características climáticas, fatores relacionados ao relevo, hidrografia e uso do solo também servem de indicadores de aptidão natural para carcinicultura, de forma que, dispondo de informações espaciais sobre a classificação climática, tipos de formações de relevo, distribuição da rede hidrográfica e tipos de uso do solo, é possível estimar se um local está ou não apto para a carcinicultura. Dessa forma, uma base de dados que disponha dessas informações de maneira organizada e constantemente atualizada, poderia ser uma poderosa ferramenta de caracterização da cadeia produtiva da carcinicultura em diferentes polos produtivos do país (SOARES *et al.*, 2007).

Com o objetivo de unir diferentes bases de dados surgiu a plataforma Atlas do Camarão, que, através de um portal, busca integrar as informações coletadas de diversas fontes na forma de indicadores de desenvolvimento da cadeia produtiva, disponibilizando-os de maneira prática e intuitiva. A plataforma mostra um indicador de infraestrutura para a carcinicultura ao longo das regiões do país. Além disso, apresenta a concentração de vários outros recursos de infraestrutura, como a infraestrutura energética e infraestrutura portuária, e a concentração de várias cadeias de insumos, como fábricas de gelo, laboratórios de pós-larva, fábricas de ração, dentre outras (ALMEIDA, 2023).

O Atlas do Camarão é um Sistema de Informação Geográfica (SIG), e por ser uma ferramenta voltada para a web, pode ser chamada de WebSIG. Um sistema WebSIG permite que seus usuários visualizem e analisem informações geográficas em um ambiente

on-line, ajudando assim na tomada de decisões (GÖÇMEN, 2016). Ferramentas SIG são compostas por uma Interface Gráfica para o Usuário (GUI), um banco de dados que armazena informações geográficas, ferramentas que possibilitam uma análise espacial das informações e a possibilidade de visualização das informações na forma de camadas (CÂMARA *et al.*, 2001).

Além das soluções WebSIG, outras ferramentas podem se beneficiar da capacidade de visualização e manipulação de informações geográficas dos sistemas SIG, como é o caso das ferramentas SIG Móvel. A presença dos dispositivos móveis no dia a dia das pessoas vem cada vez mais ultrapassando seu objetivo original, que era de simplesmente comunicação entre as pessoas, de forma que, a exemplo das tecnologias de localização presentes na maioria dos dispositivos móveis atuais, é possível analisar e mensurar o comportamento espaço-temporal de seus portadores. Dessa forma, ferramentas SIG Móvel, que possuem sua execução em dispositivos móveis, possuem uma capacidade de atingir um nível mais elevado de portabilidade, usabilidade e flexibilidade do que ferramentas SIG tradicionais ou WebSIG (DRUMMOND *et al.*, 2006).

Desenvolver aplicações computacionais, independentemente de serem ferramentas SIG ou não, tem se tornado uma tarefa cada vez mais complexa e crucial para atender às demandas e objetivos das organizações. No entanto, é importante reconhecer que, em algumas ocasiões, as funcionalidades implementadas podem se distanciar significativamente do contexto de uso dos usuários finais, resultando em uma desconexão que compromete a utilidade prática da aplicação desenvolvida. É nesse contexto que se torna fundamental a aplicação de modelos de validação como o *Technology Acceptance Model* (TAM), que se propõe a avaliar a aceitação de uma determinada tecnologia pelos usuários finais, levando em consideração tanto a usabilidade quanto a utilidade percebida por estes. Ao considerar essas variáveis, é possível não apenas determinar a facilidade de uso da aplicação pelo usuário, mas também avaliar se ela realmente atende às necessidades e expectativas do usuário final, proporcionando um efetivo auxílio em suas atividades, garantindo que as aplicações desenvolvidas não apenas atinjam seus objetivos técnicos, mas também sejam verdadeiramente úteis e bem recebidas pelos usuários finais (DAVIS *et al.*, 1989).

1.1 Problemática

O Atlas do Camarão desempenha um papel crucial ao apresentar, de maneira integrada, informações provenientes de diversas bases de dados, abrangendo a concentração de várias cadeias de insumos. No entanto, uma lacuna significativa é identificada, pois a plataforma não fornece a localização precisa dos fornecedores dessas cadeias no mapa, uma informação de extrema importância e relevância para os produtores. A capacidade de visualizar os pontos exatos no mapa onde os serviços estão posicionados é essencial para que os produtores possam efetivamente se deslocar até um fornecedor específico de uma cadeia de insumos e adquirir os serviços desejados.

Adicionalmente, a plataforma Atlas do Camarão enfrenta desafios relacionados à incompatibilidade com a resolução de telas de dispositivos móveis. Essa limitação dificulta que os produtores acessem a plataforma de forma flexível, comprometendo sua capacidade de acompanhar e verificar a precisão do trajeto percorrido, especialmente quando desejam se deslocar até um fornecedor específico. Diante dessas problemáticas, este trabalho oferece, através do desenvolvimento de uma aplicação para dispositivos móveis, soluções concretas para os seguintes desafios:

- **Visualização Precisa da Localização dos fornecedores das Cadeias de Insumo:** Como possibilitar que o produtor visualize com precisão a localização exata dos fornecedores que deseja visitar?
- **Facilitação da Tomada de Decisão do Produtor:** Como proporcionar ao produtor uma ferramenta que simplifique a tomada de decisões diante das diversas opções de fornecedores disponíveis?
- **Acompanhamento Efetivo do Trajeto até o fornecedor desejado:** Como permitir que o produtor acompanhe de forma efetiva o trajeto desde sua localização atual até o fornecedor desejado, garantindo precisão e orientação durante todo o percurso?

Para avaliar a eficácia da aplicação em oferecer soluções para esses desafios, este trabalho se propõe a realizar uma validação com usuários reais, tendo como base o modelo TAM, que é um modelo de aceitação tecnológica que tem como objetivo analisar a compreensão sobre o que leva um usuário a aceitar ou não uma solução tecnológica (VENKATESH; BALA, 2008).

1.2 Objetivos de Pesquisa

O desenvolvimento de uma ferramenta SIG Móvel para integrar-se ao atlas do camarão constitui em uma iniciativa estratégica voltada para a otimização da gestão na cadeia produtiva da carcinicultura. Uma ferramenta desse tipo pode conferir ao produtor uma experiência mais abrangente, permitindo-lhe visualizar não apenas a localização dos diversos serviços, mas também identificar, de maneira eficaz, os serviços mais próximos, conforme critérios específicos definidos pelo usuário.

A implementação de uma funcionalidade de filtragem personalizada incorporada à ferramenta proporciona ao usuário a flexibilidade de especificar parâmetros que atendam às suas necessidades particulares, como o tipo de insumo desejado e a distância aceitável até esse insumo. Dessa forma, o produtor pode rapidamente obter uma visão detalhada dos serviços que correspondem aos seus requisitos específicos.

Além dessa capacidade de filtragem, a ferramenta SIG Móvel deverá possibilitar a visualização da rota mais eficiente a ser seguida do ponto atual do usuário até um fornecedor de uma categoria escolhida, economizando tempo e recursos, e facilitando a tomada de decisões em tempo real. O produtor pode assim planejar e executar deslocamentos com precisão, otimizando a logística e reduzindo potenciais inconvenientes associados à busca e obtenção de insumos.

1.2.1 *Objetivo Geral*

Avaliar a aceitação da ferramenta SIG Móvel desenvolvida para o Atlas do Camarão com o objetivo de permitir ao produtor visualizar a localização dos fornecedores de serviços das várias cadeias de insumo da carcinicultura, mostrar a localização dos fornecedores mais próximos com base em um filtro definido pelo usuário e apresentar a rota a ser seguida caso o usuário queira deslocar-se de sua posição atual até o fornecedor desejada.

1.2.2 *Objetivos Específicos*

- Analisar a usabilidade da aplicação;
- Analisar a percepção de utilidade para o usuário final;
- Discutir o impacto das decisões de projeto do sistema nos resultados de aceitação.

1.3 Justificativa

Uma plataforma Web, como o Atlas do Camarão, representa uma ferramenta extremamente benéfica para os produtores, facilitando a integração e visualização de dados cruciais relacionados à cadeia produtiva da carcinicultura. Contudo, a incompatibilidade com dispositivos móveis emerge como uma limitação significativa, praticamente impossibilitando a utilização da plataforma em ambientes diversos. Atualmente, seu emprego se restringe a ambientes internos que dispõem de computadores e acesso à Internet por meio de redes cabeadas ou Wi-Fi.

Ao implementar uma aplicação dedicada desse tipo para plataformas móveis, abre-se uma gama de possibilidades para os produtores. Isso não apenas permite que visualizem essas informações em ambientes variados, mas também lhes oferece a capacidade de acompanhar de forma conveniente e em tempo real todo o trajeto até determinado serviço por meio de seus dispositivos móveis.

A adaptabilidade a dispositivos móveis proporciona maior flexibilidade, permitindo que os produtores acessem dados relevantes e atualizados em campo, enquanto estiverem nas instalações de produção ou mesmo enquanto monitoram suas operações de maneira remota. Além disso, a mobilidade conferida pela aplicação móvel promove uma integração mais eficaz da tecnologia na rotina diária do produtor, melhorando a tomada de decisões e a eficiência operacional. Isso resulta em um aumento significativo na utilidade e na praticidade da plataforma Atlas do Camarão, ampliando seu alcance e impacto positivo na gestão da cadeia produtiva da carcinicultura.

Dessa forma, se faz necessário através de um modelo de aceitação, avaliar se a adoção de uma solução SIG móvel juntamente com o desenvolvimento de novas funcionalidades para o atlas do camarão são, na prática, benéficas para os usuários, e se, a solução realmente facilita o trabalho dos usuários em termos de utilidade e usabilidade.

1.4 Organização do Documento

O restante deste trabalho está organizado da seguinte forma: O Capítulo 2 apresenta trabalhos relacionados, que utilizam de SIG Móvel para disponibilização e manipulação de dados espaciais; O Capítulo 3 apresenta os conceitos necessários para um melhor entendimento do trabalho realizado; O capítulo 4 mostra a metodologia adotada por este

trabalho e que resultou na aplicação SIG Móvel proposta; o Capítulo 5 apresenta a aplicação desenvolvida, bem como suas funcionalidades e validação da mesma; e, por fim, o Capítulo 6 faz a conclusão deste trabalho, apresentando as contribuições realizadas pelo mesmo e os possíveis trabalhos futuros.

2 TRABALHOS RELACIONADOS

Neste capítulo são mostrados trabalhos relacionados que utilizam de SIG Móvel para a disponibilização de dados espaciais. Não foi possível encontrar trabalhos no contexto de carcinicultura ou aquicultura. Porém, através de pesquisa, foi possível encontrar trabalhos no contexto de agricultura e pesca, que são contextos semelhantes e, portanto, foram selecionados.

Wu e Wang (2010) desenvolveram uma ferramenta baseada em SIG Móvel para o gerenciamento de recursos florestais e colheita sustentável, com o objetivo de lidar com problemas como incêndios, corte ilegal de árvores e pestes. Na solução proposta, um usuário pode alertar a ocorrência de algum incidente através de um terminal móvel para um centro de monitoramento, que verá a localização exata do incidente, possibilitando uma tomada de decisão.

Chen *et al.* (2012) criaram uma aplicação SIG Móvel para a coleta de informações agrícolas. A aplicação coleta as informações de localização (latitude e longitude) e logo após solicita ao usuário que informe dados específicos do terreno em questão, como dados de monitoramento de pestes, nível de água no solo, nível de matéria orgânica, nível de nitrogênio, fósforo e potássio, dentre outras informações.

Erden e Tozan (2015) elaboraram um estudo que sumariza as inúmeras possibilidades e oportunidades oferecidas através do uso de sensores e controladores eletrônicos aliados a recursos de energia renovável e soluções de SIG Móvel, com o objetivo de gerar uma Agricultura de Precisão mais sustentável.

Zhang e Cao (2019) realizaram uma pesquisa a respeito da aplicação de tecnologias SIG na agricultura em problemas como gestão de informações de recursos agrícolas, zoneamento agroclimático, prevenção de desastres agrícolas, gestão ambiental agroecológica, agricultura de precisão, estimativa e monitoramento do rendimento das culturas, erosão do solo, sensibilidade e poluição de fonte difusa, ressaltando o SIG Móvel como uma das principais tendências tecnológicas no que se diz respeito a tecnologias atuais.

Wada *et al.* (2013) desenvolveram uma aplicação SIG Móvel para pescadores que entrega informações em tempo real, com o objetivo de visualizar informações de pesca digitalizadas em forma de mapas e aplicação desses mapas no que diz respeito à conservação de recursos e operações de pesca eficientes. No contexto da aplicação, uma aplicação SIG facilitou a interpretação e avaliação de dados como a densidade dos recursos

e a taxa de pesca.

Zhang *et al.* (2012) criaram um sistema de avaliação e gestão de ecossistemas baseado em um modelo de processo, sensores *wireless* e tecnologia SIG Móvel, com o objetivo de auxiliar a conservar a sustentabilidade do agroecossistema do planalto de Loess, na China. Uma solução SIG ajudou a lidar com fatores ecossistêmicos que tendem a mudar frequentemente com o tempo e que não permitem uma tomada de decisão em tempo hábil somente através da análise de dados históricos.

Assim como os trabalhos citados, este trabalho busca, através de uma aplicação SIG Móvel, automatizar a apresentação de dados espaciais e possibilitar ao gestor uma manipulação facilitada desses dados através dos vários benefícios que os SIG Móveis apresentam em relação aos SIG tradicionais, como alta portabilidade, boa usabilidade, flexibilidade, entre outros. Porém, diferente dos trabalhos citados, este trabalho desenvolve uma versão SIG Móvel de uma plataforma WegSIG já existente, o que possibilita ao usuário acessar a plataforma da maneira que lhe for mais conveniente.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são apresentados os conceitos necessários para um melhor entendimento do trabalho realizado, incluindo a Produção de Camarão no Brasil, Sistemas de Informações Geográficas (SIG), Sistema de Informações Geográficas para Dispositivos Móveis (SIG Móvel), a plataforma Atlas do Camarão e Algoritmos de Roteirização.

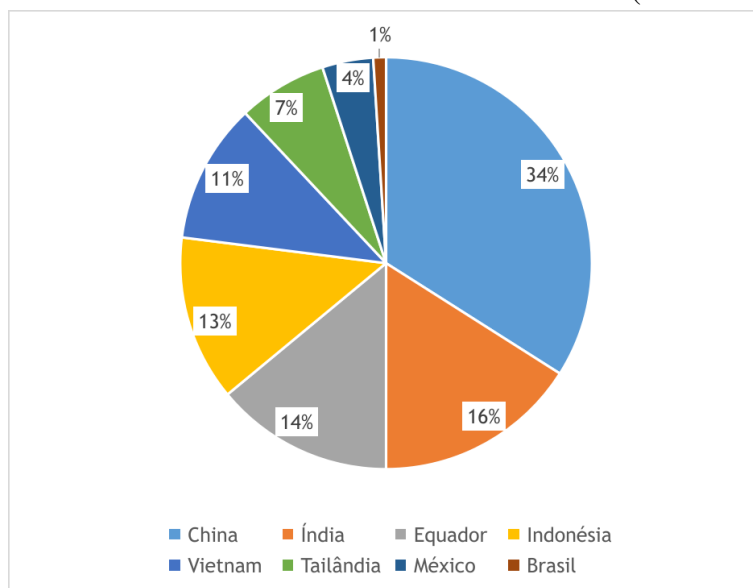
3.1 Produção de Camarão no Brasil

O cenário global da produção de camarão em cativeiro apresenta uma ascensão notável, evidenciando um crescimento constante. Entre os anos de 2015 a 2020, por exemplo, o crescimento foi de aproximadamente 52,77% ao final desse período, enquanto, em contraste, a pesca de camarão registrou uma redução de cerca de 55,8% entre 2016 e 2020 (FAO, 2022). Este fenômeno destaca uma mudança significativa nas fontes de abastecimento de camarão, com a aquicultura emergindo como a principal fornecedora para atender à crescente demanda mundial por esse crustáceo. É interessante observar que os camarões se consolidaram como alguns dos produtos aquáticos mais comercializados nos últimos anos, demonstrando uma demanda robusta e crescente. Nesse contexto, a China desempenha um papel preponderante, liderando a produção mundial. Em 2020, por exemplo, a China abarcou cerca de 34% do volume global de produção, equivalente a 1,86 milhões de toneladas (XIMENES; VIDAL, 2023). Na Figura 1 são ilustrados os maiores produtores de camarão da espécie *Penaeus Vannamei* em 2020, sendo essa espécie a mais cultivada em todo o mundo.

É possível visualizar, ainda na Figura 1, que no ano de 2020 o Brasil contribuiu com apenas 1% da produção mundial de camarão. Dessa parcela, mais de 99% corresponde à produção concentrada nos estados do Nordeste do país, notadamente liderados pelo Ceará e Rio Grande do Norte, respectivamente. Embora a participação percentual na produção global seja modesta, a produção de camarão no Brasil detém um vasto potencial econômico, ocupando a segunda posição em valor de produção entre as espécies cultivadas por meio da aquicultura nacional (XIMENES; VIDAL, 2023).

A carcinicultura, termo utilizado para descrever o cultivo de camarões, desempenha um papel crucial na geração de empregos em diversas regiões do Brasil, particularmente em áreas favorecidas por condições ambientais propícias, como clima e disponibilidade de

Figura 1 – Países Maiores Produtores Mundiais de Camarão (*P. vannamei*) em 2020



Fonte: Adaptada de (XIMENES; VIDAL, 2023)

recursos hídricos (TANCREDO *et al.*, 2011). Considerando esse potencial significativo, uma abordagem estratégica para impulsionar a carcinicultura no Brasil consiste na implementação de soluções computacionais inteligentes. Tais soluções permitem aos produtores otimizar o aproveitamento dos recursos naturais disponíveis, ao mesmo tempo em que promovem a eficiência operacional e sustentabilidade na produção de camarões.

Dentre as soluções computacionais disponíveis, é importante ressaltar a especificidade da categoria na qual este trabalho se insere, ou seja, aquela que viabiliza o controle eficaz de informações e a tomada de decisões baseadas em dados geográficos. Neste contexto, fatores cruciais como a localização geográfica e as condições climáticas desempenham um papel fundamental na determinação da viabilidade de um local para a prática da carcinicultura. Portanto, ao integrar essas variáveis, juntamente com informações relativas à disposição geográfica dos serviços disponíveis das diversas cadeias de insumos essenciais para a carcinicultura, é possível fornecer ao produtor uma ferramenta abrangente que facilita um controle mais preciso e informado sobre as operações do seu negócio. Essa abordagem integrada não apenas contribui para otimizar a produção, mas também capacita o produtor a antecipar e responder de maneira estratégica às variáveis ambientais e logísticas, promovendo, assim, a eficiência e sustentabilidade do empreendimento.

3.2 Sistema de Informações Geográficas (SIG)

Para um melhor aproveitamento dos recursos naturais favoráveis à carcinicultura, é necessário identificar as regiões do país que oferecem condições propícias para essa atividade, e além disso, apresentar essas informações aos produtores de maneira acessível e estratégica, promovendo uma tomada de decisão fundamentada. Uma abordagem eficaz para alcançar esse objetivo é a implementação de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), um sistema computacional avançado projetado para manter e analisar dados espaciais específicos de um determinado contexto. Para tal, um sistema SIG necessita de um banco de dados bem estruturado, modelado por meio de um Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) espacial. Este SGBD deve ser capaz de lidar com volumes substanciais de dados, garantindo simultaneamente a consistência e integridade das informações espaciais apresentadas (ZLATANOVA; STOTER, 2006).

Essa abordagem possibilita aos produtores uma visão abrangente e precisa das condições geográficas e ambientais que afetam diretamente a carcinicultura em diferentes regiões do país, possibilitando decisões informadas e estratégicas.

A arquitetura mais comum nos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) é a *Dual Architecture*, que se destaca pela presença de um subsistema independente dedicado ao armazenamento e recuperação de dados espaciais em um SGBD espacial, operando em paralelo ao SGBD relacional convencional. Essa abordagem, embora eficiente em termos de desempenho, apresenta desafios potenciais de integridade de dados, como a possível exclusão de uma entidade de um sistema de armazenamento sem reflexo correspondente no outro (VIJLBRIEF; OOSTEROM, 1992).

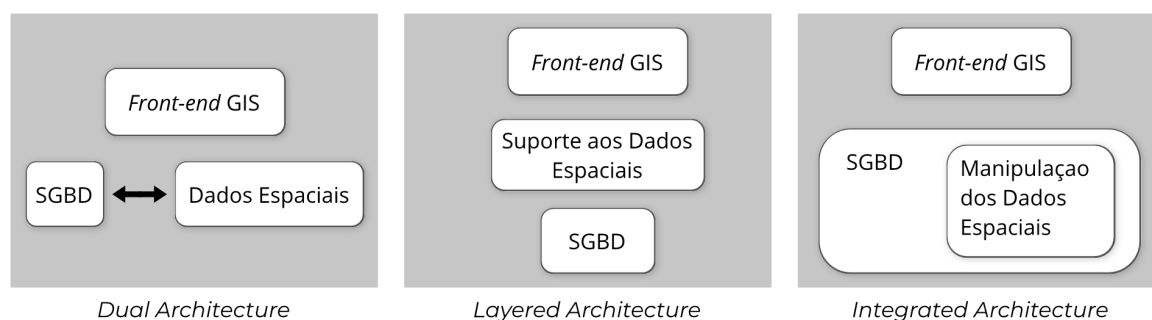
Ainda segundo Vijlbrief e Oosterom (1992), para mitigar esse desafio de integridade da *Dual Architecture*, surge a *Layered Architecture*, uma alternativa que mantém os dados espaciais armazenados diretamente no banco de dados relacional. Essa estratégia visa mitigar os riscos associados à integridade, garantindo que as operações de manipulação de dados reflitam corretamente em ambas as camadas. No entanto, essa arquitetura, apesar de fortalecer a integridade dos dados, é notadamente mais lenta e complexa devido à necessidade de junções de relações para a obtenção de dados espaciais.

Por fim, Vijlbrief e Oosterom (1992) também apresentam uma terceira abordagem, que é a *Integrated Architecture*, que se destaca ao estender os SGBDs relacionais com abstrações específicas para manipulação de dados espaciais, conhecidas como *Abstract*

Data Type (ADT). Essa arquitetura busca simplificar a implementação e a manipulação de informações espaciais, oferecendo uma solução intermediária entre a eficiência da *Dual Architecture* e a integridade reforçada da *Layered Architecture*. A implementação da *Integrated Architecture* é facilitada por meio de vários modelos disponíveis.

Na Figura 2, apresenta-se uma comparação visual entre as três arquiteturas citadas.

Figura 2 – Arquiteturas de sistemas SIG



Fonte: Adaptada de (VIJLBRIEF; OOSTEROM, 1992)

Uma evolução dos sistemas SIG são os sistemas WebSIG, que são desenvolvidos e disponibilizados em forma de páginas Web, utilizando ferramentas e características comuns na maioria das páginas Web tradicionais, dessa forma, são mais fáceis de entender por usuários familiarizados com a *Internet*, além de possuírem como vantagem também, a independência de plataforma e sistema operacional, visto que esses sistemas executam em *softwares* navegadores de *Internet* (MATHIYALAGAN *et al.*, 2005).

Apesar de serem independentes de plataforma, dependendo da forma com que são desenvolvidos, os sistemas WebSIG podem não possuir uma boa compatibilidade com dispositivos móveis, além de que, para o caso de soluções voltadas para esses dispositivos, aplicações que executam em navegadores de *Internet* tendem a não utilizar integralmente os recursos disponibilizados pelos mesmos.

Nesse sentido, a adoção de soluções direcionadas exclusivamente para dispositivos móveis emerge como uma necessidade. Tais soluções são projetadas para extrair o máximo proveito dos recursos tanto de *Hardware* quanto de *Software* desses dispositivos específicos, otimizando assim sua capacidade de desempenho. Ao alinhar-se com as características distintas dos dispositivos móveis, essas soluções se beneficiam da mobilidade e versatilidade inerentes a esses dispositivos portáteis. Ao utilizar as funcionalidades específicas

dos dispositivos móveis, tais como sensores integrados, tecnologia de geolocalização e interfaces táteis, as soluções dedicadas para esses dispositivos agregam benefícios substanciais ao usuário. Dessa forma, a implementação de soluções móveis não apenas atende às demandas técnicas, mas também potencializa a usabilidade, maximizando os benefícios oferecidos por dispositivos móveis. Por isso, o presente trabalho propõe a criação de uma versão SIG Móvel do Atlas do Camarão, beneficiando-se de todos esses benefícios dos dispositivos móveis.

3.3 Sistema de Informações Geográficas para Dispositivos Móveis

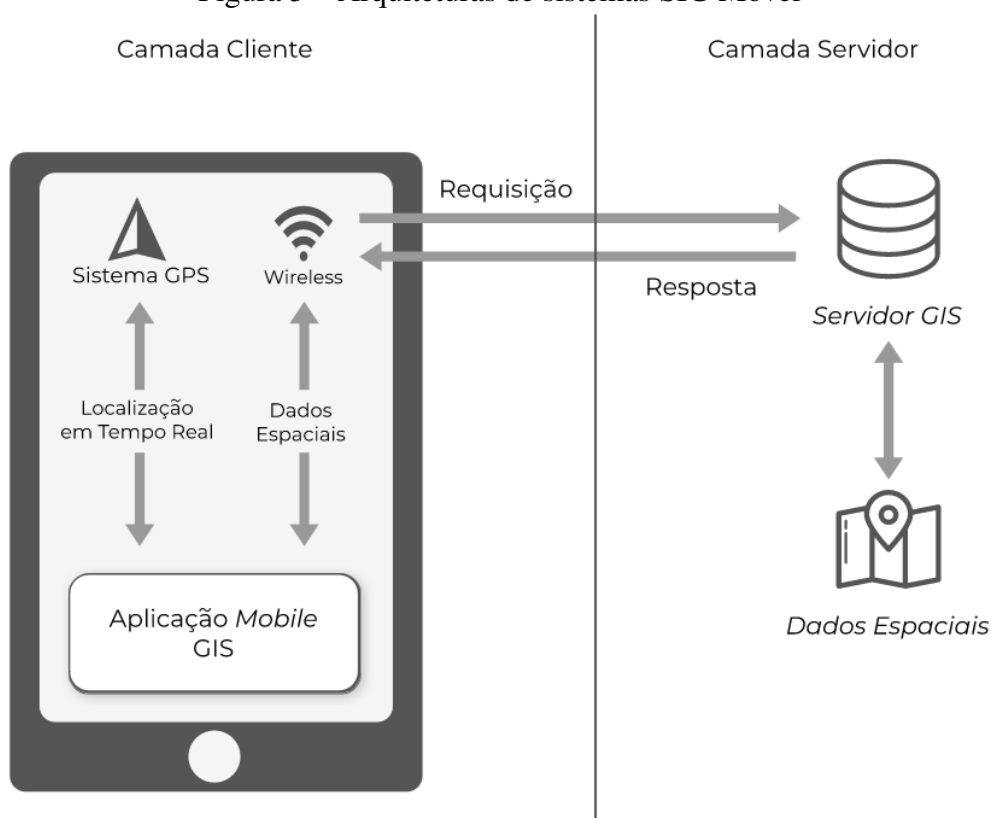
A capacidade de armazenamento e processamento de dispositivos móveis vêm aumentando cada vez mais ao longo dos anos, de forma que esses dispositivos, que inicialmente tinham como objetivo apenas a comunicação, se transformaram em verdadeiros computadores portáteis, que fazem parte da vida cotidiana da maioria das pessoas. Uma das tecnologias agregadas a esses dispositivos é a de *Global Positioning System* (GPS), que monitora o posicionamento em tempo real dos mesmos, possibilitando assim o desenvolvimento de várias soluções que utilizem de informações espaciais (DRUMMOND *et al.*, 2006).

Dessa forma, as tecnologias SIG Móvel possuem como grande diferencial a habilidade de incorporar aplicações SIG aos dispositivos móveis, que possuem o sistema GPS, e, além da obtenção da localização em tempo real, beneficiar-se do elevado nível de portabilidade, usabilidade e flexibilidade oferecidos por esses dispositivos (DRUMMOND *et al.*, 2006).

A arquitetura de uma aplicação SIG Móvel, é semelhante a arquitetura de uma aplicação WebSIG, seguindo o padrão cliente/servidor, no qual a camada cliente é um dispositivo móvel, que possui o sistema GPS e que através de uma conexão sem fio, se comunica com a camada servidor. A camada servidor por sua vez, é a mesma camada consumida por um sistema WebSIG (TSOU, 2004). Na Figura 3 é possível visualizar a arquitetura de um sistema SIG Móvel.

Com base na arquitetura apresentada na Figura 3 é possível desenvolver uma aplicação SIG Móvel. A aplicação proposta por este trabalho é uma versão SIG Móvel de uma plataforma WebSIG já existente, chamada Atlas do Camarão.

Figura 3 – Arquiteturas de sistemas SIG Móvel



Fonte: Do autor.

3.4 Atlas do Camarão

Com o propósito de criar uma plataforma Web voltada para a integração, visualização e disponibilização de dados espaciais relacionados à cadeia produtiva da carcinicultura nacional, com o intuito de subsidiar a formulação de políticas públicas para o avanço da carcinicultura no país, surgiu o Atlas do Camarão (ALMEIDA, 2023). Para atingir esse objetivo, foi elaborada uma base de dados especializada e unificada, abrangendo os diversos elementos que compõem a cadeia produtiva do camarão em território nacional.

A partir dessa base de dados, tornou-se possível identificar e mapear os principais polos produtivos de camarão no Brasil. Com essas informações, foram desenvolvidos indicadores espaciais que viabilizam a análise integrada dos recursos destinados à carcinicultura. Todo esse conhecimento acumulado foi então utilizado no desenvolvimento de um sistema WebSIG de fácil visualização e interação, proporcionando um suporte valioso para a tomada de decisões e a criação de políticas públicas direcionadas ao setor.

O Atlas do Camarão emergiu no âmbito do projeto Rota do Pescado, uma iniciativa de pesquisa conduzida por professores e bolsistas da Unifersidade Federal Rural do Semi-

árido (UFERSA). Este projeto tem como objetivo primordial identificar as potencialidades e fragilidades da carcinicultura nacional, propondo ações que possam contribuir para o desenvolvimento sustentável dessa atividade econômica crucial. O Atlas do Camarão, portanto, representa um instrumento essencial dentro desse contexto, oferecendo uma visão abrangente e estratégica da realidade da carcinicultura no Brasil.

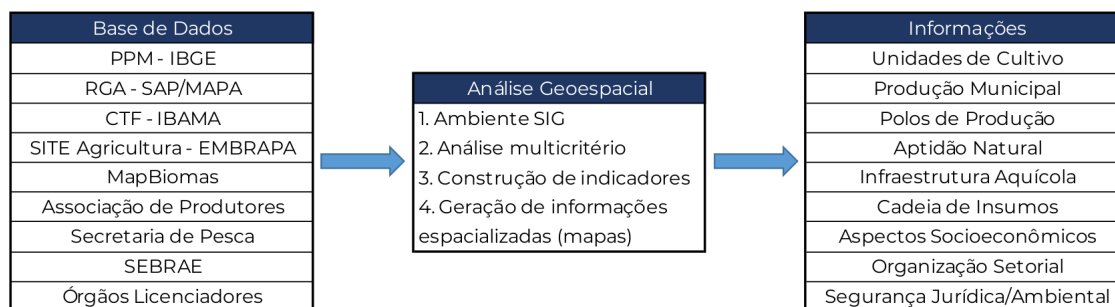
3.4.1 Coleta de dados

A execução eficiente de decisões inteligentes na carcinicultura enfrenta um desafio significativo devido à escassez e fragmentação de dados e informações consolidados. Diante desse cenário, a primeira etapa crucial no desenvolvimento do Atlas do Camarão consistiu em buscar e integrar bases de dados referenciadas relacionadas à cadeia produtiva do camarão. Para isso, foram minuciosamente coletados dados provenientes de diversas fontes, incluindo o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF), Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes (DNIT), Sistema de Inteligência Territorial Estratégica para Aquicultura (SIT-Aquicultura), Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR), Sistema de Gestão Fundiária (SIGEF/INCRA), MapBiomass, órgãos estaduais de licenciamento, associações de produtores e entidades de apoio e fomento, como o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae) e Banco do Nordeste do Brasil S.A. (BNB). Além disso, levantamentos de campo e o uso de sensoriamento remoto foram realizados para identificação e caracterização detalhada das áreas produtoras.

Utilizando o software livre QGIS versão 3.22, os dados provenientes de diversas bases e fontes foram analisados meticulosamente com o objetivo de identificar e corrigir possíveis inconsistências. Posteriormente, esses dados foram integrados em uma única base, proporcionando uma base sólida para o sistema SIG. Na Figura 4 é apresentada uma síntese visual das bases compiladas e as informações extraídas delas. É possível visualizar na primeira coluna, as bases de dados que foram compiladas no Atlas do camarão. A segunda coluna apresenta o processamento realizado com essas informações, a fim de se

obter uma análise geoespacial, que resultou na apresentação para o usuário das informações apresentadas na terceira coluna da figura.

Figura 4 – Metodologia de análise geoespacial do Atlas do Camarão para o diagnóstico da carcinicultura nacional



Fonte: Adaptada de (ALMEIDA, 2023)

3.4.2 Definição dos polos produtores e construção dos indicadores

Para a identificação e caracterização dos polos produtores de camarão, foram empregadas as informações provenientes da base de dados do IBGE, compreendendo o intervalo de anos entre 2013 e 2021. Nesse contexto, a seleção criteriosa dos municípios considerou aqueles com uma contribuição média nacional de, no mínimo, 0,5% ao longo desse período. Esse enfoque possibilitou uma análise abrangente da distribuição da produção, sendo visualizada por meio da aplicação da densidade de Kernel, comumente representada por "mapas de calor".

Além das informações quantitativas, a estratégia adotada incluiu a combinação de diferentes planos de informações, proporcionando uma interpretação rápida da estruturação da cadeia produtiva. Como resultado desse processo, foram propostos três indicadores fundamentais:

Indicador de Aptidão Natural para Carcinicultura (IANC): esse indicador possibilita a análise e classificação de grandes áreas geográficas com o objetivo de identificar locais com maior potencial para carcinicultura com base em características físicas, que são: Clima, Relevo, Hidrografia e Uso do Solo.

Indicador de Infraestrutura para Carcinicultura (IIC): esse indicador possibilita a análise e classificação de grandes áreas geográficas com o intuito de identificar locais que apresentam maior potencial em termos de infraestrutura, abrangendo aspectos como

vias de transporte, energia, instalações industriais de beneficiamento e portos.

Indicador de Cadeia de Insumos (ICI): por fim, o último indicador permite uma análise e classificação de grandes áreas geográficas, possibilitando identificar locais com maior potencial para a carcinicultura com base nas características de insumo e matéria prima, que são: Laboratórios de Larvas, Fábricas de Gelo, Fábricas de Ração, Produtos de Sanidade e Fábricas de Equipamento.

Esse último, em específico, apresenta na forma de densidade de Kernel a concentração de locais com maior potencial no que se refere a insumos e matéria prima, porém, é interessante para o produtor, além de visualizar a concentração desses locais, visualizar a posição exata dos serviços das cadeias de insumo para carcinicultura, de modo a auxiliá-lo na tomada de decisão a respeito de qual serviço em específico escolher. Um exemplo seria, mesmo sabendo que determinada área tem uma alta concentração de Fábricas de Equipamentos, seria mais interessante saber os pontos exatos em que as fábricas mais próximas a sua localização atual se encontram.

A implementação de uma versão SIG Móvel do Atlas do Camarão abrangeu todas as funcionalidades existentes na versão WebSIG, além de implementar novas funcionalidades que beneficiam-se das características específicas dos dispositivos móveis, como por exemplo, a possibilidade da roteirização entre a localização do usuário e os diversos serviços das cadeias de insumos apresentadas no mapa.

3.5 Algoritmos de Roteirização

Um dos objetivos da aplicação SIG Móvel desenvolvida é permitir a roteirização entre a posição atual do usuário e o fornecedor mais próximo de uma determinada categoria. Na Computação, mais especificamente na Teoria de Grafos, os problemas de roteirização se enquadram na categoria de problemas de caminho mínimo. Problemas dessa categoria podem ser apresentados como problemas de encontrar a menor distância entre dois vértices de um grafo (ATZINGEN *et al.*, 2012). Dado o problema em questão, a solução do problema de caminho mínimo é encontrar o conjunto de vias que resulte na menor distância entre o usuário e o fornecedor desejado.

São vários os algoritmos para resolução do problema de caminho mínimo, um dos mais famosos é o algoritmo de Dijkstra, que resolve o problema de caminho mínimo de uma única origem em um grafo orientado (CORMEN *et al.*, 2022). O algoritmo contém

um conjunto de nós com pesos pré-estabelecidos e seleciona sempre o nó que possua o menor peso dentre os adjacentes.

Por ser um dos algoritmos mais clássicos para o problema de caminho mínimo, várias adaptações foram sendo criadas ao longo do tempo, como por exemplo o Multilevel Dijkstra (MLD), que é uma modificação do algoritmo de Dijkstra tradicional que leva em consideração a partição multinível e usa células de sobreposição pré-computadas para acelerar heurísticamente a execução do algoritmo (HAMME, 2013).

Outro algoritmo para o problema do caminho mínimo é o *Contraction Hierarchies* (CH), que tem como objetivo achar caminhos mais curtos através da criação de atalhos entre os vértices que são gerados através da contração de vértices existentes.

O algoritmo CH é mais adequado para casos onde a distância a ser calculada do primeiro até o último vértice seja mais longa e o desempenho precise ser mantido. Já o MLD, é mais adequado para distâncias mais curtas, mas ainda sim, mantendo um bom desempenho, especialmente em casos de atualização em tempo real, como atualizações periódicas de tráfego, por exemplo (PÉREZ, 2021).

3.6 Modelo TAM

O Modelo TAM vem sendo amplamente utilizado para compreender e prever a aceitação e adoção de novas tecnologias pelos usuários. O modelo afirma que a intenção comportamental do usuário em adotar e utilizar uma tecnologia é influenciada pela sua percepção de utilidade e facilidade de uso. Esses fatores são mediados por fatores externos, como características do sistema, influência social e condições facilitadoras (VENKATESH; BALA, 2008).

No modelo TAM, os dois parâmetros principais para se verificar a aceitação de uma nova tecnologia são:

- **Utilidade Percebida (PU):** Refere-se à capacidade da tecnologia em melhorar o desempenho do usuário em seu trabalho (DAVIS *et al.*, 1989).
- **Facilidade de Uso Percebida (PEOU):** Refere-se à capacidade da aplicação ser utilizada pelo usuário sem tanto esforço (DAVIS *et al.*, 1989).

Essas duas variáveis são afetadas por fatores externos, que são elementos que estão fora do controle direto do usuário, mas, que podem afetar sua percepção e experiência em relação a tecnologia (VENKATESH; BALA, 2008). Esses fatores podem estar relacionados

principalmente a:

- **Deficiências Individuais:** Refere-se às características individuais de cada usuário, como a personalidade, a idade, o gênero, dentre outros.
- **Características do Sistema:** Diz respeito às propriedades e funcionalidades da tecnologia, como o desempenho, confiabilidade, segurança, entre outros.
- **Influência Social:** Refere-se às opiniões, expectativas e pressões estabelecidas por determinado grupo social, como amigos ou colegas de trabalho.
- **Condições Facilitadoras:** Diz respeito às condições disponíveis para a utilização da aplicação pelo usuário, referindo-se geralmente ao suporte organizacional e técnico, como por exemplo treinamento adequado, assistência técnica, entre outros.

Dessa forma, a utilidade percebida e a facilidade de uso percebida, afetadas pelos fatores externos geram a intenção comportamental, que é o indicador da predisposição do usuário em adotar e utilizar determinada tecnologia. Essa intenção comportamental pode gerar o comportamento de uso, que é a ação real do usuário em adotar e utilizar uma determinada tecnologia (VENKATESH; BALA, 2008).

Na Figura 5 é possível visualizar o funcionamento do modelo TAM, bem como as variáveis que são relevantes em sua aplicação.

Figura 5 – Modelo TAM



Fonte: Adaptada de (DAVIS *et al.*, 1989)

O modelo TAM fornece um modelo robusto para entender o comportamento dos usuários em relação a adoção e uso de determinada tecnologia. A simplicidade e fácil aplicação faz com que esse modelo seja amplamente reconhecido e utilizado, possuindo uma base sólida de inúmeros estudos que o validam e o tornam confiável de se aplicar.

Além de possuir uma evolução contínua, tendo evoluído ao longo do tempo, com extensões e adaptações, como o TAM2 e TAM 3, que incorporam novos elementos e contextos de uso, mostrando a capacidade do modelo em se manter relevante e atualizado perante as mudanças tecnológicas e sociais (VENKATESH; BALA, 2008).

Neste trabalho, o modelo TAM foi aplicado para validar com usuários reais, a usabilidade e utilidade da ferramenta SIG móvel desenvolvida para o Atlas do Camarão, verificando assim, se os benefícios da computação móvel terão um efeito prático nesse contexto, e se as funcionalidades desenvolvidas realmente ajudarão a melhorar o trabalho dos usuários finais.

4 METODOLOGIA

Neste capítulo é mostrado o passo a passo metodológico seguido que resultou na criação de uma aplicação SIG Móvel que trabalha lado a lado com a versão WebSIG do Atlas do Camarão para auxiliar no processo de visualização de serviços e roteirização dos mesmos.

4.0.1 O Banco de dados espaciais

O SGBD utilizado tanto pela plataforma Web quanto pela aplicação SIG Móvel desenvolvida é o PostgreSQL, que é um SGBD objeto-relacional de código aberto que usa a linguagem *Structured Query Language* (SQL) combinada com vários recursos que garantem um armazenamento seguro dos dados e uma escalabilidade das mais complicadas cargas de trabalho. O PostgreSQL conquistou uma sólida reputação devido à sua arquitetura robusta, confiabilidade, integridade dos dados e um extenso conjunto de recursos. Além disso, sua natureza extensível e a dedicação da comunidade de código aberto contribuíram para consolidar sua posição como uma escolha confiável e versátil no universo dos SGBDs. A compatibilidade do PostgreSQL com os principais sistemas operacionais amplia sua flexibilidade, enquanto a presença de poderosos complementos, como a extensão PostGIS, habilita a manipulação eficiente de dados geoespaciais (POSTGRESQL, 2023). Assim, a escolha estratégica do PostgreSQL enriquece significativamente a arquitetura da aplicação, conferindo-lhe robustez, flexibilidade e um suporte eficaz para operações geoespaciais avançadas, além de promover uma melhor integração com a plataforma web existente.

A extensão PostGIS adiciona ao banco de dados PostgreSQL suporte ao armazenamento de objetos geográficos, além de permitir a consulta desses objetos geográficos através da linguagem SQL (POSTGIS, 2023).

4.1 Modelagem dos dados

A versão Web do Atlas do Camarão compila informações de várias bases de dados, entre essas informações estão dados referentes a várias cadeias de insumo para carcinicultura, como Laboratórios de Larvas, Fábricas de gelo, Fábricas de Equipamentos, etc. Porém, esses dados foram pré-processados e armazenados no banco de dados de forma a apresentar o Indicador de Cadeia de Insumos (ICI), através da densidade de Kernel.

Dessa forma, para que a aplicação SIG Móvel fornecesse uma visualização da posição exata no mapa dos diversos serviços das cadeias de insumo os dados precisariam ser pré-processados novamente.

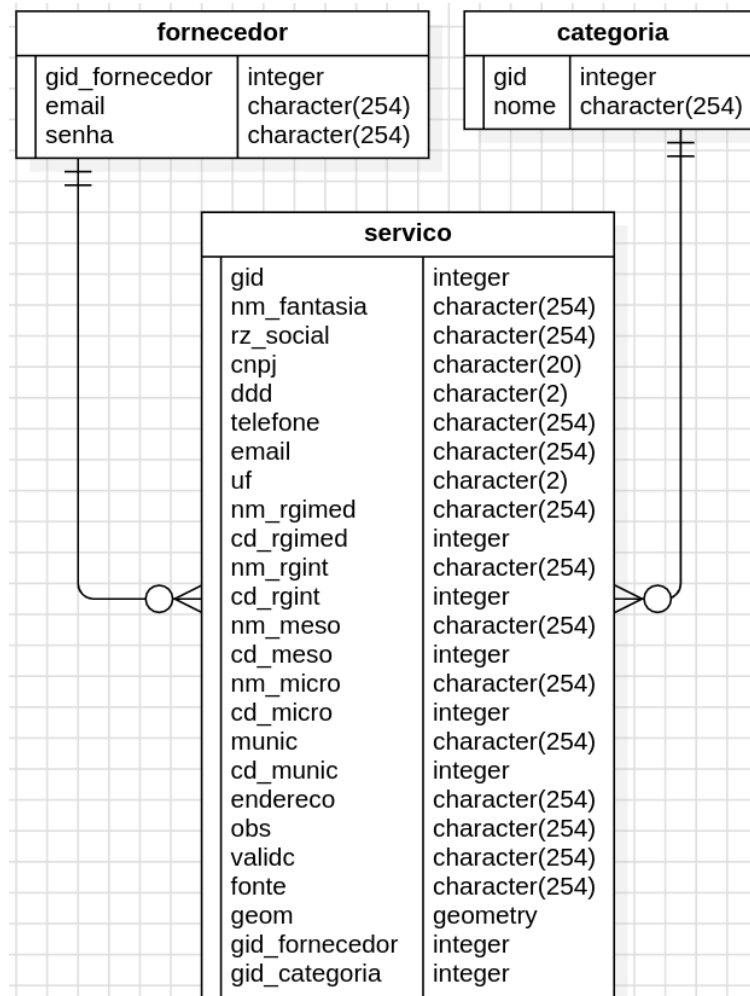
Antes do pré-processamento, as informações das cadeias de insumo eram divididas em nove tabelas distintas, cada uma armazenando informações de categorias distintas de cadeias de insumo, são elas: Associações de Aquicultores, Comercialização de Pescados, Consultoria em Aquicultura, Produção de Sanidade Aquícola, Venda de Equipamentos Aquícolas, Fábricas de Gelo, Curso / Instituição de Ensino (cursos oferecidos na área de aquicultura), Laboratórios de Formas Jovens e Unidades de beneficiamento de pescados. Cada tabela continha as mesmas informações, portanto, as mesmas foram unificadas em uma só tabela, e uma segunda tabela chamada “categoria” foi criada.

Na Figura 6 é apresentada a modelagem das tabelas que foram adicionadas ao banco de dados já existente do Atlas do Camarão. Todas as cadeias de insumo foram compiladas em uma tabela chamada “servico”.

Ainda na Figura 6, pode-se notar que a tabela “servico” armazena todas as informações relevantes a respeito dos serviços disponíveis, sejam espaciais ou não. O campo “gid” é a chave primária da tabela, que possui um valor único para cada registro. Os campos “nm_fantasia”, “rz_social” e “cnpj” armazenam as informações básicas de cada fornecedor de serviços, que são, respectivamente, o nome fantasia, a razão social e o CNPJ. Os campos “ddd”, “telefone” e “email” dizem respeito as informações para contato de cada serviço. Os campos “uf”, “nm_rgimed”, “cd_rgimed”, “nm_rgint”, “cd_rgint”, “nm_meso”, “cd_meso”, “nm_micro”, “cd_micro”, “munic”, “cd_munic” e “endereco” contêm informações da localização do serviço, que são a UF do estado em que se localiza; o código e o nome da região imediata, da região intermediária, da mesoregião, da microrregião e do município; e o endereço exato do serviço. O campo “obs” contém observações sobre os registros. O campo “validc” armazena se um determinado registro foi validado ou não. O campo “fonte” armazena qual foi a fonte daquele registro. O campo “geom” armazena a informação espacial de latitude e longitude do registro em questão.

O campo “gid_categoria” é uma chave estrangeira que referencia a chave primária da tabela “categoria”, ou seja, cada registro da tabela “servico” possui nesse campo o valor da chave primária da tabela “categoria” referente à categoria no qual o serviço em questão se enquadra. As categorias disponíveis são:

Figura 6 – Modelagem Relacional das tabelas adicionadas ao banco de dados do Atlas do Camarão



Fonte: Do autor

- Associação de Aquicultores;
- Comercialização de Pescados;
- Consultoria em Aquicultura;
- Produção de Sanidade Aquícola;
- Venda de Equipamentos Aquícolas;
- Fábrica de Gelo;
- Curso / Instituição de Ensino;
- Laboratório de Formas Jovens;
- Unidade de Beneficiamento de Pescados.

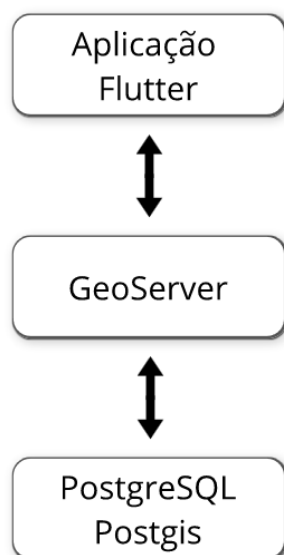
O campo “gid_fornecedor” é uma chave estrangeira que referencia a chave primária da tabela “fornecedor”, ou seja, cada registro da tabela “servico” possui nesse campo o valor da chave primária da tabela “fornecedor”. A tabela fornecedor foi criada pensando

em uma funcionalidade que será desenvolvida futuramente, na qual um usuário responsável por algum serviço poderá se cadastrar com seu e-mail e senha, e poderá inserir os serviços prestados.

4.2 Aplicação SIG Móvel

A arquitetura da aplicação SIG Móvel desenvolvida é composta por três camadas: a aplicação *mobile* cliente, desenvolvida utilizando o *framework* Flutter; o servidor de mapas GeoServer; e o banco de dados espacial, desenvolvido utilizando o SGBD PostgreSQL em conjunto com a extensão PostGIS. Na Figura 7 é possível visualizar essas camadas e como elas se comunicam entre si.

Figura 7 – Arquitetura da aplicação SIG Móvel desenvolvida.



Fonte: Do autor

4.2.1 O *framework* Flutter

Para o desenvolvimento da aplicação SIG Móvel foi escolhido o Flutter, que é um *framework* desenvolvido pelo Google, que tem como principal característica ser multiplataforma, visto que, um código escrito em Flutter pode ser compilado para Android, IOS, Windows MacOS, Linux e para a Web sem precisar reescrevê-lo (FLUTTER, 2023).

A linguagem de programação utilizada no Flutter é a Dart, que é uma linguagem otimizada para a camada do cliente que tem como objetivo possibilitar um rápido desenvolvimento de aplicações para qualquer plataforma (DART, 2023).

4.2.2 A aplicação servidor

O servidor consiste em uma instância do Geoserver, a mesma utilizada pela versão WebSIG do Atlas do Camarão. O Geoserver disponibiliza uma interface administrativa que permite gerenciar os dados armazenados no banco de dados espacial e disponibilizá-los em diferentes formatos na forma de uma Interface de Programação da Aplicação (do inglês *Application Programming Interface*, ou simplesmente API) através de rotas específicas (GEOSERVER, 2023).

4.2.3 Apresentação e Roteirização dos serviços

Para que os serviços das cadeias de insumo fossem apresentados na aplicação, foi utilizada uma biblioteca para o Flutter chamada Flutter Map (FLUTTERMAP, 2023). Essa biblioteca, assim como o Leaflet (biblioteca utilizada na versão WebSIG) tem seu funcionamento baseado no *OpenStreetMap*, que é uma biblioteca de mapas de uso livre e licença aberta (OPENSTREETMAP, 2023), e permite a apresentação dos mapas, assim como a inserção de camadas de informações como marcadores, linhas e polígonos.

Os serviços são apresentados no mapa na forma de marcadores, que são posicionados com base na latitude e longitude armazenada no banco de dados. Já as rotas, são obtidas através da API do Open Source Routing Machine (OSRM), que é um projeto que tem como objetivo fornecer um motor de roteirização geográfica de código aberto (LUXEN; VETTER, 2011). Esse motor de roteirização funciona baseado nos algoritmos MLD e CH.

4.2.4 Validação da aplicação desenvolvida

Após o desenvolvimento, a aplicação foi submetida a uma etapa de validação com usuários reais, utilizando o modelo TAM (VENKATESH; BALA, 2008). Dessa forma, foram selecionados quatro usuários, que atuam como profissionais da carcicultura. Para realizar a validação, foi elaborado um questionário com 21 afirmações sobre a percepção dos usuários em relação a utilização da aplicação. Essas afirmações foram instrumentalizadas com base nos itens do TAM, e podem ser visualizadas na Tabela 1, levando em consideração as variáveis externas, a utilidade percebida, a facilidade de uso percebida, a intenção comportamental e o comportamento de uso.

Tabela 1 – Afirmações do questionário.

Dimensão	Item	Afirmção
Variáveis Externas (EXT)	EXT1	Necessito ver a localização exata dos prestadores de serviço das diferentes cadeias de insumo da carcinicultura.
	EXT2	Acho interessante saber qual prestadora de serviço de uma determinada categoria é a mais próxima de mim.
	EXT3	Saber a rota mais curta entre minha localização e determinada prestadora de serviço seria bastante relevante.
Facilidade de Uso Percebida (PEOU)	PEOU1	Minha interação com a aplicação foi clara e compreensível.
	PEOU2	Interagir com a aplicação não exige muito do meu esforço mental.
	PEOU3	Eu acho a aplicação fácil de usar.
	PEOU4	Eu acho fácil fazer com que a aplicação faça o que eu quero. Exemplo: caminhar, chat, vídeo, acessar documentos, projeção de tela etc.
Utilidade Percebida (PU)	PU1	Usar o sistema melhora meu desempenho no meu trabalho.
	PU2	Usar o sistema em meu trabalho aumenta minha produtividade.
	PU3	Usar o sistema aumenta minha eficácia em meu trabalho.
	PU4	Considero o sistema útil no meu trabalho.
	PU5	Seria capaz de utilizar a aplicação mesmo sem alguém por perto para me dizer o que fazer.
	PU6	Tenho controle sobre o uso da aplicação.
	PU7	Tenho os recursos necessários para usar a aplicação.
	PU8	A qualidade do resultado que recebo ao final da execução de cada funcionalidade da aplicação é alta.
Intenção Comportamental (BI)	BI1	Necessito ver a localização exata dos prestadores de serviço das diferentes cadeias de insumo da carcinicultura.
	BI2	Acho interessante saber qual prestadora de serviço de uma determinada categoria é a mais próxima de mim.
	BI3	Saber a rota mais curta entre minha localização e determinada prestadora de serviço seria bastante relevante.
Comportamento de Uso (USE)	USE1	Necessito ver a localização exata dos prestadores de serviço das diferentes cadeias de insumo da carcinicultura.
	USE2	Acho interessante saber qual prestadora de serviço de uma determinada categoria é a mais próxima de mim.
	USE3	Saber a rota mais curta entre minha localização e determinada prestadora de serviço seria bastante relevante.

Fonte: Do autor

Cada uma das afirmações deveria ser respondida seguindo uma escala *Stapel* (ALLUA; THOMPSON, 2009) de 7 posições, variando de 1 (discordo totalmente) até 7 (concordo totalmente). Os dados foram coletados de forma independente e individual, utilizando a ferramenta de formulários eletrônicos do *Google*. Para analisar os dados obtidos foram utilizadas abordagens quantitativas e de estatísticas descritivas (percentagem e média).

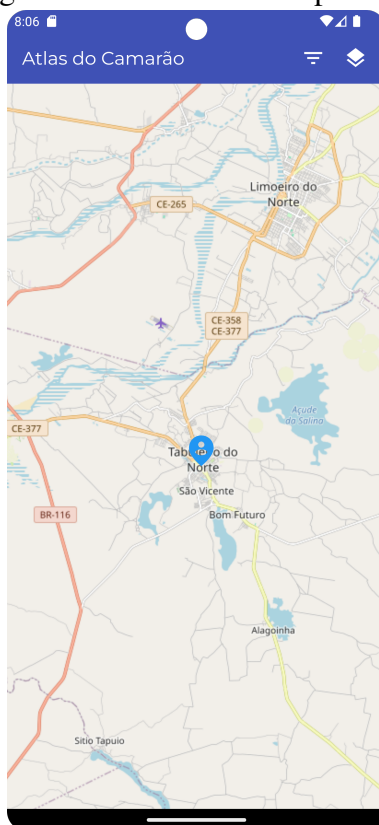
5 APLICAÇÃO SIG MÓVEL DO ATLAS DO CAMARÃO

Nesse capítulo será apresentada a aplicação SIG Móvel do Atlas do Camarão, bem como suas funcionalidades.

5.1 Apresentação dos serviços

Assim como na versão Web, a versão *mobile* do Atlas do Camarão possui como tela principal um mapa, onde são apresentados todos os dados relevantes da aplicação. Ao abrir o aplicativo, a posição atual do usuário é automaticamente marcada no mapa. É possível visualizar, na Figura 8, a tela inicial da aplicação, com a posição do usuário selecionada.

Figura 8 – Tela inicial da aplicação.



Fonte: Do autor

Na barra de título da aplicação, é possível observar a presença de dois botões adicionais ao título principal. O primeiro botão, da esquerda para a direita, desempenha a função de filtragem. Ao ser acionado, este botão exibe uma caixa de diálogo contendo opções para a filtragem dos serviços, levando em consideração a proximidade destes com

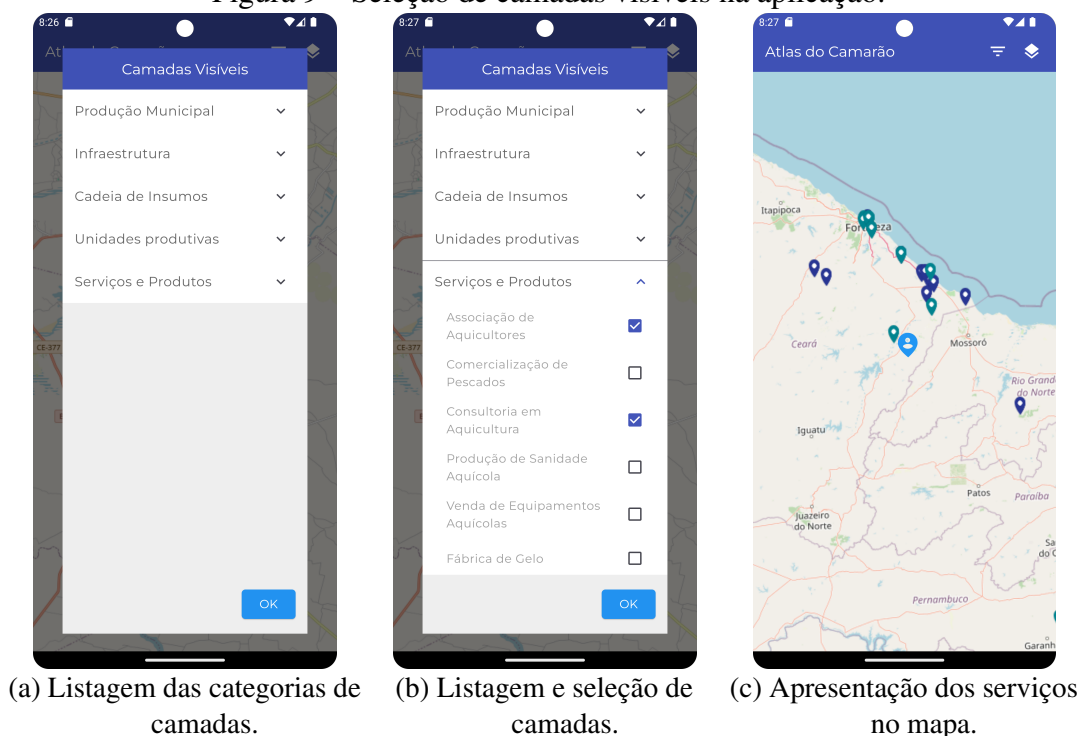
a posição atual do usuário. A proximidade pode ser configurada de acordo com a vontade do usuário.

O segundo botão, situado à direita do botão de filtragem, é o botão de camadas disponíveis. Este botão, ao ser clicado, permite a visualização de todas as camadas armazenadas no banco de dados espacial, incluindo aquelas presentes na versão Web do Atlas do Camarão. Além disso, oferece a capacidade de selecionar quais camadas serão visíveis ou ocultas, conferindo ao usuário um controle personalizado sobre a representação gráfica dos dados geoespaciais.

5.2 Seleção de camadas visíveis

Como na versão Web, é possível visualizar, habilitar e desabilitar as camadas de informações geoespaciais desejadas, através da caixa de diálogo apresentada mediante clique no botão de camadas disponíveis.

Figura 9 – Seleção de camadas visíveis na aplicação.



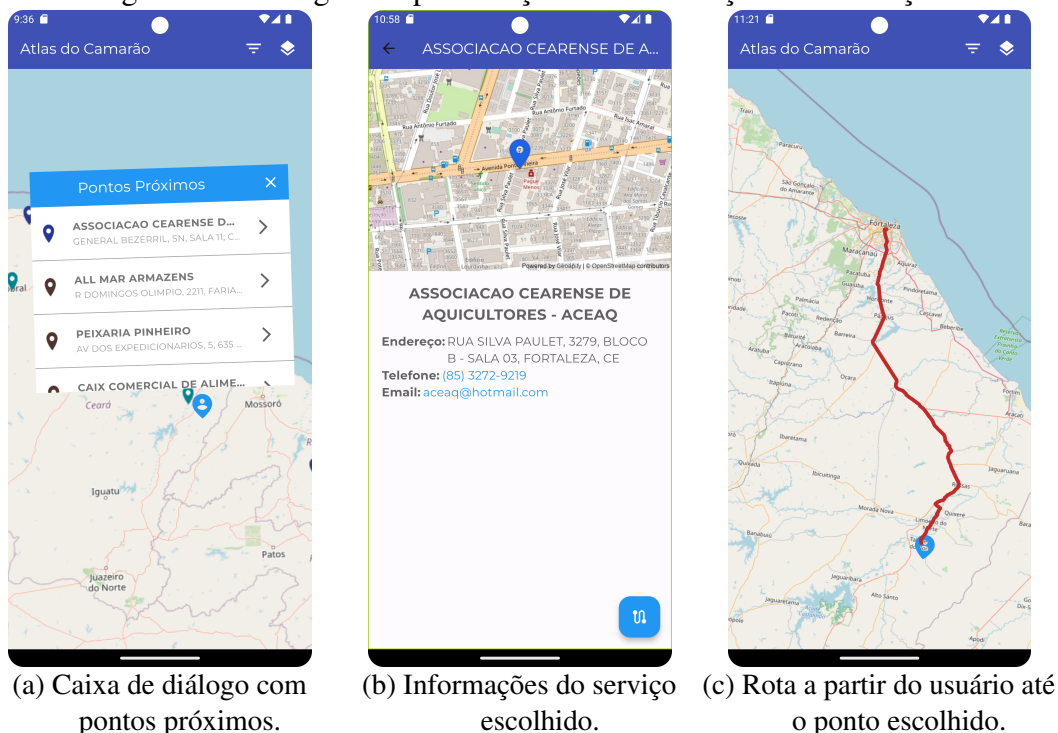
É possível visualizar na Figura 9a que as categorias de camadas são apresentadas de forma comprimida, e, quando o usuário clica em alguma das categorias de camadas, essa categoria é extendida, e é possível visualizar as camadas e selecioná-las, como pode-se perceber na Figura 9b. Com as camadas selecionadas, o usuário pode ver as camadas

apresentadas no mapa clicando no botão de “OK”, como é possível visualizar na Figura 9c.

5.3 Roteirização dos serviços

Ao clicar em qualquer parte do mapa, uma caixa de diálogo é mostrada contendo todos os pontos próximos ao ponto clicado, como pode-se visualizar na Figura 10a.

Figura 10 – Listagem e apresentação das informações dos serviços.



Clicando em algum dos serviços apresentados, o usuário é direcionado para uma tela de informações do serviço escolhido. É possível visualizar, na Figura 10b, as informações do serviço escolhido. Inicialmente é mostrado um mapa estático com a posição do serviço escolhido, logo após, são apresentados o endereço, o telefone e o e-mail do serviço escolhido. Clicando no telefone, o usuário é direcionado para o aplicativo responsável por realizar ligações, já com o telefone discado, para que o usuário entre em contato com o responsável pelo serviço escolhido. Ao clicar no e-mail, o usuário é direcionado para seu aplicativo de envio de e-mails, com o endereço de e-mail digitado, possibilitando que o usuário envie um e-mail para o responsável pelo serviço escolhido.

Por fim, na parte inferior da tela, pode-se notar um botão com o ícone de uma rota. Clicando nesse botão, o usuário é direcionado novamente para a tela principal, mas, agora, podendo visualizar a rota desde sua posição atual até o serviço selecionado. A forma com

que a rota é apresentada ao usuário é mostrada na Figura 10c.

5.4 Filtragem dos serviços

Voltando para a tela inicial da aplicação, apresentada na Figura 8, é possível visualizar na barra de título o botão de filtragem de serviços, que é o primeiro botão da esquerda para a direita. Ao clicar nesse botão, o usuário poderá, através de uma caixa de diálogo, selecionar opções de filtragem de serviços através de suas categorias e do raio de distância em relação à posição atual do usuário. Essa tela possui dois componentes, o primeiro é uma caixa de seleção, que permite ao usuário escolher uma das categorias serviços para ser mostrada, e o segundo é um controle deslizante, que permite ao usuário escolher o raio de filtragem, em quilômetros, em relação à sua posição atual.

Figura 11 – Seleção de Configurações de filtragem.

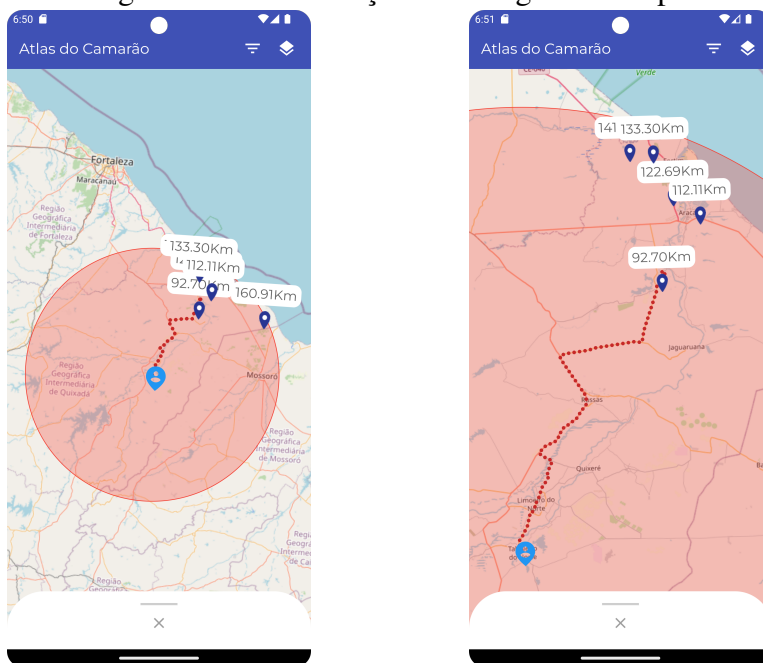


Na Figura 11, é possível ver o passo a passo do processo de filtragem dos serviços na aplicação. Ao clicar no botão de filtragem na tela inicial, a caixa de diálogo apresentada na Figura 11a é mostrada ao usuário, que poderá selecionar a categoria de serviços, conforme a Figura 11b, e selecionar o raio de filtragem, conforme a Figura 11c. No exemplo apresentado, a filtragem apresenta os serviços da categoria “Associação de Aquicultores”

que estavam em um raio de distância de 100km em relação à posição atual do usuário.

Após confirmar essas duas configurações, o usuário pode visualizar no mapa as informações já filtradas de acordo com as opções escolhidas.

Figura 12 – Visualização da filtragem no mapa.



(a) Visualização no mapa dos serviços filtrados. (b) Visualização da rota para o serviço mais próximo de uma categoria.

Na Figura 12, é ilustrada a maneira que o raio de filtragem e a disposição dos serviços são apresentados no mapa. Na Figura 12a, é possível visualizar o círculo vermelho que representa o raio de filtragem, sendo, neste exemplo específico, configurado para 100 km. Somente os pontos localizados dentro desse raio e pertencentes à categoria “Associação de Aquicultores” são exibidos.

Os marcadores dos pontos referentes aos serviços são exibidos no mapa, e acima de cada um deles, é possível visualizar um texto estático que fornece informações sobre a distância entre a posição atual do usuário e o serviço em questão. Apesar de o raio definido ser de 100 km, neste exemplo, é notável a presença de pontos com distâncias variadas, como 133,30 km, 160,91 km, entre outros, que excedem os 100 km. Essa divergência ocorre devido ao cálculo da distância dos pontos a serem exibidos, que é efetuado em linha reta em relação à posição atual do usuário, seguindo o raio do círculo vermelho.

Já a distância indicada acima de cada ponto é calculada considerando a rota a ser seguida desde a posição atual do usuário até o serviço em questão. Essa abordagem,

ao contrário da medida em linha reta, proporciona uma estimativa mais precisa, levando em consideração a topografia do terreno e a estrada que seria percorrida para alcançar o referido serviço. Essa metodologia visa oferecer uma representação mais fiel das distâncias efetivas que os usuários enfrentariam ao se deslocarem até as diferentes serviços exibidos no mapa.

Na Figura 12b, além de proporcionar uma visualização mais detalhada dos marcadores dos serviços e suas respectivas distâncias, destaca-se a presença de uma linha pontilhada que se estende da posição do usuário até um dos marcadores. Essa linha pontilhada representa a rota sugerida a ser seguida a partir da posição atual do usuário até o serviço mais próximo que atende aos parâmetros de filtragem estabelecidos. Esta rota é calculada com base na API do *Open Source Routing Machine* (OSRM), que com base nos algoritmos MLD e CH, calcula de maneira eficiente a menor rota entre dois pontos geográficos.

Quando o usuário define os parâmetros de filtragem, a aplicação realiza automaticamente o cálculo entre os serviços que satisfazem aos critérios do filtro, identificando aquele que se encontra mais próximo. Após essa determinação, a aplicação apresenta no mapa a rota otimizada até o ponto de interesse. Essa funcionalidade automatizada acrescenta um nível adicional de praticidade ao sistema, permitindo que o usuário, de maneira rápida e precisa, visualize não apenas a localização dos serviços, mas também o percurso sugerido para atingir o mais próximo de acordo com os parâmetros de filtragem preestabelecidos.

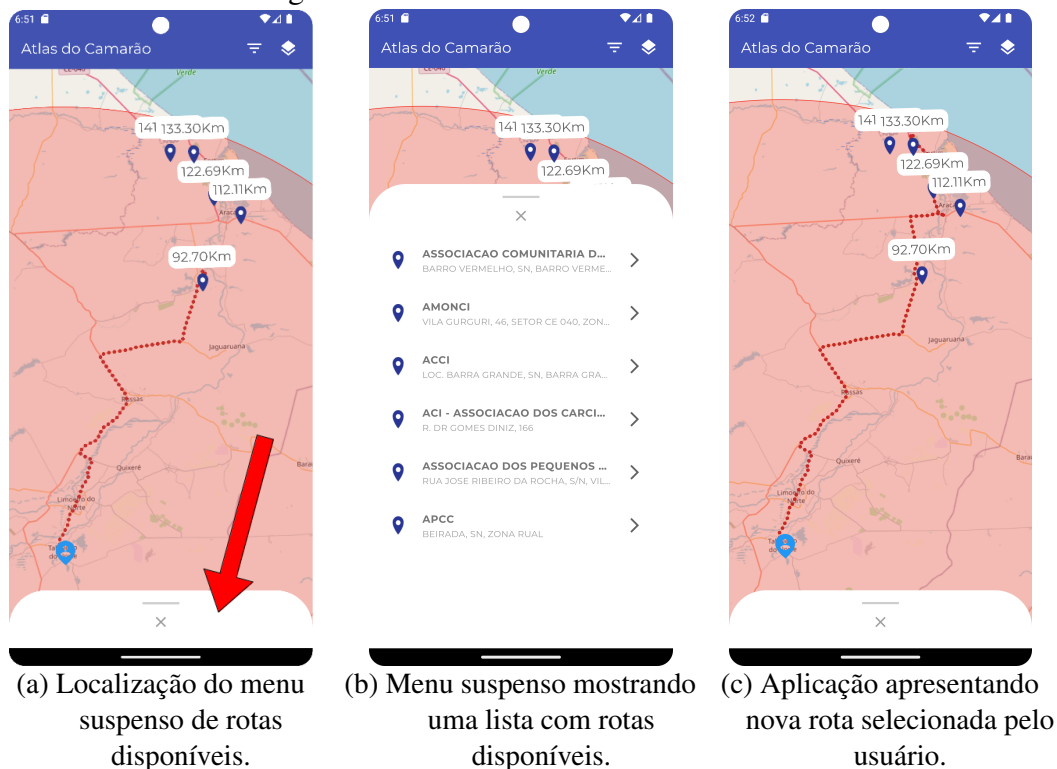
Existe a possibilidade, mesmo considerando o ponto mais próximo, de o usuário decidir optar por um serviço mais distante. Dessa forma, a aplicação também permite ao usuário visualizar a rota até essa escolha alternativa. Para facilitar essa tomada de decisão, a aplicação oferece ao usuário a visualização de todos os pontos resultantes da filtragem definida em um menu suspenso, localizado na parte inferior da tela principal.

Na Figura 13, ilustra-se claramente o processo de escolha de uma nova rota. Na Figura 13a, destaca-se a posição do menu suspenso, indicado por uma seta vermelha. O usuário pode acessar o conteúdo desse menu simplesmente tocando-o e, sem remover o dedo da tela, arrastando-o para cima, revelando assim o menu apresentado na Figura 13b.

Isso possibilita ao usuário a capacidade de visualizar, em formato de lista, todos os serviços resultantes da filtragem definida. Ao tocar em qualquer uma dessas opções, a rota exibida no mapa é automaticamente ajustada para indicar o percurso até o novo

ponto escolhido pelo usuário, conforme ilustrado na Figura 13c. Essa funcionalidade adicional não apenas amplia a flexibilidade de escolha do usuário, mas também enriquece a experiência de navegação ao permitir a visualização de rotas alternativas de maneira intuitiva e interativa.

Figura 13 – Escolha de rotas alternativas.



5.5 Validação da aplicação

Após a conclusão da fase de desenvolvimento, o próximo passo consistiu na submissão da aplicação a uma etapa de validação. Nessa etapa, quatro profissionais especializados na área da carcinicultura foram selecionados para avaliar a eficácia e usabilidade do sistema. Para isso, primeiramente, os profissionais foram conduzidos a uma apresentação da aplicação, seguida por uma rápida demonstração das funcionalidades disponíveis. Em seguida, foram instruídos a utilizar a aplicação de forma independente, sem nenhum auxílio ou orientação adicional. Após esse período de utilização autônoma, os profissionais preencheram um questionário, abordando os aspectos de sua experiência de uso da aplicação, desde a navegabilidade até a eficácia das funcionalidades oferecidas.

A seguir, na Tabela 2, é possível visualizar a estatística descritiva do questionário

realizado, contendo a porcentagem obtida de cada possível resposta para cada item avaliado, a média ponderada de cada item, bem como a mediana, moda e desvio padrão. Analisando a média, mediana e moda, percebe-se que, para cada item avaliado, esses valores estão acima de 6. Considerando a escala *Stapel* utilizada, cujos valores variam entre 1 e 7, pode-se perceber que os valores predominantes são “concordo” (valor 6) e “concordo totalmente” (valor 7). Além disso, analisando o percentual de respostas de cada item, pode-se notar que percentual de respostas “discordo” (valor 3) ou menor é de 0%. Isso demonstra que nenhum dos usuários pontuou negativamente nenhum dos itens avaliados.

Tabela 2 – Estatística descritiva do formulário respondido.

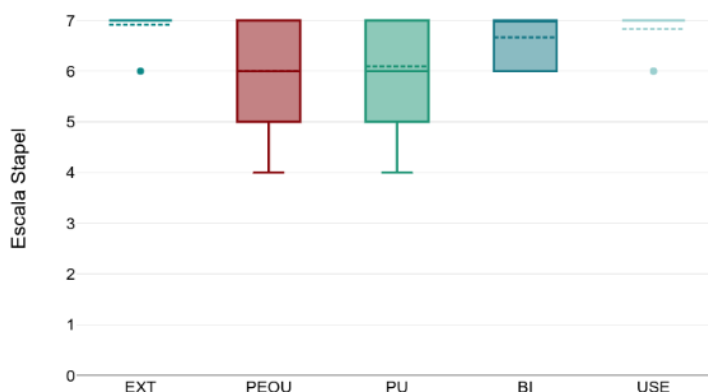
Dimensão	Item	Percentual de Respostas							Estatística Descritiva			
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Média Ponderada	Desvio Padrão	Mediana	Moda
Variáveis Externas (EXT)	EXT1	0%	0%	0%	0%	0%	25%	75%	6,75	0,50	7,00	7
	EXT2	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	7,00	0,00	7,00	7
	EXT3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	7,00	0,00	7,00	7
Facilidade de Uso Percebida (PEOU)	PEOU1	0%	0%	0%	0%	25%	50%	25%	6,00	0,82	6,00	6
	PEOU2	0%	0%	0%	0%	50%	0%	50%	6,00	1,15	6,00	5 e 7
	PEOU3	0%	0%	0%	25%	0%	25%	50%	6,00	1,41	6,50	7
	PEOU4	0%	0%	0%	25%	0%	25%	50%	6,00	1,41	6,50	7
	PU1	0%	0%	0%	0%	25%	0%	75%	6,50	1,00	7,00	7
Utilidade Percebida (PU)	PU2	0%	0%	0%	0%	0%	50%	50%	6,50	0,58	6,50	6 e 7
	PU3	0%	0%	0%	0%	0%	50%	50%	6,50	0,58	6,50	6 e 7
	PU4	0%	0%	0%	0%	0%	25%	75%	6,75	0,50	7,00	7
	PU5	0%	0%	0%	25%	50%	25%	0%	5,00	0,82	5,00	5
	PU6	0%	0%	0%	0%	50%	0%	50%	6,00	1,15	6,00	5 e 7
	PU7	0%	0%	0%	25%	25%	25%	25%	5,50	1,29	5,50	Amodal
	PU8	0%	0%	0%	0%	25%	50%	25%	6,00	0,82	6,00	6
	BI1	0%	0%	0%	0%	0%	50%	50%	6,50	0,58	6,50	6 e 7
Intenção Comportamental (BI)	BI2	0%	0%	0%	0%	0%	50%	50%	6,50	0,58	6,50	6 e 7
	BI3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	7,00	0,00	7,00	7
	USE1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	7,00	0,00	7,00	7
Comportamento em Uso (USE)	USE2	0%	0%	0%	0%	0%	25%	75%	6,75	0,50	7,00	7
	USE3	0%	0%	0%	0%	0%	25%	75%	6,75	0,50	7,00	7

Fonte: Do autor

A variância das respostas por *boxplot* pode ser verificada na Figura 14. Levando em consideração as dimensões avaliadas, apresentadas no eixo x do gráfico, nota-se que suas medianas estão acima dos 6 pontos da escala *Stapel*, apresentada no eixo y, o que evidencia que os usuários tiveram percepções positivas ao utilizarem a aplicação.

É importante ressaltar individualmente alguns itens que se destacaram. Os itens “EXT2” e “EXT3”, pertencentes a dimensão das variáveis externas, obtiveram um percentual de 100% de avaliações referentes ao valor 7 da escala *Stapel*. Isso evidencia que as funcionalidades desenvolvidas na aplicação SIG Móvel com o objetivo de identificar prestadoras de serviços das diferentes cadeias de insumos da carcinicultura, e gerar uma rota otimizada até a prestadora mais próxima do usuário, são realmente funcionalidades relevantes para o contexto da aplicação. O percentual de 75% referente ao valor 7, obtido

Figura 14 – Percepção dos usuários sobre o uso da aplicação.



Fonte: Do autor

no item “EXT1” também mostra o quanto a funcionalidade de apresentar as prestadoras de serviço ao usuário é relevante.

Os itens “PU1” e “PU4”, presentes na dimensão da utilidade percebida, possuem uma percentagem de 75% referente ao valor 7, esses valores comprovam a capacidade da aplicação de não só se apresentar útil ao carciniculator no exercício de seu trabalho, mas também agregar uma melhora no desempenho do mesmo.

O item “BI3”, pertencente a dimensão de Intenção comportamental, e o item “USE1”, pertencente a dimensão do comportamento em uso, também obtiveram um percentual de 100% de avaliações referentes ao valor 7 da escala *Stapel*. Através desse percentual, é possível inferir que a utilização da aplicação desenvolvida no dia-a-dia dos profissionais de carcinicultura é altamente viável e relevante, visto que os usuários afirmaram que pretendem utilizar a aplicação futuramente. Essa afirmação comprova-se também através dos 75% referentes ao valor 7 obtidos nos itens “USE2” e “USE3”.

Apesar dos bons resultados obtidos através da etapa de validação da aplicação, é importante ressaltar os pontos a melhorar. Os itens “PEOU3” e “PEOU4”, presentes na dimensão de facilidade de uso percebida, apresentaram notas referentes ao valor 4 da escala *Stapel*. Esse valor representa uma opinião nula a respeito de um item, não tendenciando nem para o “Concordo Totalmente” nem para o “Discordo Totalmente”. Esses valores mostram que a aplicação ainda pode melhorar no que diz respeito a facilidade de uso, visto que houveram usuários que não concordaram a respeito da facilidade de uso da aplicação.

Outros itens que também receberam valor 4, foram os itens “PU5” e “PU7”, que mostram que o uso da aplicação sem uma instrução prévia pode ocasionar em dificuldades por parte do usuário, que pode também não ter os recursos necessários para a utilização da

mesma.

No geral, a etapa de validação obteve resultados satisfatórios. A aplicação SIG Móvel do Atlas do Camarão se mostra de fácil uso e de uma utilidade relevante para o contexto da carcinicultura. A utilização da aplicação melhora a eficácia do trabalho dos carcinicultores através da disponibilização de funcionalidades que facilitam a localização e deslocamento até as prestadoras de serviço das diversas cadeias de insumo, e se mostra pertinente a várias tarefas do dia-a-dia dos carcinicultores.

6 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

O desenvolvimento da ferramenta SIG Móvel para o Atlas do Camarão representa um avanço significativo na busca por soluções tecnológicas que aprimorem a gestão e a tomada de decisão na carcinicultura. A criação dessa aplicação proporciona ao produtor uma plataforma versátil e acessível para visualizar e analisar dados espaciais cruciais para a cadeia produtiva de camarões de qualquer lugar.

A capacidade de visualizar a localização dos diversos serviços das cadeias de insumo em um ambiente móvel oferece ao produtor uma visão integrada e dinâmica, permitindo uma compreensão mais aprofundada da distribuição geográfica dos recursos. A funcionalidade adicional de filtrar os serviços com base nos critérios definidos pelo usuário e a apresentação das rotas sugeridas para deslocamento proporcionam uma ferramenta personalizada e adaptável às necessidades específicas de cada produtor.

A utilização do Modelo TAM na etapa de validação da aplicação revelou-se fundamental, pois proporcionou uma avaliação abrangente da sua utilidade e usabilidade. Ao empregar o TAM, foi possível examinar como os usuários perceberam a tecnologia, levando em consideração fatores como facilidade de uso, benefícios percebidos e intenção de uso. Os resultados obtidos através dessa abordagem forneceram dados valiosos sobre a aceitação da aplicação, destacando áreas de melhoria e validando sua eficácia em atender às necessidades e expectativas dos usuários. Assim, o uso do modelo TAM não apenas reforçou a confiabilidade da aplicação, mas também orientou ajustes necessários para garantir uma experiência satisfatória e positiva para os usuários.

6.1 Contribuições e Impacto

O Atlas do Camarão, agora potencializado pela aplicação SIG Móvel, agrega valor ao setor da carcinicultura ao fornecer uma plataforma eficaz para a visualização e análise de dados espaciais. Essa ferramenta não apenas facilita a identificação de serviços das cadeias de insumo, mas também promove a eficiência operacional ao oferecer rotas otimizadas, economizando tempo e recursos para os produtores.

Além disso, a implementação bem-sucedida do SIG Móvel amplia a acessibilidade, permitindo que os produtores realizem suas análises e tomem decisões críticas em qualquer lugar, proporcionando uma experiência flexível e adaptada à mobilidade contemporânea.

6.2 Trabalhos Futuros

Apesar dos avanços conquistados, há uma série de áreas que podem ser exploradas para aprimorar ainda mais a aplicação SIG Móvel e expandir suas capacidades. Algumas direções promissoras para trabalhos futuros incluem:

Aprimoramento da Interface de Usuário (GUI): Investir em melhorias na interface de usuário pode aumentar a usabilidade e a aceitação da aplicação, tornando-a mais amigável para produtores com diferentes níveis de familiaridade com tecnologia, visto que, durante a etapa de validação, foi possível verificar através do questionário aplicado que, para alguns usuários a aplicação pode não apresentar uma usabilidade satisfatória.

Coleta de Dados em Tempo Real: Implementar a capacidade de coleta de dados em tempo real pode fornecer informações mais precisas e atualizadas, melhorando a tomada de decisão em situações dinâmicas. Possibilitar que os fornecedores de serviços das cadeias de insumos apresentadas insiram seus produtos ou serviços na plataforma, de forma a manter a base de dados sempre consistente e atualizada.

Informações customizadas do produtor: Permitir ao produtor inserir informações próprias no que diz respeito à sua própria produção e demanda por insumos. Um exemplo da utilização dessa possível funcionalidade seria, com base na informação dos insumos disponíveis mantidos pelo produtor, antes que esses insumos acabem, a aplicação avisaria o produtor e faria a proposição de uma única rota que atravessasse os fornecedores de todas as cadeias de insumos necessárias.

Adição de Recursos Analíticos: Introduzir recursos analíticos avançados, como análise de tendências e previsões, pode empoderar os produtores com recomendações estratégicas para o planejamento a longo prazo. Portando-se das informações customizadas do produtor, através de técnicas de Análise de Dados, ou até mesmo de *Machine learning*, a aplicação poderia recomendar ao produtor formas de otimizar o seu consumo de insumos.

O contínuo desenvolvimento e aprimoramento dessas funcionalidades garantirão que a ferramenta SIG Móvel do Atlas do Camarão permaneça operante, oferecendo soluções inovadoras e eficazes para os desafios enfrentados pelos produtores na carcinicultura.

REFERÊNCIAS

- ALLUA, S.; THOMPSON, C. B. Inferential statistics. **Air Medical Journal**, Elsevier, v. 28, n. 4, p. 168–171, 2009.
- ALMEIDA, L. d. F. Atlas do camarão - uma plataforma de geointeligência para carcinicultura nacional. Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), 2023.
- ATZINGEN, J. V.; CUNHA, C. B. D.; NAKAMOTO, F. Y.; RIBEIRO, F. R.; SCHARDONG, A. Análise comparativa de algoritmos eficientes para o problema de caminho mínimo. **Universidade de São Paulo (USP). São Paulo. Escola Politécnica**, 2012.
- CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V.; D'ALGE, J. Introdução à ciência da geoinformação. **São José dos Campos: INPE**, v. 345, 2001.
- CHEN, X.; ZHAO, J.; BI, J.; LI, L. Research of real-time agriculture information collection system base on mobile gis. In: IEEE. **2012 First International Conference on Agro-Geoinformatics (Agro-Geoinformatics)**. [S.l.], 2012. p. 1–4.
- CORMEN, T. H.; LEISERSON, C. E.; RIVEST, R. L.; STEIN, C. **Introduction to algorithms**. [S.l.]: MIT press, 2022.
- DART. **Dart programming language**. 2023. <<https://dart.dev/>>. Acesso em: 02 Jan. 2024.
- DAVIS, F. D.; BAGOZZI, R. P.; WARSHAW, P. R. User acceptance of computer technology: A comparison of two theoretical models. **Management science, INFORMS**, v. 35, n. 8, p. 982–1003, 1989.
- DRUMMOND, J.; JOÃO, E.; BILLEN, R. Current and future trends in dynamic and mobile gis. **Dynamic and Mobile GIS**, CRC Press, p. 325–336, 2006.
- ERDEN, İ. H.; TOZAN, Ö. Remote sensors and mobile technologies for precision agricultural data. In: IEEE. **2015 Fourth International Conference on Agro-Geoinformatics (Agro-geoinformatics)**. [S.l.], 2015. p. 105–108.
- FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2022**. 2022. <<https://www.fao.org/documents/card/en/c/cc0461en/>>. Acesso em: 23 Jan. 2024.
- FLUTTER. **Flutter, Multi-platform applications**. 2023. <<https://flutter.dev/>>. Acesso em: 02 Jan. 2024.
- FLUTTERMAP. **Flutter Map, a versatile mapping package for Flutter**. 2023. <<https://docs.fleaflet.dev/>>. Acesso em: 02 Jan. 2024.
- GEOSEVER. **GeoServer is an open source server for sharing geospatial data**. 2023. <<https://geoserver.org/>>. Acesso em: 02 Jan. 2024.
- GÖÇMEN, Z. A. Web-based geographic information systems: Experience and perspectives of planners and the implications for extension. **The Journal of Extension**, v. 54, n. 6, p. 22, 2016.

HAMME, J. Customizable route planning in external memory. **Bachelor Thesis, Institute of Theoretical Computer Science**, 2013.

IBGE. **Pesquisa da Pecuária Municipal 2022**. 2022. <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2022_v50_br_informativo.pdf>. Acesso em: 15 Jan. 2024.

LUXEN, D.; VETTER, C. Real-time routing with openstreetmap data. In: **Proceedings of the 19th ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems**. New York, NY, USA: ACM, 2011. (GIS '11), p. 513–516. ISBN 978-1-4503-1031-4. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/2093973.2094062>>.

MATHIYALAGAN, V.; GRUNWALD, S.; REDDY, K.; BLOOM, S. A webgis and geodatabase for florida's wetlands. **Computers and electronics in agriculture**, Elsevier, v. 47, n. 1, p. 69–75, 2005.

OPENSTREETMAP. **OpenStreetMap, o mapa mundial editável e livre**. 2023. <<https://www.openstreetmap.org/>>. Acesso em: 02 Jan. 2024.

PÉREZ, J. D. P. Improvements to traffic flow in high pollution scenarios in valencia. **Universitat Politècnica de València**, 2021.

POSTGIS. **Spatial PostgreSQL**. 2023. <<https://postgis.net/>>. Acesso em: 02 Jan. 2024.

POSTGRESQL. **PostgreSQL: The World's Most Advanced Open Source Relational Database**. 2023. <<https://www.postgresql.org/>>. Acesso em: 02 Jan. 2024.

SOARES, A. M. L.; CARVALHO, M. d. S.; BARRETO, R. d. C.; SOARES, Z. M. L. Análise temporal do crescimento da carcinicultura marinha no estuário do rio jaguaribe-ceará. In: **Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. [S.l.: s.n.], 2007. p. 4267–4274.

TANCREDO, K.; NOBREGA, R.; DIAS, T.; LAPA, K. Impactos ambientais da carcinicultura brasileira. In: **3rd International Workshop Advances in Cleaner Production: Cleaner Production Initiatives and Challenges for a Sustainable World**. **Universidade Paulista, São Paulo**. [S.l.: s.n.], 2011. p. 18–20.

TSOU, M.-H. Integrated mobile gis and wireless internet map servers for environmental monitoring and management. **Cartography and Geographic Information Science**, Taylor & Francis, v. 31, n. 3, p. 153–165, 2004.

VENKATESH, V.; BALA, H. Technology acceptance model 3 and a research agenda on interventions. **Decision sciences**, Wiley Online Library, v. 39, n. 2, p. 273–315, 2008.

VIJLBRIEF, T.; OOSTEROM, P. van. The geo++ system: An extensible gis. In: **Proceedings of the Fifth International Symposium on Spatial Data Handling**. [S.l.: s.n.], 1992. p. 40–50.

WADA, M.; SANO, M.; HATANAKA, K.; TAKA, H.; OKAMOTO, M. Development of a ubiquitous gis plotter utilizing mobile facilities for fishery industries. In: **IEEE. 2013 MTS/IEEE OCEANS-Bergen**. [S.l.], 2013. p. 1–6.

WU, C.; WANG, N. The research of mobile gis forest intelligent administration system based on mobile agent. In: IEEE. **2010 International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation**. [S.l.], 2010. v. 3, p. 919–921.

XIMENES, L. F.; VIDAL, M. D. F. Pesca e aquicultura: Carcinicultura. Banco do Nordeste do Brasil, 2023.

ZHANG, F.; CAO, N. Application and research progress of geographic information system (gis) in agriculture. In: IEEE. **2019 8th International Conference on Agro-Geoinformatics (Agro-Geoinformatics)**. [S.l.], 2019. p. 1–5.

ZHANG, F.; YE, J.; SUN, G. A process model based ecosystem assessment and management system. In: IEEE. **2012 First International Conference on Agro-Geoinformatics (Agro-Geoinformatics)**. [S.l.], 2012. p. 1–4.

ZLATANOVA, S.; STOTER, J. The role of dbms in the new generation gis architecture. **Frontiers of geographic information technology**, Springer, p. 155–180, 2006.