

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS - CECA
CURSO DE ENGENHARIA DE AGRIMENSURA

JOYCE DIAS DOS SANTOS

ELABORAÇÃO DE UM SIG WEB COMO FERRAMENTA DE GERENCIAMENTO
DE ATIVIDADES AGRÍCOLAS: ESTUDO DE CASO PARA ÁREA DE CULTIVO DA
EMPRESA USINA CORURIFE

RIO LARGO – AL
2023

JOYCE DIAS DOS SANTOS

ELABORAÇÃO DE UM SIG WEB COMO FERRAMENTA DE
GERENCIAMENTO DE ATIVIDADES AGRÍCOLAS: ESTUDO DE CASO PARA
ÁREA DE CULTIVO DA EMPRESA USINA CORURIBE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação de Engenharia de Agrimensura da Universidade Federal de Alagoas, como requisito para obtenção do Título em Bacharel em Engenharia de Agrimensura.

Orientadora: Prof^a. Dr.^a Juciela Cristina dos Santos

RIO LARGO – AL

2023

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
Bibliotecário Responsável: Erisson Rodrigues de Santana - CRB4 - 1512

S237e Santos, Joyce Dias dos.

Elaboração de um sig web como ferramenta de gerenciamento de atividades agrícolas: estudo de caso para área de cultivo da empresa usina coruripe / Joyce Dias dos Santos. – 2023.

80f.: il.

Orientador(a): Juciela Cristina dos Santos.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Agrimensura) – Graduação em Engenharia de Agrimensura, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo, 2023.

Inclui bibliografia

1. Planejamento Territorial Agrícola. 2. Agricultura de Precisão. 3. Geoprocessamento. 4. SIG. 5. SIG WEB. I. Título.

CDU: 528.8

FOLHA DE APROVAÇÃO

JOYCE DIAS DOS SANTOS

ELABORAÇÃO DE UM SIG WEB COMO FERRAMENTA DE GERENCIAMENTO
DE ATIVIDADES AGRÍCOLAS: ESTUDO DE CASO PARA ÁREA DE CULTIVO DA
EMPRESA USINA CORURIFE

Trabalho de Conclusão de Curso, para obtenção de título de Bacharel em Engenharia de Agrimensura, pelo Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas. Trabalho de Conclusão de Curso aprovado em 02 de junho de 2023.

Prof.^a Dr.^a Juciela Cristina dos Santos (Orientadora)

Universidade Federal de Alagoas

Banca Examinadora:

Prof.^a Ma. Michelle Adelino Cerqueira (Examinador Interno)

Universidade Federal de Alagoas

Prof.^a Dr.^a Rafaela Faciola Coelho de Souza (Examinador Interno)

Universidade Federal de Alagoas

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela minha vida, família e amigos.

A meus pais e avós que sempre acreditaram em mim e me apoiam em tudo

A meu sobrinho, afilhado e companheiro de madrugadas, Arthur Miguel, você não tem ideia do bem que me faz.

Aos meus colegas de turma, em especial meus amigos Luan Lima, Bianca Tenório e Beatriz Andrade, vocês foram essenciais durante essa longa jornada.

Aos amigos que fiz durante os estágios na CASAL e na Usina Coruripe, em especial Rayanne Batinga e Gabriel Cavalcante, pelo companheirismo e troca de experiências que me permitiram crescer pessoalmente e profissionalmente.

A coordenadora do setor de topografia, Sandra Silva, e meu supervisor e amigo Diego Tavares pela oportunidade, confiança, apoio e ensinamentos.

A Usina Coruripe, pela disponibilização de dados e materiais que foram fundamentais para a realização deste trabalho.

A professora Juciela pela orientação acadêmica e aos demais professores que contribuíram com minha formação.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte de minha formação, o meu muito obrigado.

RESUMO

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) têm função de produzir, armazenar, processar e representar informações geográficas e não geográficas. Os Sig Web possibilitam interações com mapas de forma fácil e prática podendo ser manipuladas e consultadas através da Internet por este motivo, está sendo cada vez mais utilizado nos setores públicos e privados como auxílio na gestão e planejamento. O objetivo deste trabalho foi a criação de um Sig Web como ferramenta para auxiliar na manipulação eficiente dos dados cadastrais em atividades agrícolas, utilizando como estudo de caso a Usina Coruripe Açúcar e Álcool - unidade Coruripe, empresa do ramo sucroalcooleiro do estado de Alagoas. Para a execução deste trabalho foi necessário a localização de dados provenientes de levantamentos topográficos e informações do banco de dados da empresa para que, unificados, formassem a nova base cartográfica em ambiente SIG. Adicionando esta base em ambiente virtual foi possível obter como resultado mapas interativos classificados de acordo com a renovação do canalial, áreas de arrendamento, relevo do terreno e áreas de irrigação, apresentando suas respectivas informações além de apresentar camadas de sobreposição que complementam estes mapas e podem ser ativadas conforme o que se deseja analisar.

Palavras chave: Planejamento Territorial Agrícola, Agricultura de Precisão, Geoprocessamento, SIG, SIG WEB

ABSTRACT

Geographic Information Systems (GIS) have the function of producing, storing, processing and representing geographic and non-geographic information. The Sig Web enable interactions with maps in an easy and practical way and can be manipulated and consulted through the Internet for this reason, it is being increasingly used in the public and private sectors as an aid in management and planning. The objective of this work was the creation of a Sig Web as a tool to assist in the efficient manipulation of registration data in agricultural activities, using as a case study Usina Coruripe Açúcar e Álcool unit, a company in the sugar-alcohol industry in the state of Alagoas. For the execution of this work, it was necessary to locate data from topographic surveys and information from the company's database so that, unified, they formed the new cartographic base in GIS environment. Adding this base in a virtual environment it was possible to obtain as a result interactive maps classified according to the renewal of the sugarcane field, lease areas, land relief and irrigation areas, presenting their respective information. In addition to presenting overlapping layers that complement these maps and can be activated according to what you want to analyze.

Keywords: Agricultural Territorial Planning, Precision Agriculture, Geoprocessing, GIS, WEB GIS

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVOS	11
2.1. Geral	11
2.2. Específicos.....	11
3 REFERENCIAL TEÓRICO	12
3.1 Planejamento Agrícola	12
3.2 Agricultura de Precisão	13
3.2.1 Irrigação de Precisão	13
3.3 Parcela Cadastral.....	15
3.4 Base Cartográfica	15
3.5 Banco de dados geográficos.....	16
3.5.1 Sistema gerenciador de banco de dados geográficos	16
3.6 Sistema de Informações Geográficas	17
3.7 Sig Web.....	20
3.8 Exemplos de Sig Web.....	21
3.8.1 Centro de Estudos RIOTERRA.....	21
3.8.2 INDE – Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais.....	22
3.8.3 Ambiente Web desenvolvido para Agricultura de Precisão	23
3.8.4 O Geoportal Nacional Do Grão-Ducado Do Luxemburgo	25
4 METODOLOGIA.....	26
4.1 Fluxograma Metodológico	26
4.2 Área de estudo	27
4.3 Localização e exportação de projetos.....	29
4.4 Projeção de camadas	33
4.5 Cadastro de arquivos vetoriais.....	34
4.6 Verificações e correções topológicas	38
4.7 Estruturação de dados	39
4.8 Manipulação de camadas geoespaciais	41
4.9 Criação do Sig Web	42
4.10 Atualização de dados	43

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	44
5.1 Camadas de base	48
5.1.1 Moagem (safra 2022/23).....	48
5.1.2 Relevô.....	52
5.1.3 Arrendamentos.....	54
5.1.4 Projetos de irrigação	56
5.2 Camadas de sobreposição.....	58
5.2.1 Tanques de Vinhaça.....	58
5.2.2 Casas de bomba e captações.....	59
5.2.3 Pontos de bombeamento	61
5.2.4 Canais.....	61
5.2.5 Bases (Marcos geodésicos).....	63
5.2.6 Estações meteorológicas	65
5.2.7 Adutoras.....	67
5.2.8 Estradas.....	67
5.2.9 Rede elétrica.....	68
5.2.10 Barragem	68
5.2.11 Reservas particulares do patrimônio natural - RPPN.....	69
5.2.12 Fornecedores.....	70
5.2.13 Propriedades certificadas.....	71
6 CONCLUSÃO.....	73
REFERÊNCIAS.....	75

1 INTRODUÇÃO

De acordo com o Sindicato da Indústria do Açúcar e do Alcool no Estado de Alagoas (SINDAÇUCAR-AL) a história econômica do estado, tem início com a introdução da cana-de-açúcar, sendo o setor sucroalcooleiro a maior atividade econômica do estado. De acordo com Anjos (2012, apud Diégues Júnior, 2006), “a própria formação territorial do estado surgiu em virtude das áreas propícias ao cultivo da cana, estabelecendo os primeiros municípios ao redor dos antigos engenhos de açúcar.”

Segundo o relatório gerencial divulgado pela FG/A a Usina Coruripe possui uma grande produtividade, estando entre as dez maiores unidades sucroenergéticas do Brasil. A empresa opera em áreas de sua propriedade, arrendadas e de fornecedores resultando em um grande número de propriedades a serem gerenciadas.

O setor de topografia da Usina Coruripe é responsável pelos levantamentos topográficos e elaboração de mapas temáticos, sendo estas atividades importantes para o conhecimento do espaço, auxiliando na melhoria do manejo, no planejamento de atividades e tomada de decisões visando um melhor aproveitamento das áreas.

Atualizações de levantamentos antigos para correção da base cartográfica e elaboração de mapas atualizados vêm sendo realizadas, sendo considerado a melhor maneira de trabalhar com essa gama de informações através da utilização do SIG (Sistema de Informações Geográficas).

Silva et al. (2004) afirma que o desenvolvimento da tecnologia da informação teve um impacto profundo no campo do planejamento e um aplicativo específico que merece atenção a esse respeito é o Sistema de Informações Geográficas, ou SIG.

Para Medeiros et al. (2011), Grandes quantidades de dados georreferenciados estão sendo gerados através pelas empresas através da utilização das geotecnologias. No entanto, a disponibilização desses dados ainda não é eficiente, o que gera grande demanda em busca de informações que não podem ser divulgadas ou disponibilizadas. Porém, o crescimento da Internet está rapidamente se tornando o meio preferido para a divulgação de dados. Ela ganhou recursos gráficos, tornando-se um meio atrativo e eficaz de divulgação de dados georreferenciados na forma de

mapas. A sua (quase) universalidade, aliada ao custo de acesso cada vez mais baixos, levou ao desenvolvimento de uma nova classe de sistemas de informação.

Segundo Silva et al. (2004) o que diferencia o SIG de outros aplicativos é sua capacidade de armazenar relações topográficas entre “objetos” geográficos, como pontos, linhas ou áreas, e vincular esses objetos a dados tabulares que contêm informações variadas, como dados demográficos e socioeconômicos. Esta característica tornou-o uma ferramenta indispensável para os profissionais de planejamento.

Um SIG armazena a geometria e os atributos dos dados que estão georreferenciados, ou seja, localizados na superfície terrestre numa determinada projeção cartográfica, e sua principal característica é a divergência de fontes geradoras e de formatos apresentados, possibilitando o tratamento dos dados. (ASSAD, 2003).

A criação de mapas proporcionada em ambiente SIG permite um melhor planejamento e monitoramento das áreas agrícolas visto que, ocorre de maneira mais rápida e eficiente com informações precisas uma vez que são retiradas diretamente do banco de dados da empresa.

De acordo com Schimiguel (2005) um SIG Web é um sistema de *software* (comercial ou acadêmico) que permite a criação de aplicações SIG na *Web* possibilitando visualizações de informação geográfica na internet, podendo realizar alguns tipos de interação com mapas.

Desta forma, diante da quantidade de dados e das demandas para elaboração de diversos tipos de mapas temáticos como, por exemplo, mapas sobre as áreas de renovação de plantio, áreas colhidas e tipo de colheita, o presente projeto propõe a criação de um Sig Web com objetivo de disponibilizar de forma simples e rápida mapas interativos.

Os mapas interativos gerados, são acessados por meio da internet, e mostram as áreas de moagem e renovação, o relevo do terreno, as terras arrendadas e os projetos de irrigação podendo ser complementados com os elementos presentes nessas áreas (tanques de vinhaça, casas de bomba e captações, pontos de bombeamento, canais, marcos geodésicos, estações meteorológicas, adutoras, estradas, rede elétrica, barragem, RPPN, fornecedores e propriedades certificadas).

2 OBJETIVOS

2.1. Geral

Criar um Sig Web como ferramenta para auxiliar na manipulação eficiente dos dados cadastrais em atividades agrícolas, utilizando como estudo de caso a Usina Coruripe Açúcar e Álcool - unidade Coruripe, empresa do ramo sucroalcooleiro do estado de Alagoas. buscando integrar as informações existentes sobre o território administrado, provenientes de levantamentos e do banco de dados, e disponibilizá-las cartograficamente em prol de maior eficiência em mapeamentos e análises.

2.2. Específicos

- Transformar dados existentes em CAD para SIG;
- Atualizar base cartográfica;
- Adicionar informações do sistema na nova base cartográfica;
- Verificar necessidade de novos levantamentos topográficos;
- Elaboração de um Sig Web.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

O planejamento territorial é uma ferramenta indispensável de organização e gestão para a definição das melhores formas de uso e ocupação do solo e, na tomada de decisões. Um planejamento adequado das propriedades agrícolas aumenta a produtividade e minimiza os custos de produção, mas, para que isso aconteça, precisa haver o conhecimento da realidade e das características do espaço.

O geoprocessamento vem sendo muito utilizado como ferramenta de gerenciamento de território. Utilizando um sistema de informações geográficas (SIG), aliado à Internet, é possível identificar, prevenir problemas e garantir a sustentabilidade no espaço rural em qualquer lugar de forma rápida e eficiente.

Para que se obtenha resultados confiáveis é necessário que a base cartográfica esteja sempre atualizada, de maneira que os dados se mantenham corretos.

3.1 Planejamento Agrícola

Segundo Matteo (1998) o planejamento e o monitoramento agrícola visam o equilíbrio econômico, social e ambiental, e são atividades fundamentais quando relacionadas às propriedades agrícolas e suas características, incluindo parâmetros como uso da terra, tipo de conservação do solo, vias de acesso e mapas cadastrais.

De acordo com Brugnaro (1993), devido a sua extensão, a área agrícola é subdividida em três áreas. Sendo elas:

- Seções (Fazendas) – Unidades “administrativas” podendo ser definidas pelos acidentes geográficos, rede viária existente e dimensão e distribuição de área física.
- Setores (Blocos) – Unidades “técnicas” que devem apresentar homogeneidade quanto a relevo e propriedades do solo.
- Talhões – Unidades “operacionais” sendo as menores unidades em que a área é dividida.

Desta forma, pode-se afirmar que os blocos são conjuntos de talhões que apresentam características parecidas e as fazendas são conjuntos de blocos.

3.2 Agricultura de Precisão

De acordo com o serviço nacional de aprendizagem rural, a agricultura de precisão consiste em um conjunto de ferramentas e tecnologias que possibilitam ao produtor rural o gerenciamento dos cultivos, otimizando a produção com o objetivo aumentar o retorno econômico e reduzir os impactos ao meio ambiente.

Para Camargo (2005) a tecnologia da informação está associada a gestão agrícola moderna tornando possível a manipulação de uma grande quantidade de informações referentes ao processo produtivo ajudando na tomada de decisões e de busca e na obtenção e troca de informações. A tecnologia da informação é responsável por três etapas da agricultura de precisão: coleta de dados, gestão da informação e operações em campo.

Reghini (2020) afirma que, com o surgimento do geoprocessamento as informações sobre as áreas agrícolas passaram a ser armazenadas em banco de dados o que tornou possível executar comparações precisas com dados anteriores.

Ainda de acordo com Reghini (2020) as vantagens de utilizar o geoprocessamento na agricultura de precisão é a redução dos impactos ambientais da atividade agrícola, uma vez que a área analisada será menor, permitindo um manuseio mais adequado e conservação do solo, aumento da eficiência entre utilização de insumos e lucratividade da cultura, melhor acompanhamento auxiliando na tomada de decisões, monitoramento e controle de pragas nos cultivos.

Segundo Bernardini (2014) para técnicos e produtores rurais, as técnicas de agricultura de precisão já são uma realidade. Está se difundindo progressivamente o conhecimento de que há variabilidade nas áreas de produção, possivelmente devido a diferenças no relevo, solos, vegetação e histórico de uso.

3.2.1 Irrigação de Precisão

Segundo Testezlaf (2002) a irrigação é responsável por fornecer água às áreas em que não recebem de forma natural para que a cultura possa se desenvolver aumentando sua produtividade.

Testezlaf (2017) afirma que os sistemas de irrigação podem ser formados por seis partes com funções diferentes, sendo elas:

- Equipamento de bombeamento ou de elevação da água;

Proporcionam a pressão exigida para que a água possa se movimentar da fonte, que pode ser superficial (rio, lagoa, barragens, etc.) ou subterrânea (poços), até a área de produção. (captação e pontos de bombeamento)

Nos locais onde acontece fertirrigação, aplicação de vinhaça, a fonte são os tanques de vinhaça.

- Equipamentos de condução ou transporte de água;

Transportam a água da fonte até a área cultivada. (canais e adutoras)

- Equipamentos de tratamento da água;

Filtros de areia que filtram a água.

- Equipamentos de controle ou automação;

Define o momento de iniciar a irrigação e de controlar a quantidade de água aplicada. (Casas de bomba)

- Equipamentos de aplicação ou distribuição de água.

Utilizam a água sem perdas excessivas e de forma uniforme sobre o cultivo.

- Equipamentos de drenagem ou reuso da água.

Capta o volume de água não utilizado pela cultura para sua reutilização no próprio sistema de produção.

A irrigação de precisão é a gestão sustentável da água. Isso significa que sua aplicação no momento certo, na quantidade certa, na área certa e de maneira correta, pode haver um gerenciamento da variabilidade da água no campo. (AMORIM, 2020)

Ainda de acordo com Amorim (2020), algumas das tecnologias que podem ser aplicadas, inclusive de forma integrada, na irrigação de precisão são: sensoriamento remoto, sistema de posicionamento global (GPS), sistema de informações geográficas

(SIG), rede de sensores sem fio (WSN), modelos de simulação de crescimento de plantas, estações meteorológicas automáticas, câmeras multiespectrais, VANTs e softwares. Utilizando essas tecnologias, junto a inovação ao manejo agrônomo, é garantida a tomada de decisões mais assertivas resultando em maiores rendimentos, além da redução de custos referentes, sobretudo, à água e ao uso de energia.

3.3 Parcela Cadastral

De acordo com Santos (2013), a definição mais amplamente reconhecida da unidade básica de um cadastro é a parcela, que é definida como uma porção de terra com condições de domínio uniformes dentro de um determinado território.

Um lote ou uma propriedade podem ser constituídos de uma ou mais parcelas sendo descritas como a menor unidade do cadastro. A parcela constitui uma área única, com um único regime jurídico, ou seja, existe igualdade de direitos, restrições e responsabilidades. (CREA-PR, 2016)

Conforme Loch (2007) as parcelas são definidas por meio de coordenadas dos seus vértices relacionadas a determinado sistema de referência. O georreferenciamento sob um sistema único torna possível a união entre os levantamentos separados formando uma única base cartográfica.

3.4 Base Cartográfica

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) base cartográfica é o conjunto de dados geoespaciais de referência, organizados em bases de dados digitais, permitindo uma visão completa do território nacional.

A base cartográfica mostra a situação real do território e é fundamental para o planejamento e às tomadas de decisões. Esta base deve estar sempre atualizada proporcionando aos responsáveis pelas diversas áreas do planejamento urbano, obter as informações de interesse. (CREA-PR, 2016)

A base cartográfica em conjunto com a identificação (codificação) de cada parcela são os componentes essenciais para a estruturação de um cadastro técnico multifinalitário. (Loch, 2007)

3.5 Banco de dados geográficos

Um banco de dados geográficos é um banco de dados que suporta armazenar dados espaciais, incluindo suas geometrias, seus atributos, seus relacionamentos espaciais e sua localização referente à superfície terrestre. (ARAÚJO, 2015)

Gonçalves (2009) afirma que a diferença entre os bancos de dados convencionais e os geoespaciais acontece devido aos tipos de dados manipulados. Enquanto no primeiro os dados são apenas descritivos no segundo esses dados tomam formas espaciais ou geométricas.

Os bancos de dados geográficos utilizam duas classes de estruturas de dados para representar os fenômenos do mundo real: as estruturas vetoriais e as matriciais. Os vetores usam três formas fundamentais para representar os objetos geográficos, são elas: o ponto, a linha e o polígono (ARAÚJO 2015, apud CÂMARA, 2005)

De acordo com o manual de apoio do Ministério das Cidades uma vez que os SIG manipulam dados geográficos e alfanuméricos resultando em um grande volume de informações é recomendado o uso de um sistema gerenciador de banco de dados – SGBD, o qual permite, de maneira eficiente, a manipulação, atualização e recuperação dos dados, entre outros recursos.

3.5.1 Sistema gerenciador de banco de dados geográficos

Segundo Pinheiro (2002) um sistema gerenciador de banco de dados é essencial para o desenvolvimento de aplicações que envolvem a utilização do ambiente, como, planejamento urbano e rural, previsão climatológica e cadastramento de terras. Os SGBDG armazenam e manipulam dados cuja geometria está referenciada à superfície terrestre.

Ainda de acordo com Pinheiro (2002), diferença entre os SGBDG e os demais sistemas de manipulação de dados espaciais, como, por exemplo, softwares de CAD, é a capacidade de realizar operações complexas de análise de dados espaciais. Geralmente a modelagem de um sistema gerenciador de banco de dados geográficos consiste em referenciar informações espaciais e não espaciais representadas em

mapas. As informações espaciais referem-se aos dados georreferenciados sobre a localização das áreas, como, por exemplo uma área de plantio, e as não espaciais representam as informações descritivas, como o tipo de cultura plantada na área e o nome do proprietário.

3.6 Sistema de Informações Geográficas

Segundo Medeiros *et al.* (2011) a passagem da cartografia clássica para a digital tem início com avanço da tecnologia de informação por meio da utilização dos sistemas de informações geográficas (SIG) proporcionando uma disponibilização mais eficaz da geoinformação.

Os Sistemas de Informações Geográficas têm como função primordial a entrada, armazenamento, recuperação, transformação e exibição de dados espaciais do mundo real na forma computacional (ARAÚJO, 2015). De acordo com Assad (2003) a geometria e os atributos dos dados que são georreferenciados podem ser armazenados em um SIG. A diversidade de fontes de origem e formatos utilizados no geoprocessamento de dados é uma de suas maiores características.

Os objetos geográficos são elementos que descrevem os objetos do mundo real. Um SIG deve conter três tipos de informação sobre um objeto geográfico: sua geometria, seus atributos e sua localização na superfície terrestre. Além disso, um SIG permite as relações espaciais entre os objetos geográficos. Ou seja, o SIG reflete a forma (geometria), a função (atributos), e a estrutura de relacionamento dos objetos geográficos estudados, além de sua posição na superfície terrestre (ARAÚJO, 2015)

Conforme Filho (2010) Além dos SIG existem outros sistemas que também manipulam dados espaciais, no entanto, os SIG se diferenciam por possibilitar que o usuário realize análises mais complexas acerca de dados espaciais. Uma das vantagens dos SIG é que eles podem manipular dados gráficos e não-gráficos resultando em um formato coerente para análise e consulta envolvendo dados geográficos.

Os SIG podem ser aplicados em diversas áreas, tais como: análise social e econômica, análise ambiental, planejamento de uso do solo, avaliação de impostos, análise de bens imóveis, planejamento de infraestrutura, análise arqueológica, etc. (MEDEIROS, 2010)

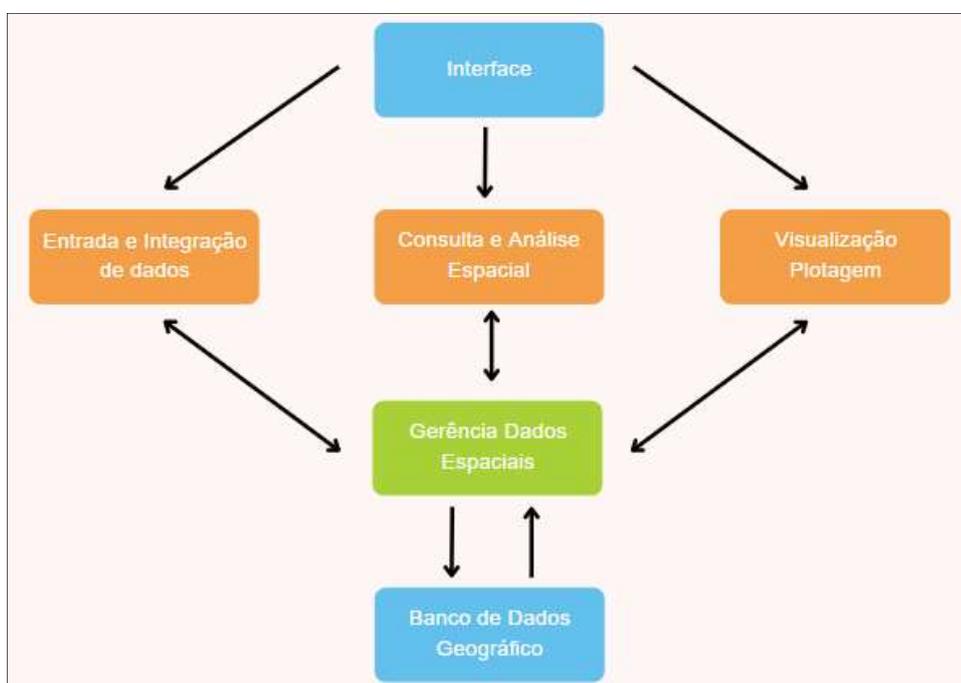
Para Assad (2003) por abranger um grande grupo de aplicações, há, pelo menos, três grandes maneiras de utilizar um SIG:

- Como plataforma para produção de mapas;
- Para a realização de análise espacial ou
- Como um banco de dados geográficos, com funções de armazenamento e recuperação da informação espacial.

Os seguintes componentes podem ser encontrados, se relacionando de forma hierárquica, em um SIG: (Figura 01)

- Interface com usuário;
- Entrada e integração de dados;
- Consulta, análise espacial e processamento de imagens;
- Visualização e plotagem e
- Armazenamento e recuperação de dados (por meio de um banco de dados geográficos).

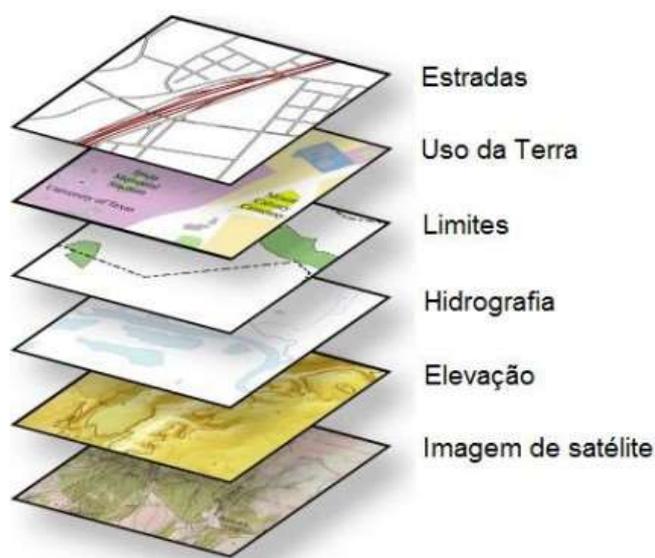
Figura 01: Arquitetura de sistema de informações geográficas



Fonte: Adaptado de ASSAD, 2003

De acordo com Filho (2010) em um SIG a elaboração de mapas temáticos ocorre através da criação de várias camadas de dados contendo diferentes temas (Figura 02). A representação de uma região acontece através da combinação dessas camadas facilitando assim, a realização de operações e análises.

Figura 02: Sobreposição das camadas de informação



Fonte: Adaptado de ESRI (2009)

Com a rápida evolução da tecnologia e a facilidade no acesso a informações torna-se possível acessar dados disponíveis na internet, atualizados de forma instantânea, através dos geoserviços. De acordo com a superintendência de estudos econômicos e sociais da Bahia (SEI), esses serviços permitem compartilhamento de dados e mapas através da *web* promovendo a interoperabilidade de sistemas. Baseados nas especificações do *Open Geospatial Consortium* – OGC (Consórcio Geoespacial Aberto), são utilizados para acessar, através de aplicativos SIG (*desktop* ou *web*), dados geoespaciais (vetor e raster) armazenados em um servidor de mapas acabando com a necessidade de armazenar uma cópia dos dados localmente. O resultado é um conjunto de dados da região solicitada em forma de imagem ou vetor.

De acordo com o catálogo de geoserviços e Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais – INDE existem três padrões de serviços, são eles:

- WMS (*Web Map Service*): Geoserviço que exibe os dados espaciais em formato de imagem (raster). Este padrão especifica como o cliente deve requisitar as informações para o servidor e como este deve responder ao cliente. As solicitações WMS são realizadas através de uma URL.
- WFS (*Web Feature Service*): Através deste geoserviço os clientes podem recuperar feições espaciais em formato GML. As solicitações WFS retornam os dados em si e, suas solicitações também são realizadas através de uma URL.
- WCS (*Web Coverage Service*): Define o acesso aos dados que representam fenômenos com variação contínua no espaço. Este serviço é característico para tratamento de dados modelados como geocampos.

3.7 Sig Web

Duas tecnologias tiveram uma grande força na era da computação digital nos últimos anos: SIG e Internet (MEDEIROS, 2010). De acordo com Schimiguel (2005) a principal característica de uma aplicação Sig Web é a visualização de informações geográficas por meio da *web* proporcionando alguns tipos de interações com os mapas, como por exemplo, zoom, pan, e consultas diversas.

Segundo Passos (2008) as aplicações Sig Web simbolizam uma evolução dos SIG que rodam de forma local (*desktop*). Essas aplicações apresentam os dados espaciais por meio de uma interface descomplicada, de forma interativa e integrada.

Medeiros et al. (2011) afirma que mapas estáticos e mapas interativos são os dois métodos existentes para a disponibilização de mapas na internet e diferem entre si em relação à forma de execução. Os mapas estáticos são visualizados na forma de imagem, o que não permite alterações, sendo úteis para usuários que desejam ter um mapa pronto apenas para visualização.

Ainda de acordo com Medeiros et al. (2011), os mapas interativos permitem obter as informações sobre do terreno a partir de um clique do mouse sobre a área uma vez que consistem em informações de um banco de dados e elementos georreferenciados. Essa facilidade permite: adicionar e remover mapas na forma de camadas para serem

visualizadas; localizar objetos geográficos e realizar filtros através de seus atributos; executar operações de zoom e alteração de escala; realizando assim operações de consulta e análise através de menus interativos do mapa.

Para Gorni (2007) um Sig Web é composto basicamente de 5 elementos:

- Usuário (um *browser* de internet como Internet Explorer, FireFox, outros).
- Servidor Web (IIS, Apache, outros).
- Linguagem de Programação compatível com o SIG Web.
- Banco de Dados Espacial: responsável pelo armazenamento das informações espaciais.
- Servidor de Mapas: Necessário para a elaboração de mapas dinâmicos, de acordo com as necessidades do usuário.

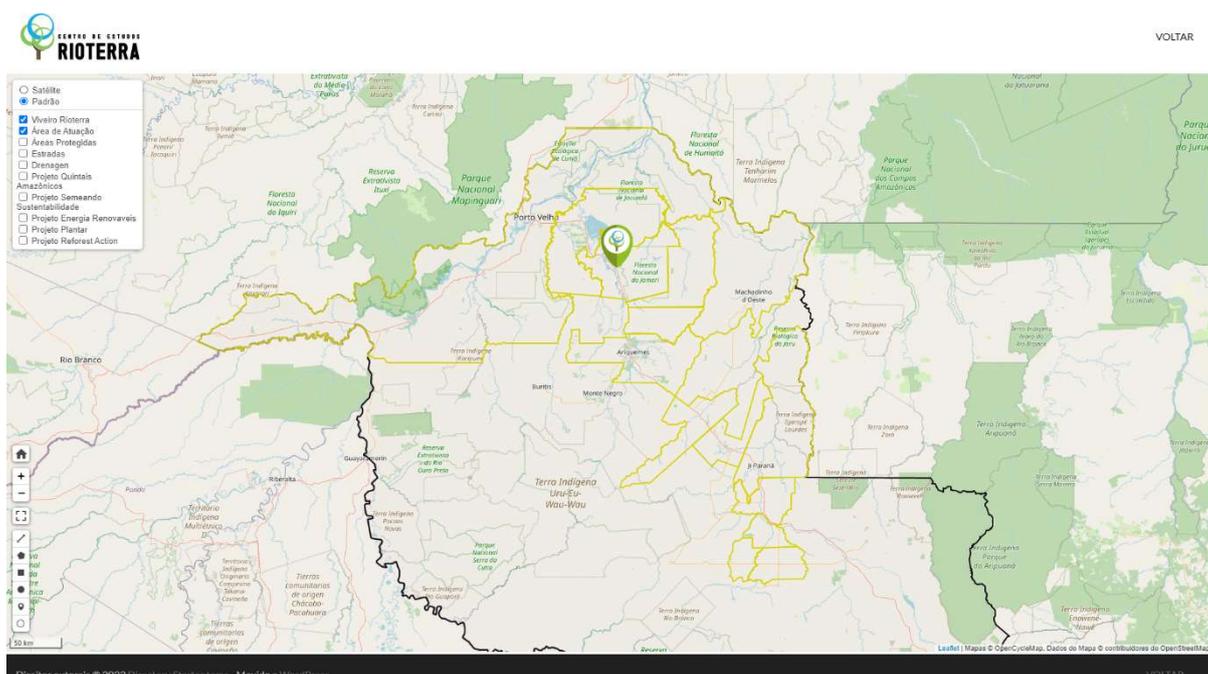
3.8 Exemplos de Sig Web

3.8.1 Centro de Estudos RIOTERRA

O centro de estudos RIOTERRA é uma Organização da Sociedade Civil de Interesse Público (OSCIP) e instituição de Inovação, Ciência e Tecnologia (IICT) criado em 1999 com o objetivo de contribuir para a formação de uma sociedade crítica, que reconhece seu contexto socioeconômico e ambiental, e é capaz de propor um modelo de desenvolvimento para região amazônica que alie conservação e sustentabilidade à melhoria da qualidade de vida das populações locais.

A plataforma (Figura 03) foi desenvolvida sobre a biblioteca Leaflet de JavaScript de código aberto para mapas interativos. As interações dos mapas são realizadas com recursos da biblioteca em conjunto aos plugins disponibilizados pela comunidade de colaboradores apresentando informações sobre o estado de Rondônia, disponibilizando duas camadas de base e 10 camadas de sobreposição sendo possível acessá-las através do link <https://rioterra.org.br/pt/sigweb/>.

Figura 03: Sig Web do Centro de Estudos RIOTERRA



Fonte: RIOTERRA

3.8.2 INDE – Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais

A Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais – INDE foi criada com o objetivo de catalogar, integrar e harmonizar dados geospaciais produzidos ou armazenados e gerenciados por órgãos governamentais brasileiros possibilitando que qualquer usuário possa localizar, explorar suas características e acessá-los para os mais diversos fins com facilidade através da internet.

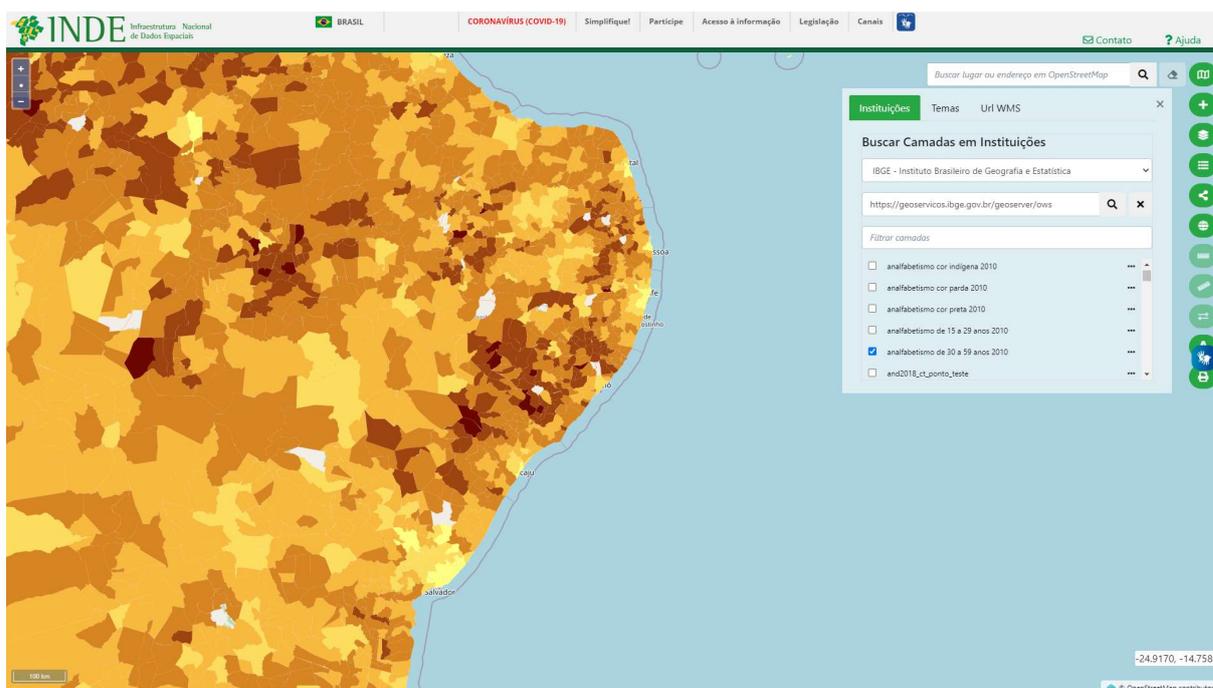
O Visualizador da INDE (Figura 04) disponibiliza aos produtores e usuários de informações geospaciais ferramentas que permitam explorar os catálogos de metadados e geoserviços localizados em servidores de diferentes organizações e instituições. O aplicativo pode criar mapas e realizar diferentes funções de visualização e navegação. E está disponível através do link: <https://visualizador.inde.gov.br/>

Abaixo estão algumas de suas funcionalidades:

- Consulta por Instituição e Tema;
- Métodos que permitem combinar vários temas para uma consulta;

- Impressão dos resultados das consultas;
- Realizar consultas com filtros e exportar em formato de planilhas aperfeiçoando o resultado da consulta;
- Exportar camadas em formatos csv, kml e shp;
- Comunicação com outras plataformas abertas (OSM);
- Exibe/esconde as toponímias;
- Visualizar camadas sobrepostas;
- Pesquisa, por aproximação, das localidades de interesse.

FIGURA 04: Plataforma Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais



Fonte: INDE

3.8.3 Ambiente Web desenvolvido para Agricultura de Precisão

Camargo (2005) desenvolveu um ambiente *web* para a interação entre participantes de projetos de agricultura de precisão onde, os usuários que trabalham na fazenda, após autenticação, podem acessar mapas interativos no qual eles

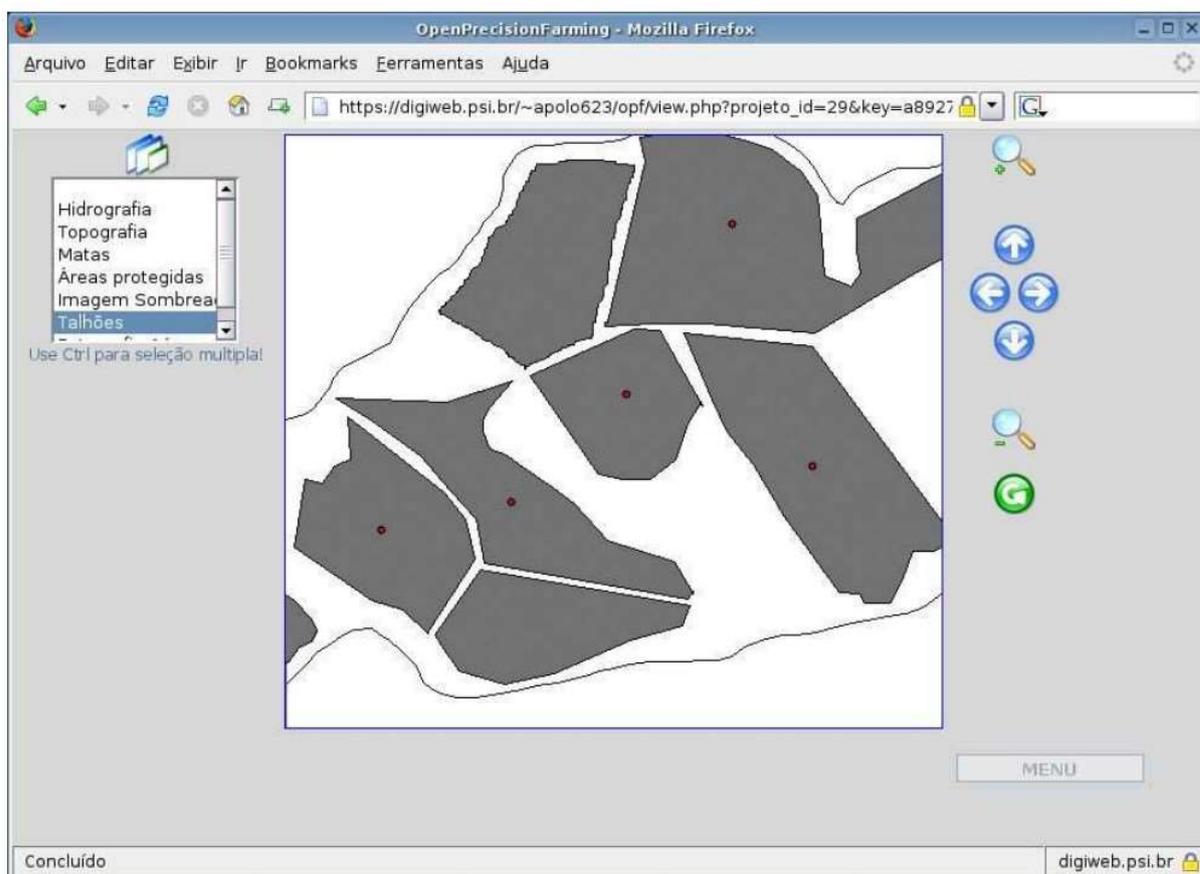
podem visualizar mapas diversos ou selecionar um talhão (parcela cadastral) específico e inserir informações sobre uma operação de manejo realizada neste talhão. (Figura 05)

Para isso, foi criado um banco de dados único, reunindo informações não registradas em outros locais ou se estão, encontram-se separadas em diversas fontes de dados. Com esse sistema, é possível conhecer de forma rápida, fácil e remota o histórico de um determinado talhão, apenas consultando os dados na internet.

Os mapas cadastrais utilizados, no formato *shapefile*, foram o contorno da fazenda, hidrografia, topografia, etc. O ambiente foi criado utilizando o servidor web Apache, a linguagem PHP, o módulo do Apache Mapscript e o Banco de Dados MySQL.

Após o *login* na plataforma, é exibida uma tela com o mapa da fazenda e opções de adição de *layers* e botões de zoom e navegação. Ao selecionar o *layer* de talhões e selecionar um específico, seus dados são mostrados.

FIGURA 05: Ambiente Agrícola para Agricultura de Precisão



Fonte: CAMARGO, 2005

3.8.4 O Geoportal Nacional Do Grão-Ducado Do Luxemburgo

O geoportal de Luxemburgo é uma plataforma governamental, criada pela administração de cadastro e topografia, tendo como objetivo a coleta, descrição, exibição e fornecimento dos dados geoespaciais do País, disponibilizando as informações para o público em geral.

As informações sobre geoprodutos, geodados e geoserviços contidas no catálogo (metadados) provêm de diferentes provedores que cooperam com o Geoportal adicionando informações. O geoportal de Luxemburgo oferece 4 grupos de webservices, todos em conformidade com as especificações OGC WMS (*web map server*) e WFS (*web feature server*).

O geoportal apresenta dados de cadastro, meio ambiente, infraestrutura, água, turismo e agricultura e inclui funções de pesquisa, impressão, localização, tela cheia, os controles de zoom, opções de desenhos e medidas além de coordenadas, legendas e opção de mostrar rota. Para os dados de agricultura, são disponibilizadas informações sobre parcelas agrícolas, áreas de proteção, solo, dados meteorológicos, unidades administrativas, entre outras. (Figura 06)

Ao clicar na parcela são fornecidos seu número de cadastro, área e perímetro. Clicando com o botão direito em qualquer local são fornecidas informações de coordenadas e elevação além de link direto para o Google Street View.

A plataforma pode ser acessada através do link:
https://map.geoportail.lu/theme/agriculture?layers=1637&zoom=17&lang=en&version=3&X=667580&Y=6382348&rotation=0&opacities=1&time=&bgLayer=orthogr_2013_global&crosshair=false

FIGURA 06: Geoportal Nacional Do Grão-Ducado Do Luxemburgo



Fonte: LE GOUVERNEMENT DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG

4 METODOLOGIA

4.1 Fluxograma Metodológico

Para a realização do trabalho foi necessário localizar os projetos existentes em CAD e exportar para um ambiente SIG, projetando todos para o mesmo sistema de referência de coordenadas, para depois unir os arquivos em uma única camada vetorial. Após a união, foram realizadas correções topológicas e a coleta de dados sobre as áreas, disponíveis no banco de dados, a fim de unir essas informações com o novo arquivo vetorial (base cartográfica).

Com todos os processos realizados a camada foi adicionada em um banco de dados geoespacial, compartilhada em um servidor de mapas, hospedada em um servidor e disponibilizada a todos os colaboradores. A Atualização é realizada através da linguagem de programação python.

A Figura 07 apresenta o fluxograma que contém as etapas da pesquisa.

FIGURA 07: Fluxograma das etapas da pesquisa.

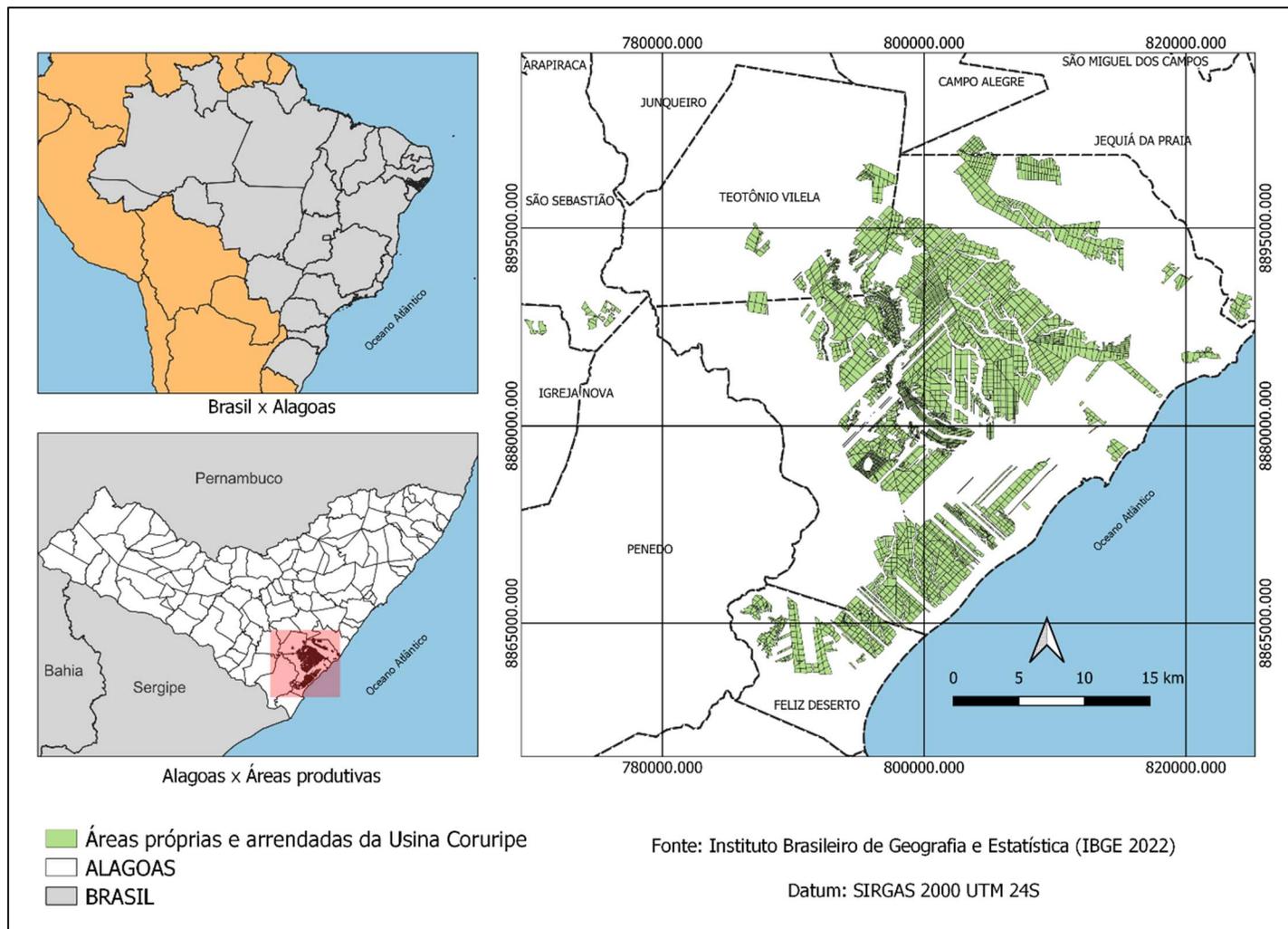


Fonte: Autora, 2023

4.2 Área de estudo

O estudo foi realizado no estado de Alagoas nas áreas, próprias e arrendadas, onde há plantação de cana-de-açúcar da empresa S.A Usina Coruripe Açúcar e Álcool (Figura 08). Atualmente, a usina detém 31.055,10 hectares, próprios e arrendados, e a maior parcela de área de canavial sob seu domínio está localizada nos municípios de Coruripe, Feliz Deserto e Teotônio Vilela, mas abrange também os municípios de Jequiá da Praia, Igreja Nova e São Sebastião.

Figura 08: Mapa de localização das áreas de atuação da Usina Coruripe



Fonte: Autora, 2023. Adaptado de IBGE

Coruripe é a região que contém a maior parte do canavial, contendo aproximadamente 83,97% de área dentro do município. O município de Coruripe apresenta, de acordo com o censo de 2010, uma densidade demográfica de 56,77 hab/km² e, um PIB per capita de R\$ 30.292,95 de acordo com o censo de 2020.

A segunda região a conter uma parte do canavial é o Município de Feliz Deserto, contendo aproximadamente 7,05% de área da Usina. O município apresenta uma densidade demográfica de 47,31 hab/km² de acordo com o censo de 2010 e, um PIB per capita de R\$ 26.532,93 de acordo com o censo de 2020.

O município de Teotônio Vilela conta com aproximadamente 6,78% da área do canavial. O município apresenta densidade demográfica de 138,15 hab/km² de acordo com o censo de 2010 e, um PIB per capita de R\$ 17.681,97 de acordo com o censo de 2020.

Jequiá da Praia têm aproximadamente 1,29% das áreas de posse da Usina Coruripe. O município conta com uma densidade demográfica de 34,21 hab/km² de acordo com o censo de 2010 e, um PIB per capita de 24.556,90 R\$ de acordo com o censo de 2020.

Os municípios São Sebastião e Igreja Nova apresentam um bloco arrendado em cada região representando cerca de, respectivamente, 0,62% e 0,27% do canavial. O município de São Sebastião conta com uma densidade demográfica de 101,59 hab/km² de acordo com o censo de 2010 e, um PIB per capita de 19.556,62 R\$ de acordo com o censo de 2020. Já Igreja nova apresenta densidade demográfica de 54,59 hab/km² de acordo com o censo de 2010 e, um PIB per capita de R\$17.825,92 de acordo com o censo de 2020.

4.3 Localização e exportação de projetos

Atualmente, a área total, própria e arrendada, da Usina Coruripe é separada em 2.026 talhões que são divididos em 298 blocos localizados em 8 fazendas administrativas. Para auxiliar na localização dessas áreas, os desenhos de todos os levantamentos topográficos do território da usina são sistematizados em pastas de moagem que são renovadas a cada safra.

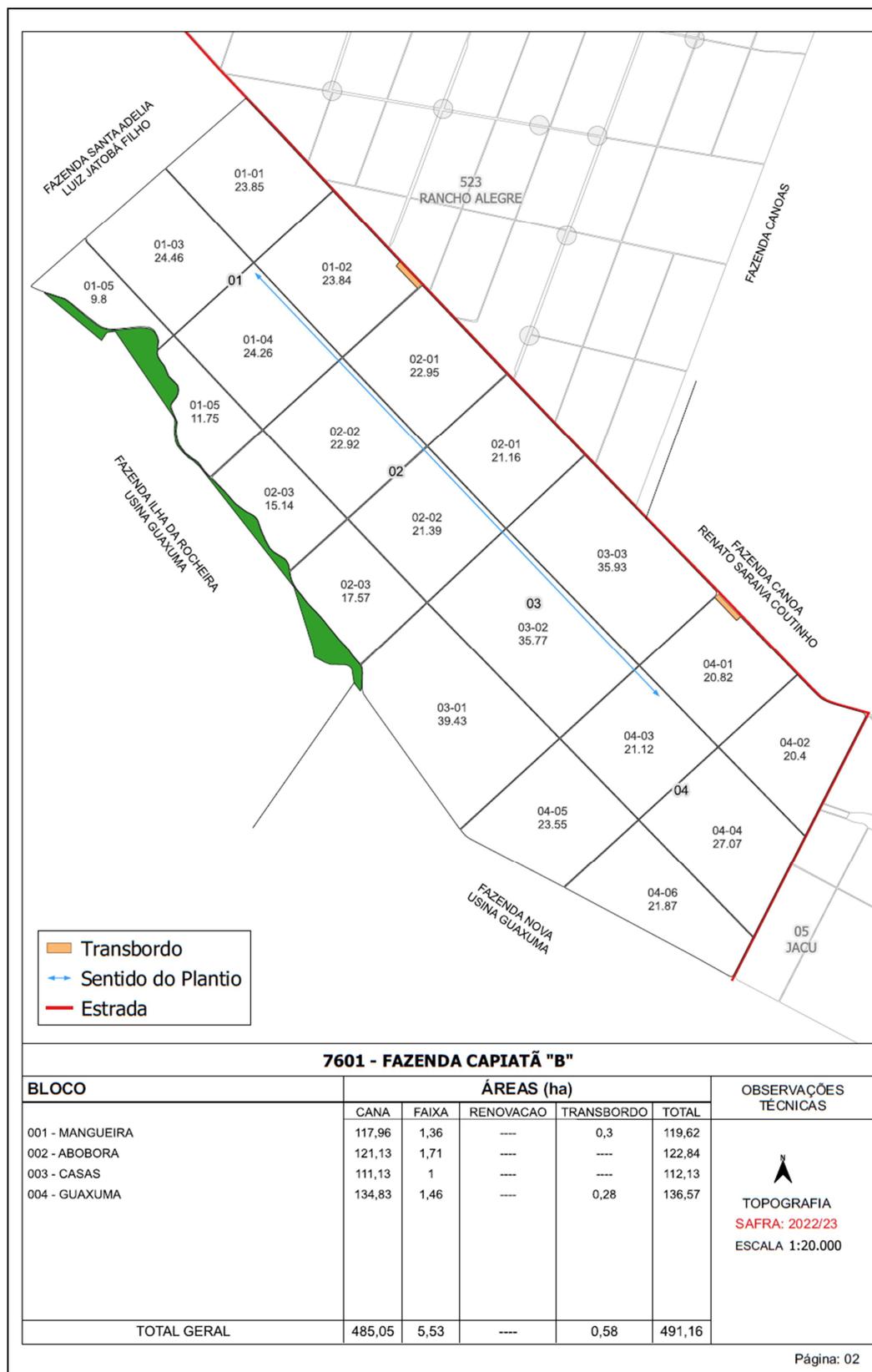
Além dos desenhos, também são adicionadas informações sobre área do talhão, área de moagem, corte, relevo e outros dados provenientes do banco de dados da

empresa. A cada safra são impressas, aproximadamente, 80 pastas de moagem com cerca de 85 folhas cada, contendo dados tanto na frente quanto no verso.

A Figura 09 mostra uma folha – frente da pasta de moagem, exibindo os talhões de 4 blocos. Dentro de cada talhão é possível ver o código do bloco, do talhão, e, abaixo, a área do talhão. Também é possível obter informações sobre as áreas de cana, faixa, renovação, transbordo e a área total de cada bloco e a soma dos blocos mostrados na folha.

A Figura 10 mostra uma folha – verso da pasta de moagem, exibindo uma tabela com as informações detalhadas dos talhões que aparecem na folha de frente. É possível ver informações sobre relevo, número de cortes, espaçamento, distância do talhão até a usina, variedade da cana plantada, solo, área de moagem e de reforma, data do último plantio e corte, dados de tonelada de cana colhida nas duas safras anteriores, atr (açúcar total recuperado), quantidade de quilos de açúcar por tonelada e idade média do canavial. No fim da página, destacado de vermelho, é possível verificar a localização dos talhões na fazenda administrativa.

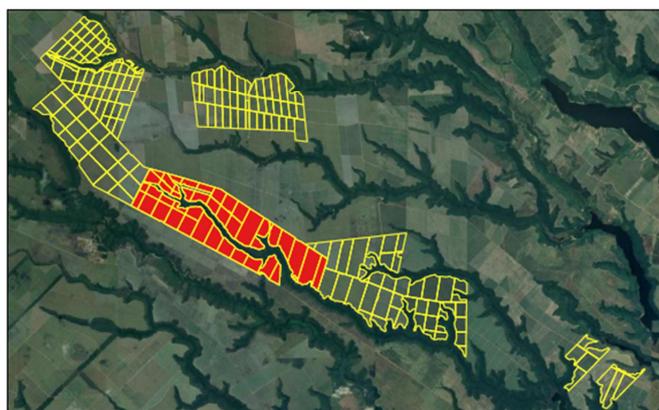
Figura 09: Pasta de Moagem - Frente



Fonte: Autora, 2023

Figura 10: Pasta de Moagem - Verso

FAZENDA	RELEVO	TALHAD	CORTE	ESP.	KM USINA	VARIEDADE	SOLO	AREA DE MOAGEM (ha)	AREA DE REFORMA (ha)	DATA PLANTIO	ULTIMO CORTE	TCH 2001	TCH 2122	ATR 2102	AÇÚCAR	IDADE
05 - 7601/JACU	TAB	001	4	1.5x0.5 m	40,00	RB 92-579	PAdx1	11,19	0	06/07/2018	02/10/2021	73,3	0	0	0	0
	TAB	002	4	1.5x0.5 m	40,00	RB 92-579	PAdx1	23,61	0	07/07/2018	04/10/2021	72,55	0	0	0	0
	TAB	003	4	1.5x0.5 m	40,00	RB 92-579	PAdx1	23,34	0	09/07/2018	05/10/2021	73,43	0	0	0	0
	TAB	004	4	1.5x0.5 m	40,00	RB 92-579	PAdx1	23,48	0	10/07/2018	28/09/2021	72,91	59,48	104,8644	6,16	10,9
	TAB	005	4	1.5x0.5 m	40,00	RB 92-579	PAdx1	34,35	0	17/07/2018	05/10/2021	73,49	0	0	0	0
	TAB	006	4	1.5x0.5 m	40,00	RB 92-579	PAdx1	38,91	0	17/07/2018	01/10/2021	74,54	69,07	107,3475	7,34	10,9
TOTAL DA FAZENDA 005 -->								154,88	0			73,5	65,45	106,4989	6,9	
06 - 7601/RODOVIARIA	TAB	001	2	1.0 m	40,00	RB 92-579	PAdx2	34,83	0	16/07/2020	28/09/2021	0	80,32	116,3553	9,39	0
	TAB	002	2	1.0 m	40,00	RB 92-579	PAdx2	25,31	0	17/07/2020	28/09/2021	0	89,69	116,1932	10,48	0
	TAB	003	2	1.0 m	40,00	RB 92-579	PAdx1	15,51	0	18/07/2020	28/09/2021	0	83,07	119,6585	10,05	0
	TAB	004	2	1.0 m	40,00	RB 92-579	PAdx1	15,51	0	18/07/2020	17/11/2021	0	83,83	134,8062	11,51	0
	TAB	005	2	1.0 m	40,00	RB 92-579	PAdx1	16,82	0	20/07/2020	17/11/2021	0	83,83	134,8062	11,51	0
	TAB	006	2	1.0 m	40,00	RB 92-579	PAdx1	20,76	0	21/07/2020	17/11/2021	0	83,83	134,8062	11,51	0
	TAB	007	2	1.0 m	40,00	RB 92-579	PAdx1	12,25	0	21/07/2020	17/11/2021	0	83,83	134,8062	11,51	0
TOTAL DA FAZENDA 006 -->								144,99	0			0	83,91	125,117	10,63	
07 - 7601/BAIXA SECA	TAB	001	1	1.5x0.5 m	35,00	RB 92-579	Indefinido	17,84	0	25/06/2021		0	0	0	0	0
	TAB	002	1	1.5x0.5 m	35,00	RB 92-579	PAdx1	18,07	0	26/06/2021		0	0	0	0	0
	TAB	003	1	1.5x0.5 m	35,00	RB 92-579	PAdx1	7,53	0	01/07/2021		0	0	0	0	0
	TAB	004	1	1.5x0.5 m	35,00	RB 92-579	PAdx1	6,03	0	03/08/2021		0	0	0	0	0
TOTAL DA FAZENDA 007 -->								49,57	0			0	0	0	0	0
08 - 7601/SEDE	TAB	001	0	1.5x0.5 m	40,00	RB 92-579	PAdx2	0	8,67	13/06/2016	06/12/2021	37,19	59,37	151,2702	9,18	12,37
	TAB	002	0	1.5x0.5 m	40,00	RB05651	PAdx2	0	9,34	13/06/2016	19/11/2021	29,58	64,84	136,2758	9	11,9
	TAB	003	0	1.5x0.5 m	40,00	RB011540	PAdx2	0	9,17	13/06/2016	19/11/2021	47,2	64,84	136,2758	9	11,9
	TAB	004	0	1.5x0.5 m	40,00	RB 92-579	PAdx2	0	13,35	14/06/2016	06/12/2021	42,97	55,06	142,7073	8	12,37
	TAB	005	0	1.5x0.5 m	40,00	RB 92-579	PAdx2	0	26,63	16/06/2016	19/11/2021	62,41	64,84	136,2758	9	12,43
	TAB	006	0	1.5x0.5 m	40,00	RB 92-579	PAdx2	0	32,75	16/06/2016	19/11/2021	50,3	64,84	136,2758	9	12,43
	TAB	007	0	1.5x0.5 m	40,00	RB 92-579	PAdx2	0	39,79	17/06/2016	19/11/2021	42,07	64,84	136,2758	9	12,43
TOTAL DA FAZENDA 008 -->								0	139,7			47,16	63,57	137,6695	8,91	
09 - 7601/LAGOA DO JACARE	TAB	001	2	1.0 m	40,00	RB 92-579	PAdx2	50,99	0	24/07/2020	20/11/2021	0	102,96	136,5637	14,33	0
	TAB	002	2	1.0 m	40,00	RB 92-579	PAdx2	24,38	0	23/07/2020	20/11/2021	0	102,96	136,5637	14,33	0
TOTAL DA FAZENDA 009 -->								75,37	0			0	102,96	136,5637	14,33	
10 - 7601/TRIANGULO	TAB	001	4	1.5x0.5 m	40,00	RB 92-579	PAdx2	17,97	0	13/07/2018	25/11/2021	87,83	66,64	135,2999	9,16	12,47
	TAB	002	4	1.5x0.5 m	40,00	RB 92-579	PAdx2	26,27	0	14/07/2018	25/11/2021	78,59	66,64	135,2999	9,16	12,47
	TAB	003	4	1.5x0.5 m	40,00	RB 92-579	PAdx2	41,55	0	12/07/2018	25/11/2021	76,74	66,64	135,2999	9,16	12,47
	TAB	004	4	1.5x0.5 m	40,00	RB 92-579	PAdx2	45,85	0	13/07/2018	25/11/2021	81,41	66,64	135,2999	9,16	12,47
	TAB	005	4	1.5x0.5 m	40,00	RB 92-579	PAdx2	19,92	0	16/07/2018	25/11/2021	95,46	66,64	135,2999	9,16	12,47
TOTAL DA FAZENDA 010 -->								151,66	0			82,24	66,64	135,2999	9,16	



Fonte: Autora, 2023

O setor de topografia da usina Coruripe possui uma base cartográfica em CAD contendo vários tipos de erros como polígonos abertos e ausência de dados. Por este motivo, a primeira etapa para a execução do SIG constituiu-se na procura por desenhos de talhões com levantamentos topográficos mais recentes.

Os levantamentos topográficos são realizados por blocos, sendo levantado o conjunto de talhões que a ele pertence e os demais elementos presentes. Existem vários elementos, além dos talhões, que compõem um bloco. São eles: Tanques de vinhaça, Casas de Bomba e Captações, Pontos de Bombeamento, Marcos Geodésicos, Estações Meteorológicas, Canais, Adutoras e Rede Elétrica.

A ordem da busca aconteceu por blocos. Ao localizar os desenhos uma análise rápida foi feita através do *software AutoCad Civil 3D 2021* buscando minimizar os erros mais evidentes. Antes de realizar a exportação foi observado se os polígonos estavam corretamente desenhados nos pontos de levantamento e se existiam polígonos abertos.

Algumas áreas, como as que utilizam gotejo como tipo de irrigação, não contém dados de levantamentos topográficos, sendo realizados a medida em que o canal é renovado. Porém, existem arquivos anteriores destas áreas no formato *shapfile* e, por este motivo, as demais áreas foram exportadas no mesmo formato, utilizando o *software AutoCad Civil 3D 2021*, a fim de fazer a junção de todas em um único arquivo para a base cartográfica em SIG.

As matas, assim como as Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN), as barragens e as áreas de fornecedores foram exportadas da antiga base cartográfica e as áreas certificadas foram exportadas dos levantamentos topográficos das glebas rurais pertencentes a usina.

4.4 Projeção de camadas

Para a realização dos levantamentos topográficos são utilizados marcos geodésicos que são posicionadas próximos aos blocos. Para a criação desses marcos são escolhidos os locais, é feito o rastreamento por Posicionamento por Ponto Preciso (PPP) e depois o processamento por triangulação com referência na Rede Brasileira

de Monitoramento Contínuo (RBMC) utilizando as estações geodésicas localizadas em Maceió (AL), Arapiraca (AL) e em Aracaju (SE).

Até ano passado, na Usina Coruripe, esses marcos eram rastreados usando o sistema de referência de coordenadas SAD69 no sistema de coordenadas UTM zona 24S. No ano de 2022, esse rastreo passou a ser realizado no sistema de referência de coordenadas SIRGAS 200 / UTM zona 24S. O motivo desta mudança é que o Sirgas 2000 foi definido como o sistema padrão na América para a manipulação de dados espaciais a partir do ano 2000.

A Usina conta com um total de 57 marcos geodésicos distribuídos ao longo de toda região, sendo 15 em Sirgas 2000. Por apresentar uma grande quantidade, essa transição ainda não foi realizada em todos, por este motivo, se faz necessário converter os vetores para um único sistema de referência. Ao serem exportados, todos os arquivos vetoriais que estavam em SAD69 foram projetados para o sistema de referência de coordenadas SIRGAS 2000 / UTM zona 24S através de transformação realizada no *software QGis 3.10.10*.

4.5 Cadastro de arquivos vetoriais

À medida que as exportações aconteciam, os arquivos eram adicionados ao *software QGis versão 3.10.10* para terem seus dados cadastrados através da edição da tabela de atributos. Na tabela dos talhões foram adicionadas 7 colunas (Figura 11), sendo elas:

“UNIDADE” – Campo de texto (*string*) com comprimento de 2 caracteres que recebe o código de unidade da empresa;

“FAZENDA” - Campo de texto (*string*) com comprimento de 4 caracteres que recebe o código de fazenda administrativa na qual o talhão está locado;

“BLOCO” - Campo de texto (*string*) com comprimento de 4 caracteres que recebe o código de cadastro do bloco no qual o talhão faz parte;

“TALHÃO” - Campo de texto (*string*) com comprimento de 3 caracteres que recebe o código de cadastro do talhão;

“NOME” - Campo de texto (*string*) com comprimento de 50 caracteres que recebe o nome do bloco no qual o talhão faz parte;

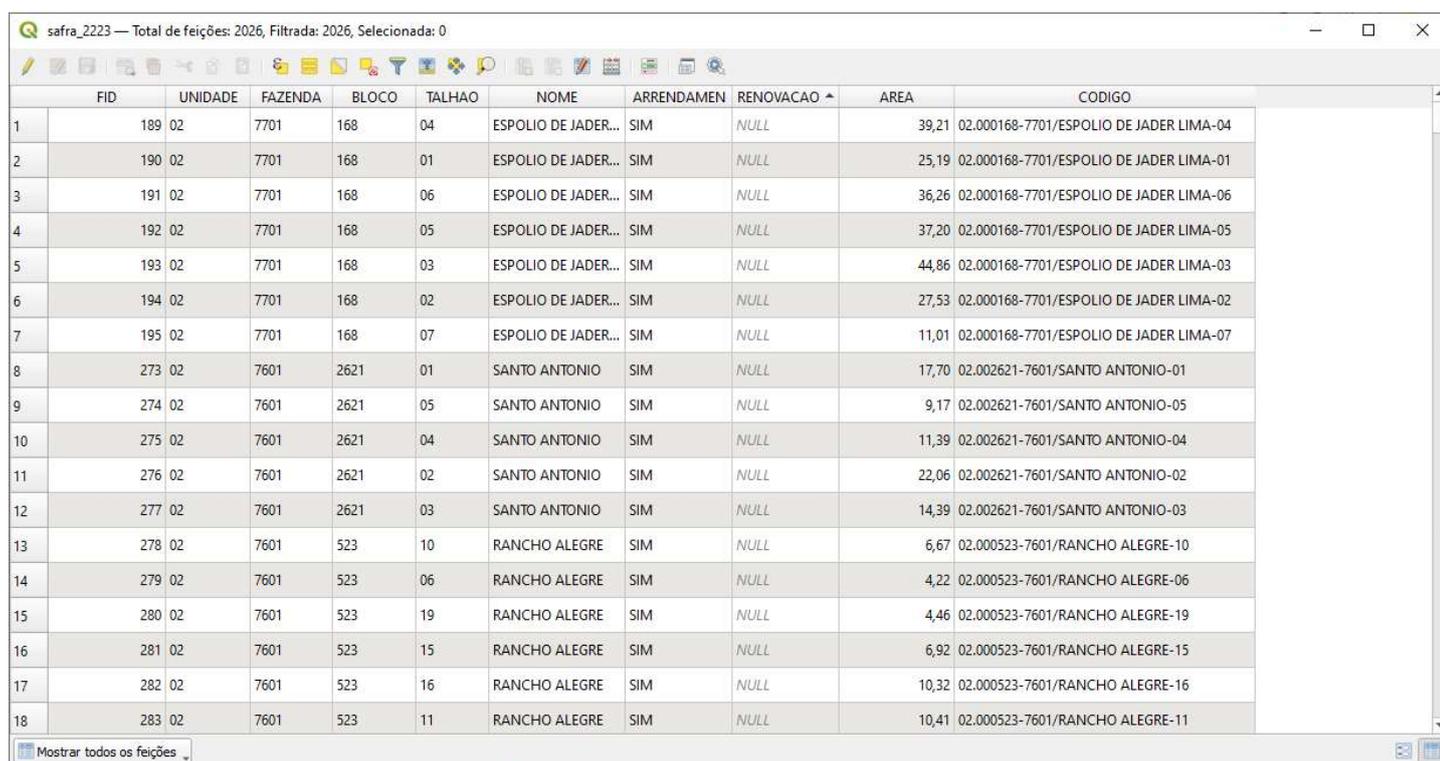
“ARRENDAMENTO” - Campo de texto (*string*) com comprimento de 3 caracteres que determina as áreas de arrendamento;

“RENOVAÇÃO” - Campo de texto (*string*) com comprimento de 3 caracteres que determina as áreas onde haverá renovação do canavial;

As cinco primeiras colunas foram preenchidas com os valores correspondentes as informações do banco de dados e as duas últimas de acordo com os dados da safra.

Alguns talhões são repartidos em mais de uma porção, gerando assim, mais de um polígono que recebe a mesma codificação. Considerando que as informações cadastradas no banco de dados correspondem a área total do talhão, cada polígono que recebe codificação exatamente igual foi mesclado visando um melhor e mais correto manuseio dos dados.

Figura 11: Tabela de atributos da nova camada vetorial



	FID	UNIDADE	FAZENDA	BLOCO	TALHAO	NOME	ARRENDAMEN	RENOVACAO	AREA	CODIGO
1		189 02	7701	168	04	ESPOLIO DE JADER...	SIM	NULL	39,21	02.000168-7701/ESPOLIO DE JADER LIMA-04
2		190 02	7701	168	01	ESPOLIO DE JADER...	SIM	NULL	25,19	02.000168-7701/ESPOLIO DE JADER LIMA-01
3		191 02	7701	168	06	ESPOLIO DE JADER...	SIM	NULL	36,26	02.000168-7701/ESPOLIO DE JADER LIMA-06
4		192 02	7701	168	05	ESPOLIO DE JADER...	SIM	NULL	37,20	02.000168-7701/ESPOLIO DE JADER LIMA-05
5		193 02	7701	168	03	ESPOLIO DE JADER...	SIM	NULL	44,86	02.000168-7701/ESPOLIO DE JADER LIMA-03
6		194 02	7701	168	02	ESPOLIO DE JADER...	SIM	NULL	27,53	02.000168-7701/ESPOLIO DE JADER LIMA-02
7		195 02	7701	168	07	ESPOLIO DE JADER...	SIM	NULL	11,01	02.000168-7701/ESPOLIO DE JADER LIMA-07
8		273 02	7601	2621	01	SANTO ANTONIO	SIM	NULL	17,70	02.002621-7601/SANTO ANTONIO-01
9		274 02	7601	2621	05	SANTO ANTONIO	SIM	NULL	9,17	02.002621-7601/SANTO ANTONIO-05
10		275 02	7601	2621	04	SANTO ANTONIO	SIM	NULL	11,39	02.002621-7601/SANTO ANTONIO-04
11		276 02	7601	2621	02	SANTO ANTONIO	SIM	NULL	22,06	02.002621-7601/SANTO ANTONIO-02
12		277 02	7601	2621	03	SANTO ANTONIO	SIM	NULL	14,39	02.002621-7601/SANTO ANTONIO-03
13		278 02	7601	523	10	RANCHO ALEGRE	SIM	NULL	6,67	02.000523-7601/RANCHO ALEGRE-10
14		279 02	7601	523	06	RANCHO ALEGRE	SIM	NULL	4,22	02.000523-7601/RANCHO ALEGRE-06
15		280 02	7601	523	19	RANCHO ALEGRE	SIM	NULL	4,46	02.000523-7601/RANCHO ALEGRE-19
16		281 02	7601	523	15	RANCHO ALEGRE	SIM	NULL	6,92	02.000523-7601/RANCHO ALEGRE-15
17		282 02	7601	523	16	RANCHO ALEGRE	SIM	NULL	10,32	02.000523-7601/RANCHO ALEGRE-16
18		283 02	7601	523	11	RANCHO ALEGRE	SIM	NULL	10,41	02.000523-7601/RANCHO ALEGRE-11

Fonte: Autora, 2023

Finalizado o cadastro do novo vetor criado, os demais arquivos vetoriais também foram adicionados ao *software QGis versão 3.10.10* para a adição de suas informações e posteriormente unidos em um único vetor de acordo com sua categoria.

Todos os arquivos vetoriais dos demais elementos exportados receberam os campos “FAZENDA” e “BLOCO”, com a mesma configuração que a camada de talhões. Porém, algumas receberam novas colunas:

➤ Casas de Bomba e Captações

“NOME” - Campo de texto (*string*) com comprimento de 50 caracteres que recebe o nome, indicado pelos fiscais de campo, da casa de bomba / captação.

➤ Pontos de Bombeamento

“PONTO” - Campo de número inteiro com comprimento de 3 caracteres que recebe o número de identificação, indicado pelos fiscais de campo, de cada ponto de bombeamento.

➤ Bases (Marcos geodésicos)

“N SAD” e “E SAD” - Campo de número decimal (real) com comprimento de 20 caracteres numéricos e precisão de 3 casas decimais que recebe as coordenadas norte e leste no sistema de referência de coordenadas SAD69 / UTM zona 24S, provenientes de levantamentos topográficos;

“N SIR” e “E SIR” - Campo de número decimal (real) com comprimento de 20 caracteres e precisão de 3 casas decimais que recebe as coordenadas norte e leste no sistema de referência de coordenadas SIRGAS 2000 / UTM zona 24S, provenientes de levantamentos topográficos;

“LAT” e “LONG” - Campo de número decimal (real) com comprimento de 20 caracteres e precisão de 3 casas decimais que recebe latitude e longitude, coordenadas geográficas no sistema de referência de coordenadas SIRGAS 2000, provenientes de conversão, realizada no *software QGis versão 3.10.10*, de levantamentos topográficos;

“ELEV” - Campo de número decimal (real) com comprimento de 20 caracteres e precisão de 3 casas decimais que recebe os dados de elevação do ponto, provenientes de levantamentos topográficos.

➤ Estações Meteorológicas

“ALCANCE” - Campo de número inteiro com comprimento de 2 caracteres que recebe o valor do raio de alcance da estação, dado enviado pelo administrador das estações.

Assim como na camada de Marcos geodésicos, esta camada também recebe as colunas de coordenadas.

➤ Barragem

“NOME” - Campo de texto (*string*) com comprimento de 50 caracteres que recebe o nome dado a barragem;

“VOLUME” - Campo de número decimal (real) com comprimento de 20 caracteres e precisão de 3 casas decimais que recebe o volume da barragem.

➤ Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN)

“NOME” - Campo de texto (*string*) com comprimento de 50 caracteres que recebe o nome da reserva;

“PROPRIEDA” - Campo de texto (*string*) com comprimento de 50 caracteres que recebe o nome da propriedade onde se localiza a reserva;

“MATRICULA” - Campo de texto (*string*) com comprimento de 50 caracteres que recebe a matrícula da propriedade onde se localiza a reserva;

“CNS” - Campo de texto (*string*) com comprimento de 50 caracteres que recebe o código do cartório de registro de imóveis da propriedade onde se localiza a reserva;

“PROPRIETAR” - Campo de texto (*string*) com comprimento de 50 caracteres que recebe o nome do proprietário do terreno onde se localiza a reserva;

“AREA_MATA” - Campo de número decimal (real) com comprimento de 20 caracteres e precisão de 3 casas decimais que recebe a área de mata da reserva.

➤ Propriedades Certificadas

“AREA_SGL” - Campo de número decimal (real) com comprimento de 20 caracteres e precisão de 2 casas decimais que recebe a área no sistema geodésico local, em hectare, de cada talhão;

“AREA_PLN” - Campo de número decimal (real) com comprimento de 20 caracteres e precisão de 2 casas decimais que recebe a área plana total, em hectare, de cada talhão.

Além destas colunas, também são adicionadas “PROPRIEDA”, “MATRICULA”, “CNS” e “PROPRIETAR”, com a mesma configuração da camada RPPN.

➤ Fornecedores

“NOME” - Campo de texto (*string*) com comprimento de 50 caracteres que recebe o nome de cadastro do terreno;

“PROPRIETAR” - Campo de texto (*string*) com comprimento de 50 caracteres que recebe o nome do proprietário do terreno;

“COD_PROPR” - Campo de texto (*string*) com comprimento de 50 caracteres que recebe o código de cadastro do proprietário do terreno;

“AREA” - Campo de número decimal (real) com comprimento de 20 caracteres e precisão de 2 casas decimais que recebe a área do terreno, em hectares.

“RENOVABIO” - Campo de texto (*string*) com comprimento de 50 caracteres que recebe o código para o Renovabio (Política Nacional de Biocombustíveis);

4.6 Verificações e correções topológicas

A fim de eliminar completamente os erros que não foram identificados nas análises prévias foi realizada uma nova verificação topológica, desta vez no novo vetor

criado, utilizando a ferramenta “verificador de topologia” do *software Qgis 3.10.10* buscando verificar a existência de geometrias inválidas e sobreposições entre os polígonos.

4.7 Estruturação de dados

Os dados sobre todas as áreas de atuação da usina Coruripe são encontrados no Gestão Coruripe – banco de dados utilizado na empresa baseado em *Oracle*. Essas informações são disponibilizadas para consulta diretamente no *software*, mas também é possível realizar o download do arquivo como planilha no formato *xls*.

As informações necessárias não se encontram em um único local havendo a necessidade de se baixar mais de uma planilha para que ocorra a aquisição de todos os dados a fim de realizar a junção com a base cartográfica. Neste processo, algumas dificuldades foram encontradas.

O Qgis não reconhece a formatação das planilhas provenientes do banco de dados e apenas a primeira linha de cada bloco contém codificação. Dessa forma, apenas os primeiros talhões de cada bloco apresentam a codificação que será utilizada para a união da planilha com a camada vetorial (Figura 12). Por isso, foi necessário o preenchimento de todas as linhas que continham informações sobre os talhões.

Outra situação encontrada foi que em alguns blocos no espaço onde deveria estar descrito o código da fazenda administrativa estava descrito o nome da fazenda na qual o bloco faz parte já em outros blocos acontecia o inverso. Por este motivo, foi realizada uma verificação e alteração nos blocos que apresentavam algo diferente no cadastro com o objetivo de manter tudo no mesmo padrão.

FIGURA 12: Planilha com dados de irrigação proveniente do banco de dados da empresa

produtividade pasta safra 2122.xls - Excel

Joyce Dias dos Santos

L338

1 Usina Coruripe
2 Coruripe
3 Controles Agrícolas

Produtividade GLOBAL - [Talhões Fechados]
Safr: 2021/22 - Período: 02/09/21 a 29/03/22 - Estimativa: [Atual]

Fazenda	Talhão	Irrigação	Tipo de Irrigação	Área Total (ha)	(%) da Área Total	Área Colhida (ha)	Produção Colhida (TON)	TCH Colhida	Área a Colher (ha)	Produção a Colher (TON)	TCH a Colher	Área Moagem (ha)	Produção Estimada (TON)	Pr Estiu
02.000001-7601/MANGUEIRA	1	Não Irrigada	Não Irrigável	23,84	0,08	23,84	1493,63	62,65	0	0	0	23,84	1549,6	
	2	Não Irrigada	Não Irrigável	23,85	0,08	23,85	1494,25	62,65	0	0	0	23,85	1550,25	
	3	Não Irrigada	Não Irrigável	24,45	0,08	24,45	1531,84	62,65	0	0	0	24,45	1589,25	
	4	Não Irrigada	Não Irrigável	24,25	0,08	24,25	1519,31	62,65	0	0	0	24,25	1576,25	
	5	Não Irrigada	Não Irrigável	21,54	0,07	21,54	1349,53	62,65	0	0	0	21,54	1400,1	
Total da Fazenda 02.000001 =>				117,93	100	117,93	7388,56	62,65	0	0	0	117,93	7665,45	
02.000002-7601/ABOBORA	1	Não Irrigada	Não Irrigável	44,1	0,14	44,1	3332,74	75,57	0	0	0	44,1	2866,5	
	2	Não Irrigada	Não Irrigável	44,3	0,14	44,3	3347,86	75,57	0	0	0	44,3	3101	
	3	Não Irrigada	Não Irrigável	32,7	0,1	32,7	2471,22	75,57	0	0	0	32,7	2452,5	
Total da Fazenda 02.000002 =>				121,1	100	121,1	9151,82	75,57	0	0	0	121,1	8420	
02.000003-7601/CASAS	1	Não Irrigada	Não Irrigável	39,43	0,13	39,43	2573,07	65,26	0	0	0	39,43	2760,1	
	2	Não Irrigada	Não Irrigável	35,76	0,11	35,76	2333,58	65,26	0	0	0	35,76	2503,2	
	3	Não Irrigada	Não Irrigável	35,92	0,11	35,92	2337,49	65,26	0	0	0	35,92	2507,4	
Total da Fazenda 02.000003 =>				111,11	100	111,01	7244,14	65,26	0	0	0	111,01	7770,7	
02.000004-7601/SUNYMA	1	Não Irrigada	Não Irrigável	20,82	0,07	20,82	1520,58	73,03	0	0	0	20,82	1457,4	
	2	Não Irrigada	Não Irrigável	20,4	0,07	20,4	1489,9	73,03	0	0	0	20,4	1428	
	3	Não Irrigada	Não Irrigável	21,11	0,07	21,11	1541,76	73,03	0	0	0	21,11	1477,7	
	4	Não Irrigada	Não Irrigável	27,06	0,09	27,06	1976,31	73,03	0	0	0	27,06	1894,2	
	5	Não Irrigada	Não Irrigável	23,55	0,08	23,55	1719,96	73,03	0	0	0	23,55	1649,5	
	6	Não Irrigada	Não Irrigável	21,87	0,07	21,87	1597,26	73,03	0	0	0	21,87	1530,9	
Total da Fazenda 02.000004 =>				134,81	100	134,81	9845,77	73,03	0	0	0	134,81	9436,7	
02.000005-7601/JACU	1	Não Irrigada	Não Irrigável	11,19	0,04				0	0	0	0	0	
	2	Não Irrigada	Não Irrigável	23,6	0,08				0	0	0	0	0	
	3	Não Irrigada	Não Irrigável	23,58	0,08				0	0	0	0	0	

Planilha 1

Fonte: Autora, 2023

As informações baixadas do banco de dados foram as áreas de moagem, de muda, de reforma e de venda, espaçamento e tipo de espaçamento, variedade da muda plantada, relevo do terreno, número do corte, distância do talhão até a usina, tipo de solo, tipo de irrigação, data do último plantio e corte, data de encerramento de contrato das áreas de fornecedores, dados de tonelada de cana colhida nas duas safras anteriores, ATR (açúcar total recuperado), quantidade de quilos de açúcar por tonelada e idade média do canavial.

Para que houvesse a junção das tabelas com a base cartográfica foi criada uma nova coluna denominada “CODIGO” preenchida com a união das colunas “FAZENDA” e “TALHÃO” formando, assim, o código único de cada talhão da mesma forma que se encontra na camada vetorial (Figura 13). Desta forma, tendo colunas com dados iguais tanto no vetor quanto na planilha foi possível realizar a união para a aquisição dos dados.

Figura 13: Planilha com dados de irrigação editada e pronta para união

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	
1	Fazenda	Talhão	Irrigação	Tipo de Irrigação	Área Total (ha)	(%) da Área Total	Área Colhida	Produção TCH Colhida	Área Colhida										
2	02.000001-7601/MANGUEIRA	1	Não Irrigada	Não Irrigável	23,84	0,08	23,84	1493,63	62,65	0	0	0	23,84	1549,6	1549,6	65	65	-	
3	02.000001-7601/MANGUEIRA	2	Não Irrigada	Não Irrigável	23,85	0,08	23,85	1494,25	62,65	0	0	0	23,85	1550,25	1550,25	65	65	-	
4	02.000001-7601/MANGUEIRA	3	Não Irrigada	Não Irrigável	24,45	0,08	24,45	1531,84	62,65	0	0	0	24,45	1589,25	1589,25	65	65	-	
5	02.000001-7601/MANGUEIRA	4	Não Irrigada	Não Irrigável	24,25	0,08	24,25	1519,31	62,65	0	0	0	24,25	1576,25	1576,25	65	65	-	
6	02.000001-7601/MANGUEIRA	5	Não Irrigada	Não Irrigável	21,54	0,07	21,54	1349,53	62,65	0	0	0	21,54	1400,1	1400,1	65	65	-	
7																			
8	02.000002-7601/ABOBORA	1	Não Irrigada	Não Irrigável	44,1	0,14	44,1	3332,74	75,57	0	0	0	44,1	2866,5	2866,5	65	65	1	
9	02.000002-7601/ABOBORA	2	Não Irrigada	Não Irrigável	44,3	0,14	44,3	3347,86	75,57	0	0	0	44,3	3101	3101	70	70	0	
10	02.000002-7601/ABOBORA	3	Não Irrigada	Não Irrigável	32,7	0,1	32,7	2471,22	75,57	0	0	0	32,7	2452,5	2452,5	75	75	0	
11																			
12	02.000003-7601/CASAS	1	Não Irrigada	Não Irrigável	39,43	0,13	39,43	2573,07	65,26	0	0	0	39,43	2760,1	2760,1	70	70	-	
13	02.000003-7601/CASAS	2	Não Irrigada	Não Irrigável	35,76	0,11	35,76	2333,58	65,26	0	0	0	35,76	2503,2	2503,2	70	70	-	
14	02.000003-7601/CASAS	3	Não Irrigada	Não Irrigável	35,92	0,11	35,82	2337,49	65,26	0	0	0	35,82	2507,4	2507,4	70	70	-	
15																			
16	02.000004-7601/GUAXUMA	1	Não Irrigada	Não Irrigável	20,82	0,07	20,82	1520,58	73,03	0	0	0	20,82	1457,4	1457,4	70	70	0	
17	02.000004-7601/GUAXUMA	2	Não Irrigada	Não Irrigável	20,4	0,07	20,4	1489,9	73,03	0	0	0	20,4	1428	1428	70	70	0	
18	02.000004-7601/GUAXUMA	3	Não Irrigada	Não Irrigável	21,11	0,07	21,11	1541,76	73,03	0	0	0	21,11	1477,7	1477,7	70	70	0	
19	02.000004-7601/GUAXUMA	4	Não Irrigada	Não Irrigável	27,06	0,09	27,06	1976,31	73,03	0	0	0	27,06	1894,2	1894,2	70	70	0	
20	02.000004-7601/GUAXUMA	5	Não Irrigada	Não Irrigável	23,55	0,08	23,55	1719,96	73,03	0	0	0	23,55	1648,5	1648,5	70	70	0	
21	02.000004-7601/GUAXUMA	6	Não Irrigada	Não Irrigável	21,87	0,07	21,87	1597,26	73,03	0	0	0	21,87	1530,9	1530,9	70	70	0	
22																			
23	02.000005-7601/JACU	1	Não Irrigada	Não Irrigável	11,19	0,04				0	0	0	0	0					
24	02.000005-7601/JACU	2	Não Irrigada	Não Irrigável	23,6	0,08				0	0	0	0	0					
25	02.000005-7601/JACU	3	Não Irrigada	Não Irrigável	23,58	0,08				0	0	0	0	0					
26	02.000005-7601/JACU	4	Não Irrigada	Não Irrigável	23,47	0,07	23,47	1395,94	59,48	0	0	0	23,47	1642,9	1642,9	70	70	-1	
27	02.000005-7601/JACU	5	Não Irrigada	Não Irrigável	34,06	0,11				0	0	0	0	0					
28	02.000005-7601/JACU	6	Não Irrigada	Não Irrigável	38,79	0,12	38,79	2679,06	69,07	0	0	0	38,79	2715,3	2715,3	70	70	-	
29																			
30	02.000006-7601/RODOVIARIA	1	Não Irrigada	Não Irrigável	34,82	0,11	34,82	2796,84	80,32	0	0	0	34,82	2785,6	2785,6	80	80	0	
31	02.000006-7601/RODOVIARIA	2	Não Irrigada	Não Irrigável	25,3	0,08	25,3	2269,12	89,69	0	0	0	25,3	2024	2024	80	80	1	
32	02.000006-7601/RODOVIARIA	3	Não Irrigada	Não Irrigável	18,5	0,06	18,5	1536,82	83,07	0	0	0	18,5	1480	1480	80	80	0	
33	02.000006-7601/RODOVIARIA	4	Não Irrigada	Não Irrigável	15,61	0,05	15,61	1308,53	83,83	0	0	0	15,61	1248,8	1248,8	80	80	0	

Fonte: Autora, 2023

4.8 Manipulação de camadas geoespaciais

Para que mais de uma pessoa possa editar as camadas de forma simultânea sem que haja necessidade de substituição do arquivo na pasta, a cada atualização as camadas foram importadas para um banco de dados.

Possuindo todas as camadas corrigidas e com suas devidas informações na tabela de atributos estas foram importadas para um banco de dados geoespacial utilizando a extensão geoespacial *postGIS versão 3.0.3* do sistema de gerenciamento de banco de dados relacionais *postgreSQL versão 12.8-1*.

Para que o uso dos dados ocorresse de forma simples e rápida o compartilhamento dos dados espaciais aconteceu por meio do servidor de mapas *GeoServer versão 2.15.1*. O software permite diversos formatos de saída e utiliza dos padrões OGC como *Web Feature Service (WFS)* e *Web Map Service (WMS)*.

4.9 Criação do Sig Web

Para a publicação do mapa em ambiente *web* foi utilizado um código, escrito no editor de código-fonte *Notepad++ versão 7.8.8*, na linguagem de programação *JavaScript* junto a biblioteca de mapas interativos *Leaflet versão 1.7.1* e alguns de seus *plugins*. Por ser de código aberto a biblioteca é muito utilizada na produção de mapas *web*. Para a publicação na rede foi utilizado o servidor *web Apache versão 2.0*.

Dentre os serviços de saída do GeoServer lidos pela biblioteca *leaflet* o mais direto é o WMS, podendo ser adicionado sem a necessidade de *plugin*. Porém, o serviço WMS apresenta os dados em raster, não sendo possível acessar as informações das camadas. Por este motivo, o serviço escolhido para a publicação da camada foi o WFS que apresenta os dados em sua forma vetorial permitindo, assim, acesso as propriedades das camadas.

Contudo, a biblioteca *Leaflet* não aceita diretamente os serviços WFS (*Web Feature Service*) mas aceita o formato GeoJSON, arquivo contendo informações espaciais e seus atributos não espaciais. Através do GeoServer as camadas podem ser disponibilizadas no formato GeoJSON por meio de uma URL que foi inserida no código através de um *plugin*.

Por se tratar de arquivos vetoriais, as camadas não vêm com estilos predeterminados por este motivo, recebem personalização de estilos diretamente no código-fonte. As classificações dos mapas temáticos (mapas de base) foram realizadas em formato coroplético, usando a biblioteca *JavaScript Leaflet e plugins*, utilizando como referência as colunas das camadas. Além dos estilos, algumas camadas receberam configurações de zoom e popup.

Foram adicionados ao mapa itens como título, imagem, legenda e escala e, utilizando dos *plugins* foi possível adicionar diversas opções como visualização em tela cheia, extensão de zoom, barra de coordenadas, barra de pesquisa e controle de medidas.

4.10 Atualização de dados

As atualizações no banco de dados da empresa (Gestão Coruripe) são constantes. As maiores acontecem antes do início de cada safra, quando são realizados os novos levantamentos topográficos, para a elaboração dos projetos de plantio, modificando não só as áreas como também os polígonos.

Durante a moagem, há algumas alterações menores referentes a áreas de moagem, de venda, os valores de tonelada de cana por hectare que foi colhido até o momento, entre outras mudanças.

Como o banco de dados utilizado não é espacial e não tem vínculo direto com *postgresql*, para que a atualização seja direta sempre que há alguma alteração uma nova planilha é baixada e ajustada sendo necessário que aconteça novamente todo o processo da estruturação de dados gerando, no final, um novo vetor com as novas informações a fim de substituir o antigo.

Visto que as camadas estão hospedadas em um banco de dados, para que haja uma substituição o arquivo já hospedado precisaria ser removido uma vez que não é possível sobrescrever arquivos com o mesmo nome.

Essa troca só acontece antes do início da safra, considerando que não são atualizadas apenas as informações sobre os talhões, mas também os polígonos das áreas. Para as atualizações menores, realizadas ao longo da época de moagem, um código em *python* foi criado para realizar todo esse processo de forma automatizada.

O código abre o vetor, que está hospedado no *postgresql*, e a nova tabela estruturada em um projeto no QGis, executa a união através das colunas iguais, habilita sua edição e substitui os dados antigos pelos novos. Desta forma, ocorre a atualização dos dados sem a necessidade de substituição da camada.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Dentre as solicitações que o setor de topografia da Usina Coruripe recebe constantemente o maior número de pedidos consiste na confecção de mapas que são usados para visualização de informações de forma momentânea resultando em muitas demandas.

Para a produção desses mapas era utilizada uma base cartográfica desatualizada e, como todos os arquivos estavam em CAD, todas as classificações eram feitas manualmente. Com a transição desta base para um SIG as produções de mapas ficaram automatizadas utilizando como classificação as colunas com informações provenientes do próprio banco de dados.

Durante a procura dos levantamentos topográficos existentes foi verificado que, de 271 blocos, 213 tinham levantamentos completos, 17 faltavam ao menos um talhão e 41 não tinham nenhum tipo de levantamento. Destes, 11 são áreas de gotejo que só podem ser levantadas em época de renovação e leva, em média, 15 anos para que isso aconteça.

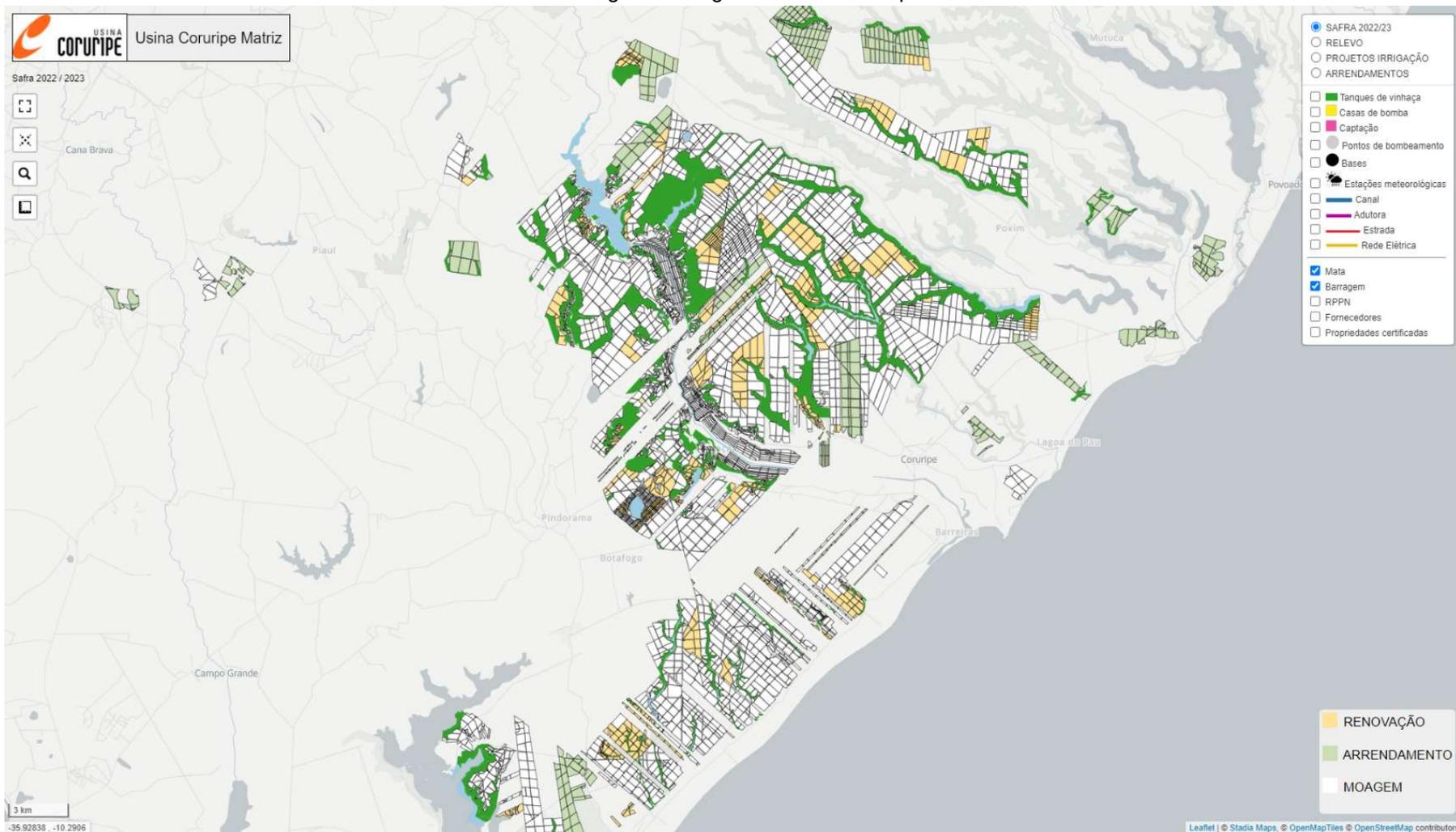
Para a composição da nova base cartográfica em SIG foram utilizados os levantamentos existentes, e, nas áreas onde não existem levantamentos, os dados foram exportados da base cartográfica antiga, com exceção das 6 áreas de gotejo encontradas no formato *shapefile*. Depois, todos os arquivos foram unidos em um único arquivo vetorial formando a nova base cartográfica.

Ao realizar a verificação topológica na nova base cartográfica foram encontradas 66 geometrias inválidas e 132 sobreposições. Identificados os problemas, os polígonos que continham erros de geometrias inválidas foram corrigidos e uma planilha de excel foi montada listando as áreas que apresentaram sobreposição para que seja executado novos levantamentos de campo.

Com a nova base cartográfica atrelada aos dados do banco de dados foi possível realizar a criação do Sig Web. O Sig Web criado (Figura 14) possibilita que todos os colaboradores possam ter acesso a essas informações do local onde estiverem de maneira rápida e simples através de um link disponibilizado sem a necessidade de impressões havendo assim, redução de custos. Por enquanto, por ainda estar

operando em um servidor virtual, a plataforma só pode ser acessada se o dispositivo utilizado para acesso estiver conectado na rede da empresa.

Figura 14: Sig Web Usina Coruripe



Fonte: Autora, 2023

O Sig Web exibe uma base proveniente do *OpenStreetMap* e apresenta diversos itens que ajudam na navegação conforme a preferência de visualização de cada setor de acordo com o serviço que necessitam.

Ao acessar a plataforma é possível observar no lado esquerdo a logo da empresa e o título do mapa além das opções de navegação que conta com quatro botões de ação. A primeira opção permite que o mapa seja visualizado em tela cheia enquanto na segunda opção o zoom é direcionado para o centro do mapa. A terceira alternativa é utilizada para pesquisar um determinado bloco na camada ativa. Ao pesquisar pelo código do bloco o zoom será direcionado para o centro dele. A quarta opção é utilizada para medição de distâncias e áreas.

No canto inferior esquerdo também é possível encontrar a barra de escala e as coordenadas do cursor.

Ao lado superior direito está localizado o quadro de controle de camadas que possibilita escolher o que será mostrado no mapa. Este quadro está dividido em duas partes, sendo a primeira composta pelas camadas de mapas de base e a segunda pelas camadas de sobreposição.

As camadas de base são compostas pela base cartográfica classificada de acordo com as informações do banco de dados cadastradas no vetor. As informações utilizadas nas classificações foram Renovação, Arrendamento, Relevo, Projetos de Irrigação e término do contrato de arrendamento.

As camadas de sobreposição foram divididas em duas partes. A primeira parte é formada pelos arquivos vetoriais dos demais elementos presentes em um bloco, são eles: tanques de vinhaça, casas de bomba e captação, pontos de bombeamento, estações meteorológicas, canais, adutoras, estrada, rede elétrica.

Na segunda parte, são encontradas as camadas de mata e barragem, Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN), áreas de fornecedores e propriedades certificadas.

5.1 Camadas de base

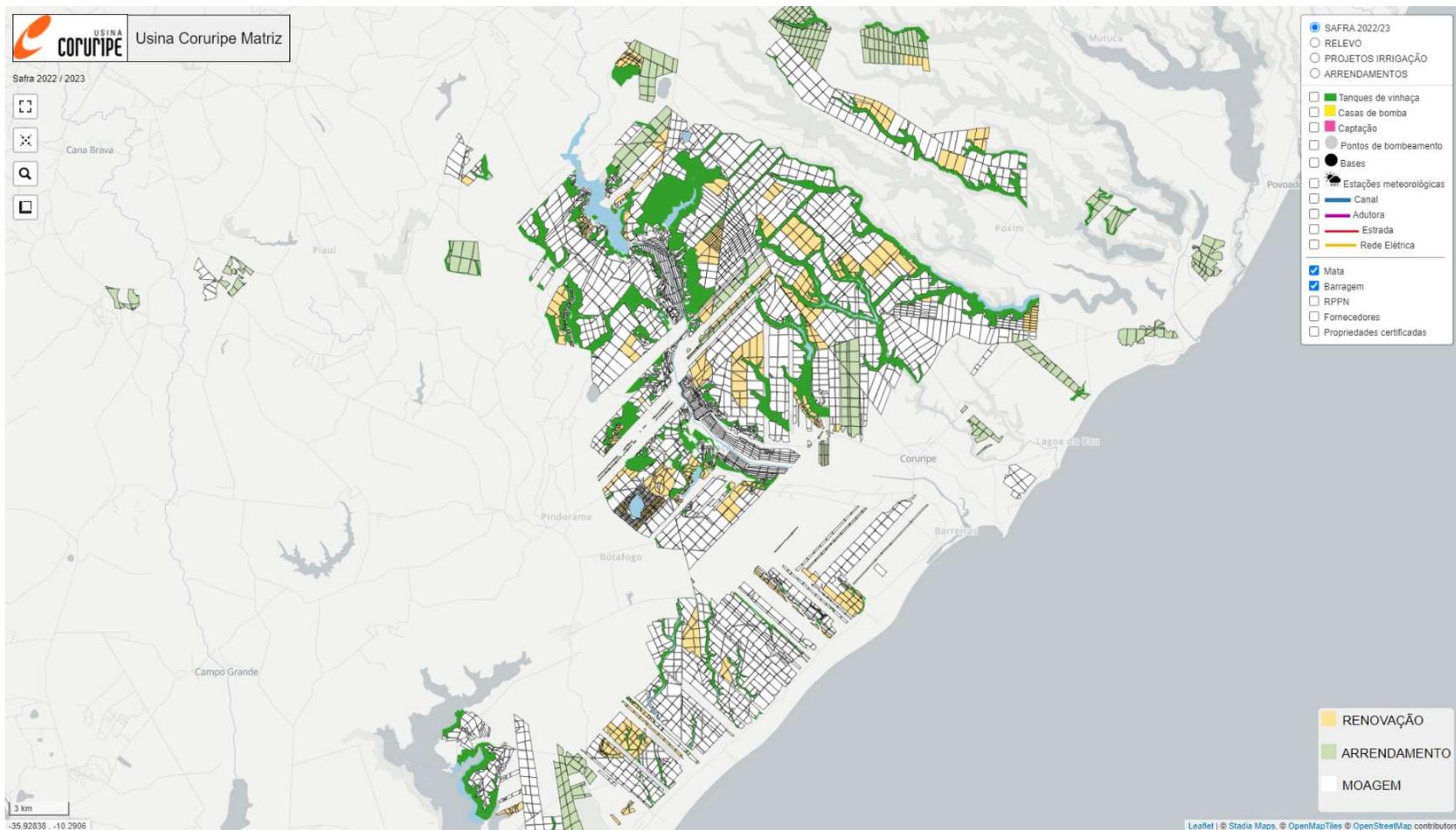
5.1.1 Moagem (safra 2022/23)

Ao acessar o Sig Web a página principal mostra a base cartográfica classificada de acordo com as colunas “RENOVACAO” E “ARRENDAMENTO”, da mesma forma que na pasta de moagem, apresentando os blocos arrendados e os talhões que serão renovados e colhidos na safra atual. (Figura 15).

Este é o mapa mais utilizado na empresa pois, a partir das informações presentes neste mapa temático, é possível realizar todo o planejamento da nova safra. A partir das informações sobre os talhões que terão o canavial renovado e a área de cada um é possível calcular os insumos necessários para a preparação do solo antes do plantio, tendo como exemplo a quantidade de calcário aplicado no solo no processo de calagem. Também é importante para o planejamento de aplicações de defensivos agrícolas, entre outras atividades operacionais.

Visualizar quais são os talhões de arrendamento é indispensável para que, por exemplo, não se coloque um tipo de irrigação que, em caso de encerramento de contrato, gere um alto custo para a retirada dos equipamentos.

Figura 15: Área de Moagem Usina Coruripe unidade Coruripe/AL disponível no Sig web

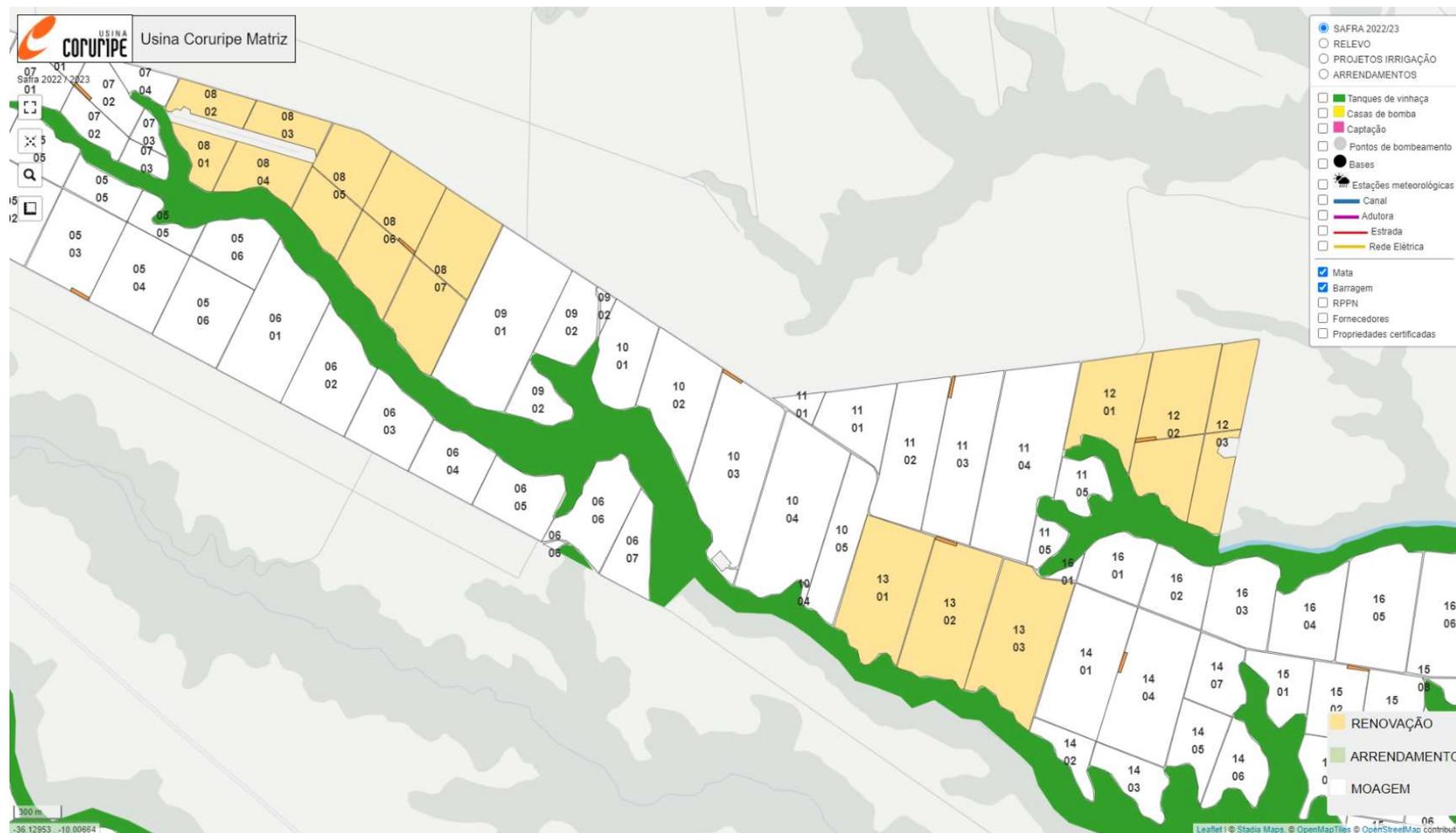


Fonte: Autora, 2023

Ao percorrer com o cursor do mouse sobre os talhões eles são destacados e, ao clicar, são exibidas as mesmas informações disponíveis nas pastas de moagem, referentes aos dados do talhão selecionado, que são provenientes do banco de dados da empresa. É possível que sejam adicionadas mais informações de acordo com o solicitado, algo que não pode acontecer nas pastas impressas por falta de espaço nas folhas.

Para que a visualização ficasse parecida com as pastas de moagem, todas as camadas de base foram rotuladas exibindo em cada polígono seu código de bloco e talhão (Figura 16), facilitando a localização das áreas a serem analisadas. Enquanto nas pastas o rótulo é fixo no Sig Web ele só é visível em um determinado nível de zoom evitando, assim, a aglomeração dos dados que dificultam a visualização.

Figura 16: Áreas de moagem com rótulos



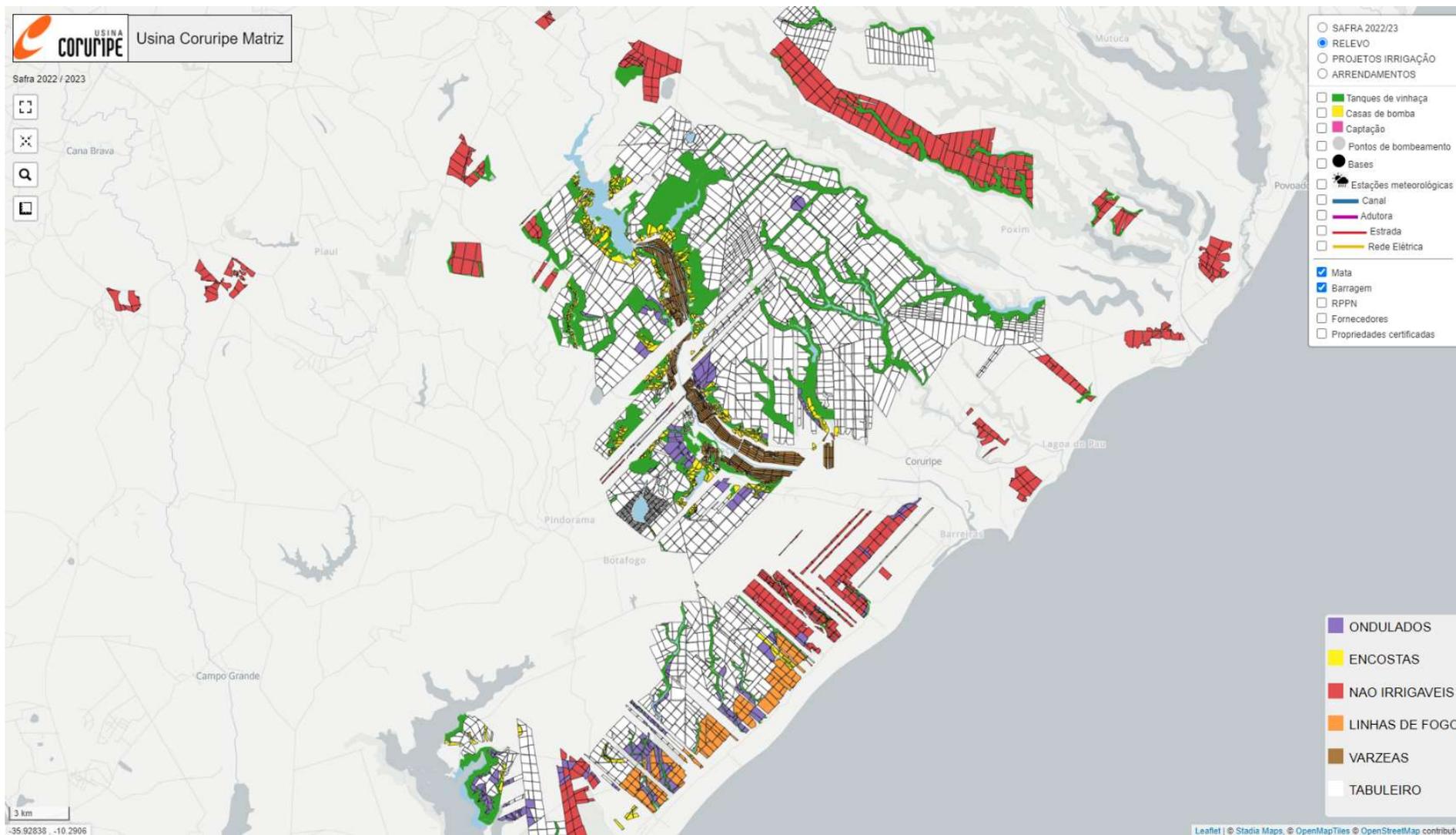
Fonte: Autora, 2023

5.1.2 Relevo

O mapa interativo de relevo (Figura 17) recebe sua classificação de acordo com a coluna “RELEVO”, proveniente do banco de dados, que contém informações sobre as características do solo. As áreas são classificadas como: onduladas, encostas, áreas não irrigáveis, linhas de fogo, várzeas e tabuleiros.

Visualizar o relevo das áreas é importante para definir se o plantio / colheita será realizado de forma manual ou mecanizada. Pois, dependendo do seu tipo, as máquinas não conseguem operar.

Figura 17: Relevo unidade Coruripe/ AL disponível no Sig web



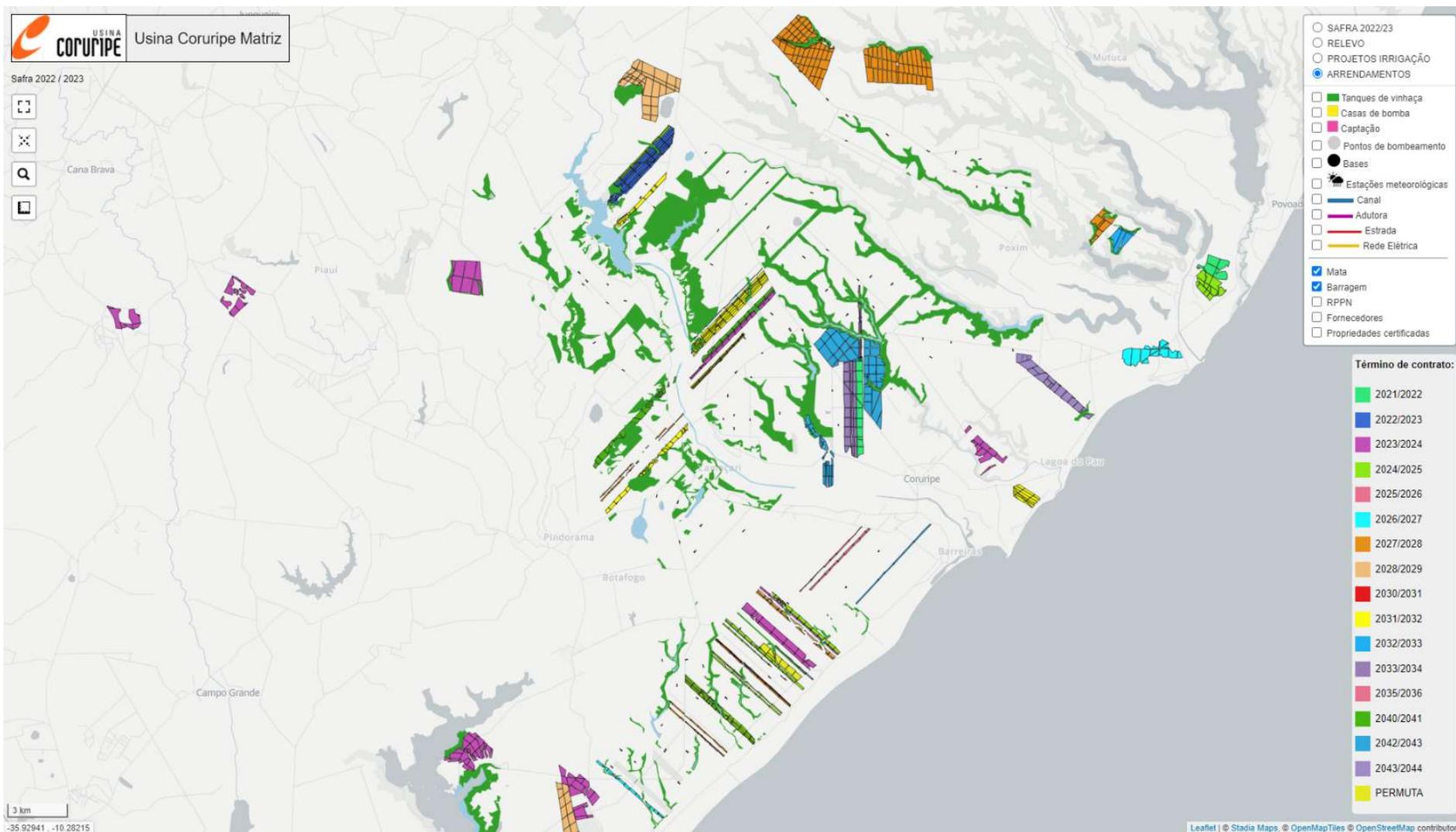
Fonte: Autora, 2023

5.1.3 Arrendamentos

As terras arrendadas são classificadas de acordo com a safra de término do contrato (Figura 18), informação derivada do banco de dados. Atualmente, os contratos vão da safra 2021/2022 até a safra 2043/2044 podendo ser renovados. Além das áreas cedidas através de contrato algumas podem ser concedidas por meio de permuta. Ao selecionar os talhões são exibidas informações sobre o proprietário, a área do terreno e a safra de vencimento do contrato.

Tendo o conhecimento prévio das próximas áreas que terão seus contratos encerrados é realizado um contato com o dono da terra a fim de saber se há uma possibilidade de renovação, havendo, será realizado um novo levantamento topográfico para a renovação do contrato.

Figura 18: Áreas arrendadas unidade Coruripe/ AL disponível no Sig web



Fonte: Autora, 2023

5.1.4 Projetos de irrigação

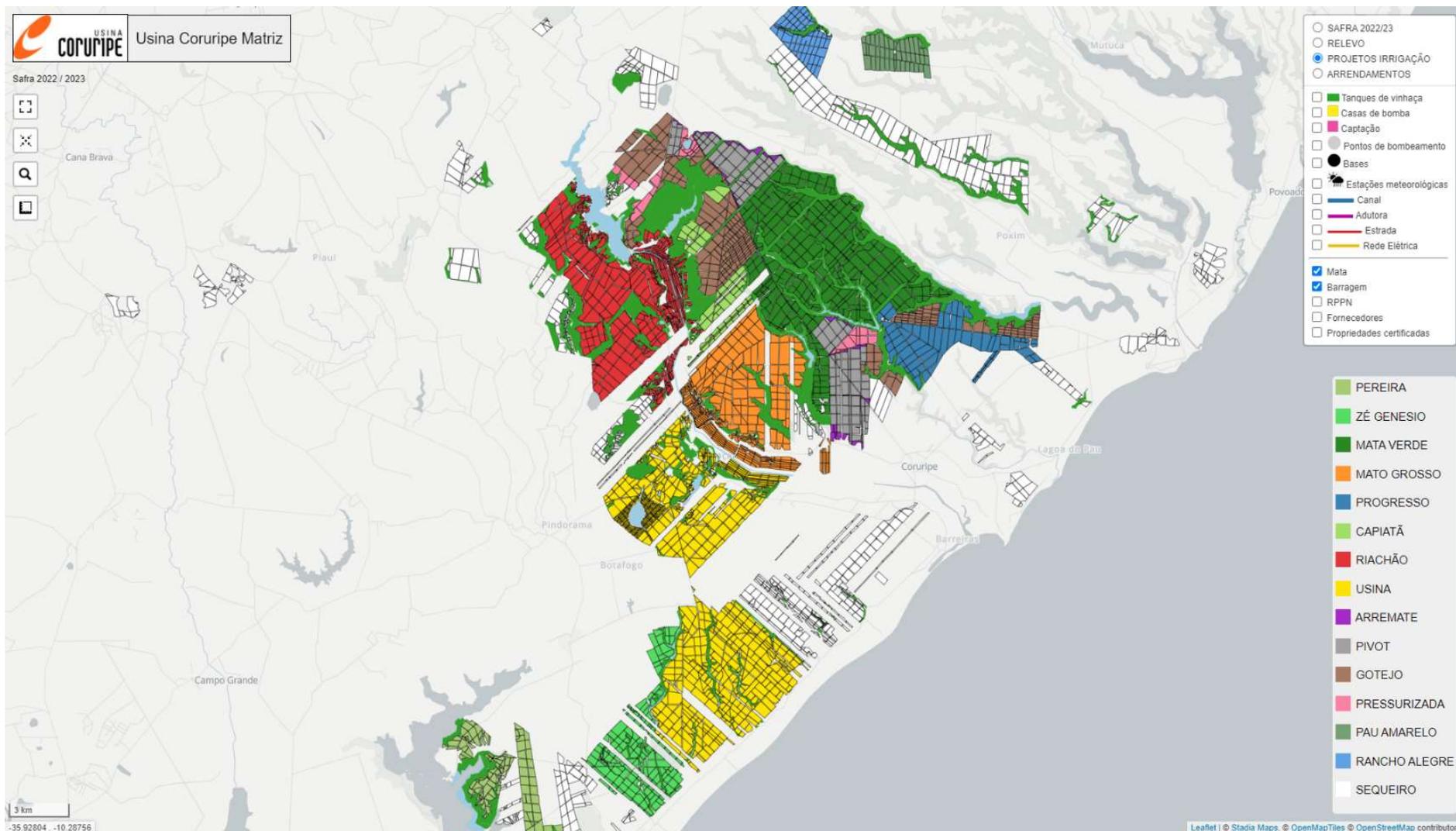
A classificação dos projetos de irrigação (figura 19) é realizada através da coluna “projetos irrigacao”, proveniente do banco de dados.

Ao clicar nos talhões, as informações mostradas são o código da fazenda administrativa a qual ele pertence, código do bloco e talhão, irrigação, tipo de irrigação e a área do talhão.

Devido ao tamanho da área gerenciada pela usina, a irrigação é dividida em 14 projetos, sendo eles: Pereira, Zé Genésio, Mata Verde, Mato Grosso, Progresso, Capiatã, Riachão, os blocos Pau Amarelo e Rancho Alegre, as áreas de Sequeiro e os sistemas de irrigação: gotejo, aspersão, pivot e arremate de pivot.

É importante visualizar a divisão de cada projeto pois cada uma é gerenciado por um fiscal de campo, desta forma, cada fiscal consegue saber exatamente quais talhões fazem parte da sua área de gestão.

Figura 19: Projetos de irrigação unidade Coruripe/ AL disponível no Sig web



Fonte: Autora, 2023

5.2 Camadas de sobreposição

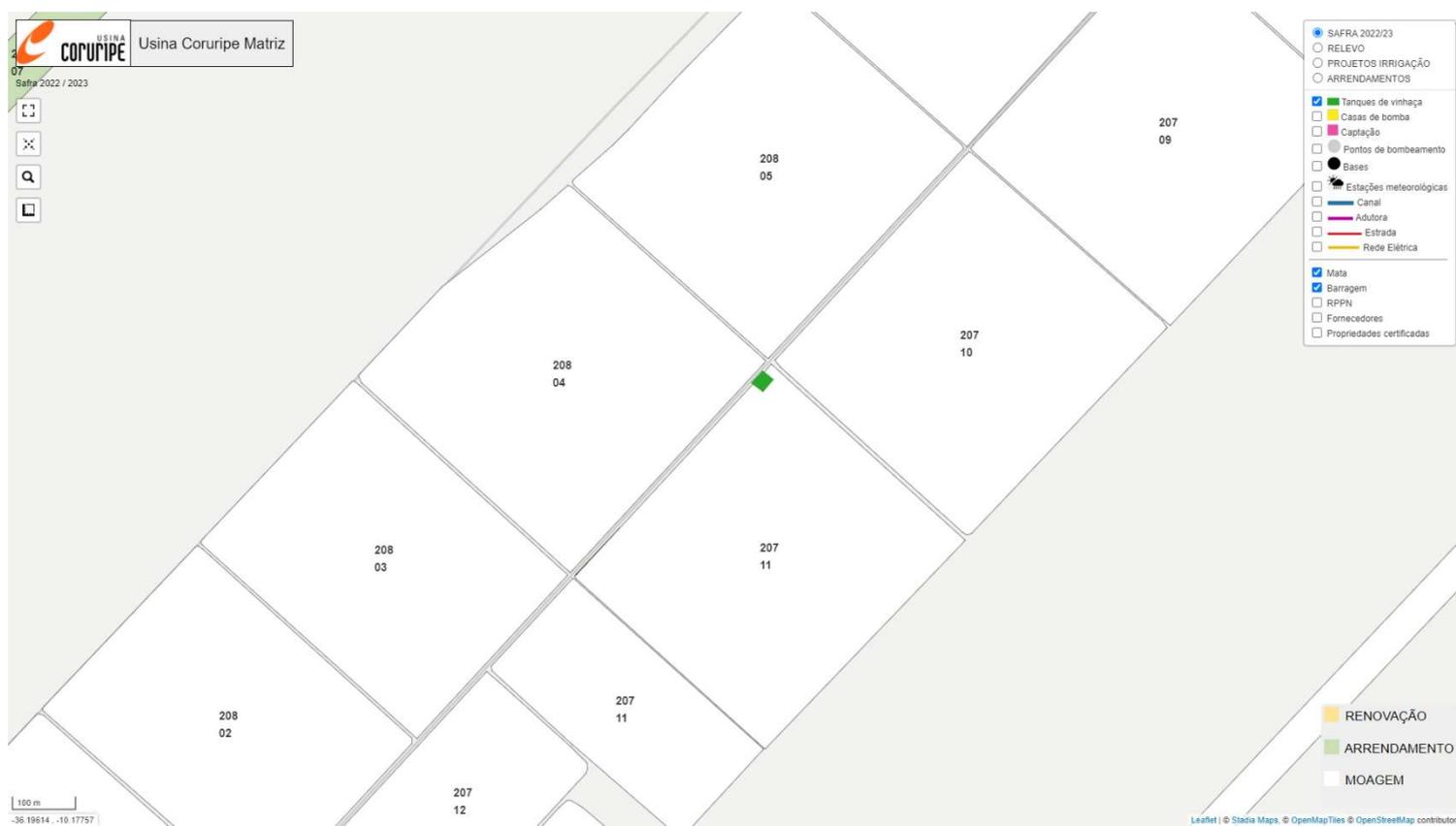
As camadas de sobreposição são os arquivos vetoriais dos demais elementos que existem nos blocos e são utilizados para complementar os mapas temáticos. Elas contêm elementos para manipulação dos mapas e que serão selecionados de acordo com o que se deseja analisar.

5.2.1 Tanques de Vinhaça

Na região da Usina existem 15 tanques de vinhaça que armazenam esses líquidos e ficam localizados próximos a alguns talhões. A Figura 20 mostra um tanque de vinhaça presente no bloco 207 – Ferreira Esquerdo.

Ter o conhecimento das áreas onde se localizam esses tanques de vinhaça é importante para identificar qual o tanque de abastecimento mais próximo do local que está sendo irrigado para que os caminhões percorram o caminho mais curto, otimizando tempo e gastos com combustível.

Figura 20: Tanque de vinhaça no talhão 11 do bloco Ferreira Esquerdo



Fonte: Autora, 2023

5.2.2 Casas de bomba e captações

A usina conta com 24 casas de bomba e 17 captações, cada uma contendo 6 eletromotores. No Sig Web, essas classes recebem rótulos fixos, a partir de um determinado nível de zoom, identificando os nomes/locais de cada uma. (Figura 21)

Conhecer a localização das captações é importante para saber de qual fonte a água está sendo retirada e quais projetos de irrigação cada uma abastece. Através da localização das casas de bomba é possível ver qual projeto de irrigação ela controla e, quando este projeto já está completamente irrigado, também é possível verificar qual o mais próximo para que seja feito, se necessário, o redirecionar a água.

Figura 21: Casas de bomba de captações da fazenda progresso



Fonte: Autora, 2023

5.2.3 Pontos de bombeamento

Na Usina Coruripe existem 199 pontos de bombeamento e todos os motobombas são acionados por meio de energia elétrica por este motivo, estão sempre localizados próximos a algum poste.

A camada é rotulada de acordo com a numeração que cada ponto de bombeamento recebe. Assim como algumas outras camadas de sobreposição, esta também só aparece em um determinado nível de aproximação. (Figura 22)

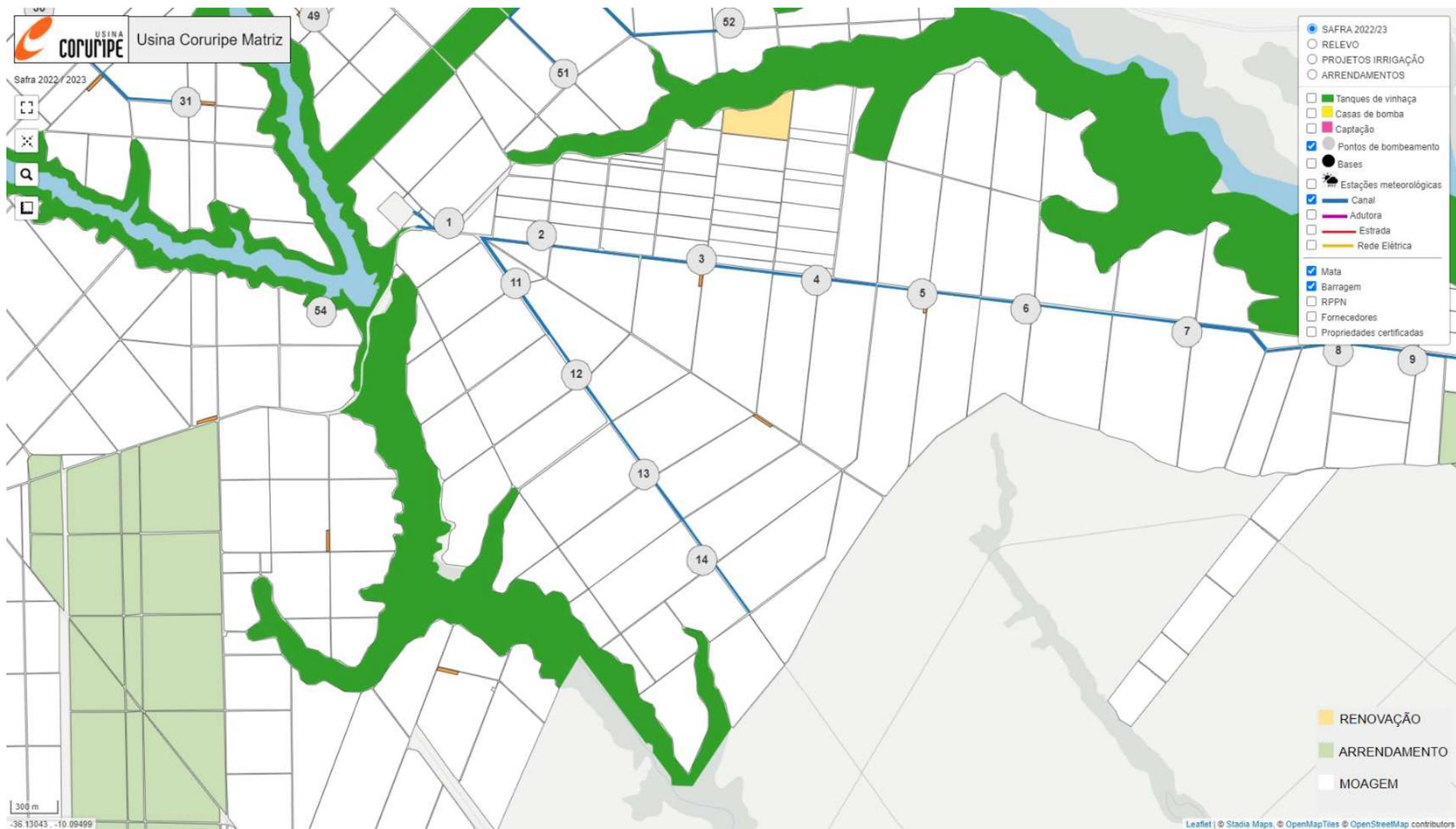
Identificar e saber onde cada ponto de bombeamento está é essencial para saber quais talhões cada carretel irá irrigar. Também é importante ter o conhecimento desses locais pois quando há necessidade de manutenção dos motobombas só é preciso informar o número do ponto que a equipe é enviada diretamente ao local correto.

5.2.4 Canais

A camada de canais mostra todos os canais pertencentes à Usina Coruripe usados na irrigação (Figura 22).

Conhecer os locais por onde passam os canais é importante para identificar onde os pontos de bombeamento devem ficar, já que eles captam as águas desses canais para abastecer os carreteis.

Figura 22: Pontos de bombeamento e canais da fazenda progresso



Fonte: Autora, 2023

5.2.5 Bases (Marcos geodésicos)

A camada de bases (marcos geodésicos) exibe a localização dos 57 marcos geodésicos utilizados como referência nos levantamentos topográficos. Ao aproximar o mouse das bases são expostas suas coordenadas e elevação. (Figura 23)

Vem sendo utilizado pelos colaboradores de campo do setor de topografia para visualizar os marcos mais próximo das áreas que serão levantadas, obtendo suas coordenadas e elevação.

Figura 23: Pontos de apoio topográficos unidade Coruripe / AL



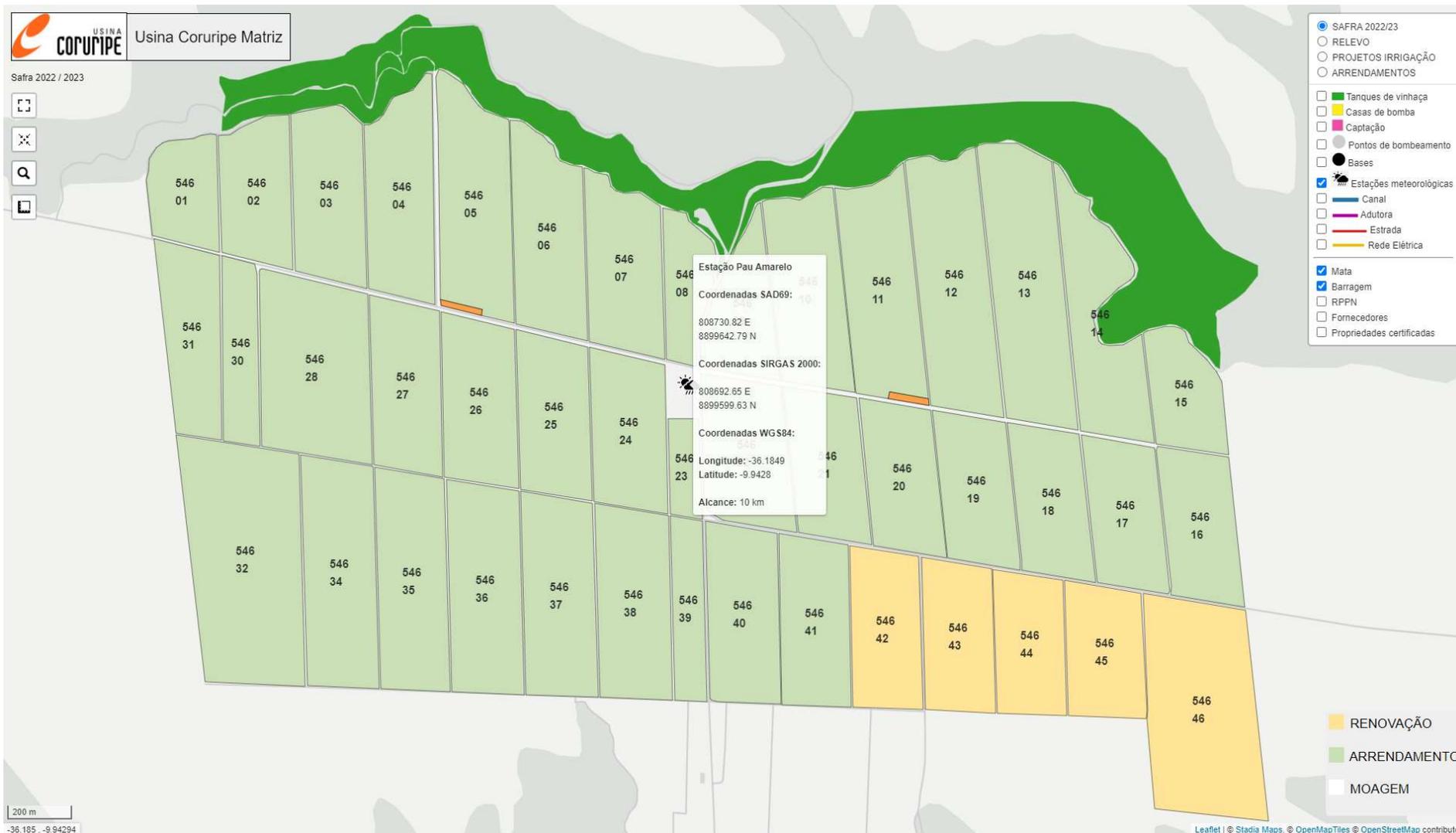
Fonte: Autora, 2023

5.2.6 Estações meteorológicas

A Usina Coruripe conta com quatro estações meteorológicas abrangendo um raio de 10 quilômetros e uma atingindo 30 quilômetros de raio. Ao ativar a camada de estações meteorológicas é possível verificar suas coordenadas e seu alcance (Figura 24). Ao clicar no ícone o raio de alcance é exibido possibilitando visualizar a área de cobertura de cada estação (Figura 25).

Saber a localização das estações meteorológicas é essencial para a realização da coleta de seus dados e sua área de cobertura. A partir da observação dos resultados do alcance das estações meteorológicas foi possível verificar que, das áreas operadas pela usina, algumas ficavam fora do raio de cobertura das estações. Por este motivo foram obtidas duas novas estações a fim de cobrir toda a área da usina.

Figura 24: Informações da estação meteorológica do bloco Pau Amarelo



Fonte: Autora, 2023

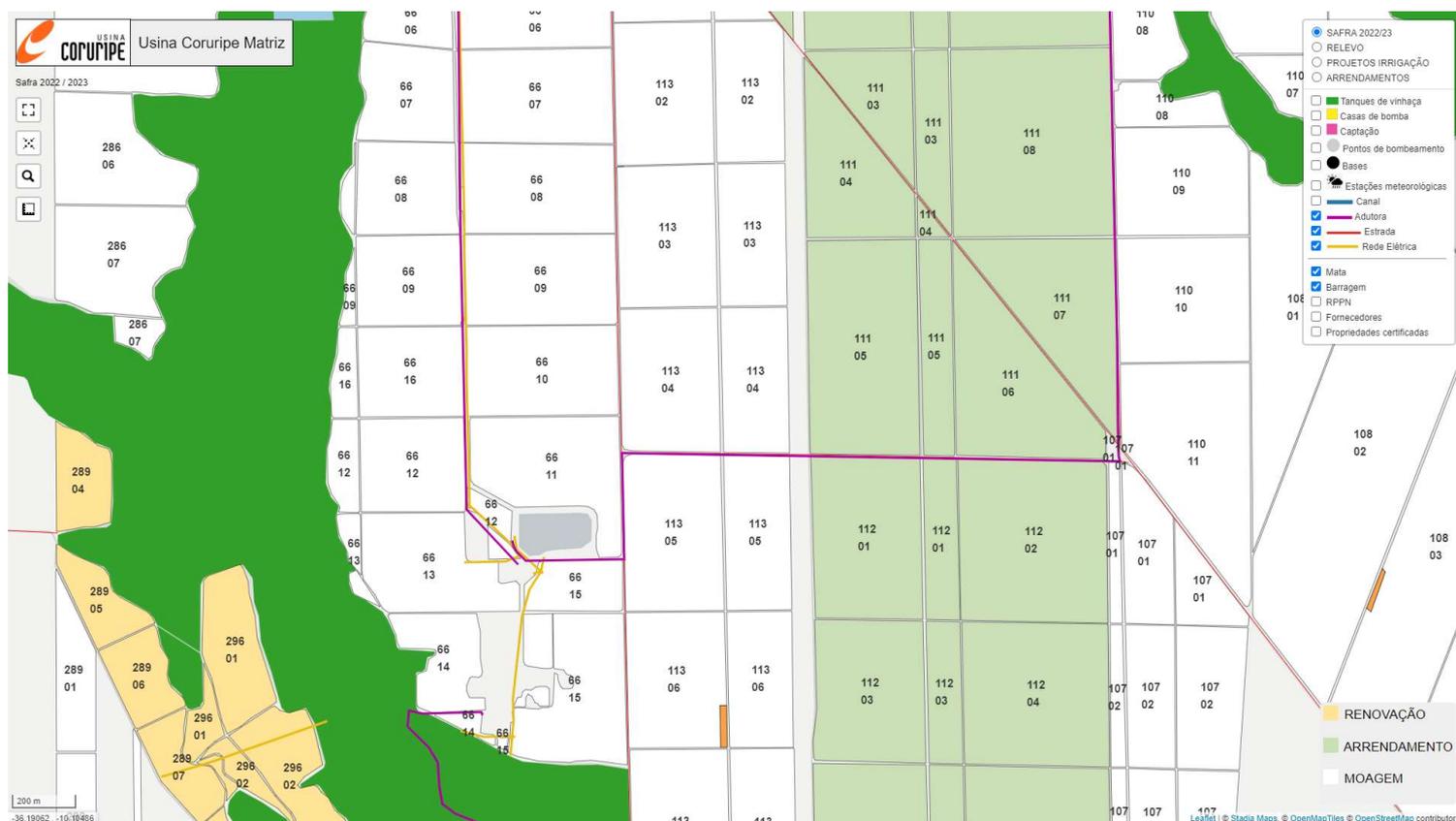
5.2.9 Rede elétrica

A camada de rede elétrica mostra toda a rede elétrica que abastece as áreas da Usina Coruripe. A rede elétrica da usina apresenta, aproximadamente, 193 km.

Ter conhecimento da rede elétrica é fundamental para definir um local para se colocar um ponto de bombeamento, considerando que os motobombas são ligados aos postes. Também é necessário conhecer por onde essa rede passa para definir até que ponto do talhão será colhido de forma mecânica uma vez que a altura da colhedora ultrapassa a rede elétrica, podendo danificá-la.

A Figura 26 mostra as Adutoras, estradas e Rede elétrica na fazenda Progresso.

Figura 26: Adutoras, estradas e Rede elétrica na fazenda Progresso da unidade Coruripe / AL



Fonte: Autora, 2023

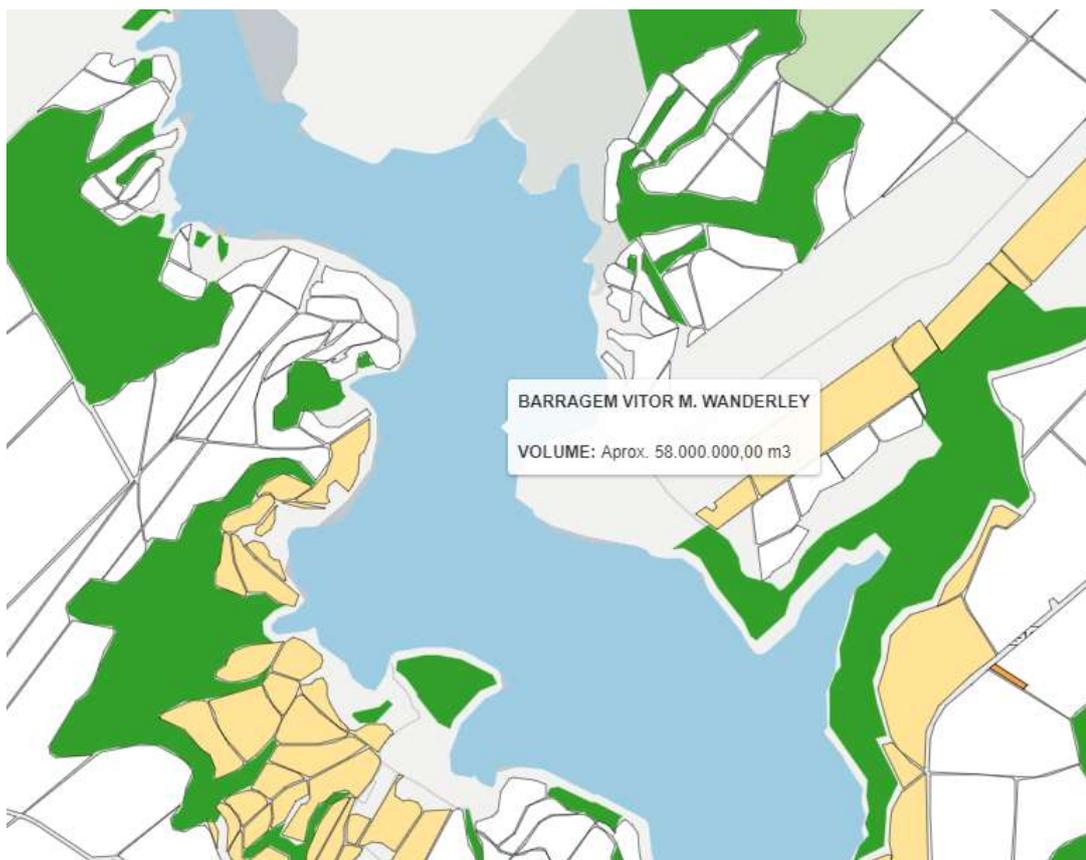
5.2.10 Barragem

A Usina Coruripe conta com 9 barragens irrigando cerca de 31 mil hectares. São elas: Barragem Vitor Montenegro Wanderley (Coruripe I), Riacho das Pedras,

Progresso, Pindorama, Paraná, Fundo do Capitão, Francisco Alves, Massaranduba, Gruta. Na camada de barragem, ao passar o cursor por cada uma delas será exibido seu nome e volume suportado. (Figura 27)

Saber onde estão localizadas é essencial para saber quais os canais mais próximos que podem receber essa água.

Figura 27: Informações referentes a barragem VITOR MONTENEGRO WANDERLEY (CORURIFE I)



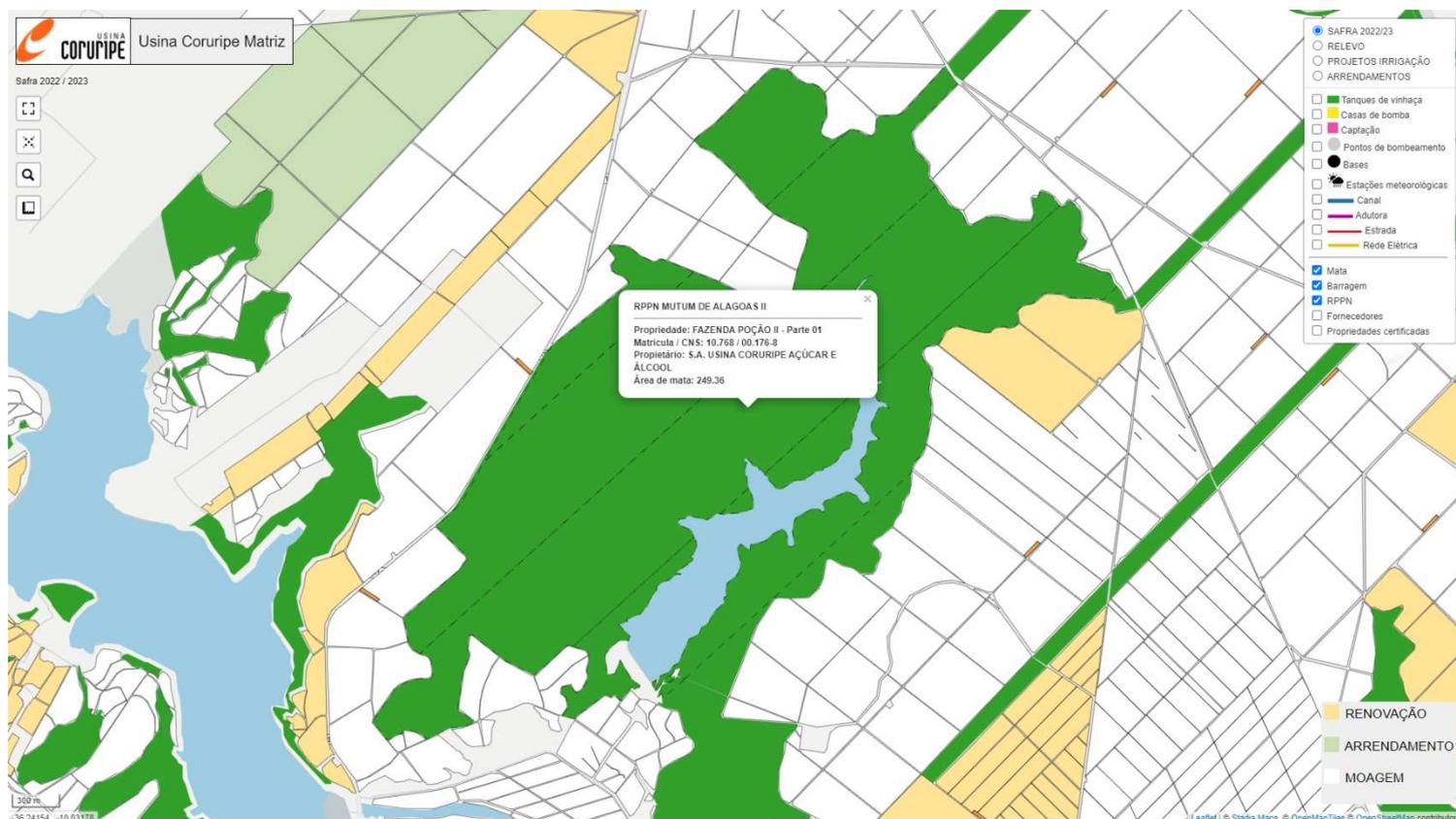
Fonte: Autora, 2023

5.2.11 Reservas particulares do patrimônio natural - RPPN

Na Usina, existem 5 reservas particulares e na camada que mostra as RPPN, ao selecionar o espaço de estudo, exibe informações como o nome da reserva, em qual propriedade ela fica localizada, o nome do proprietário e a área de mata. (Figura 28)

Delimitar as áreas de RPPN é importante para que haja o controle do desmatamento, caça e extrativismo.

Figura 28: Informações da RPPN Mutum de Alagoas II



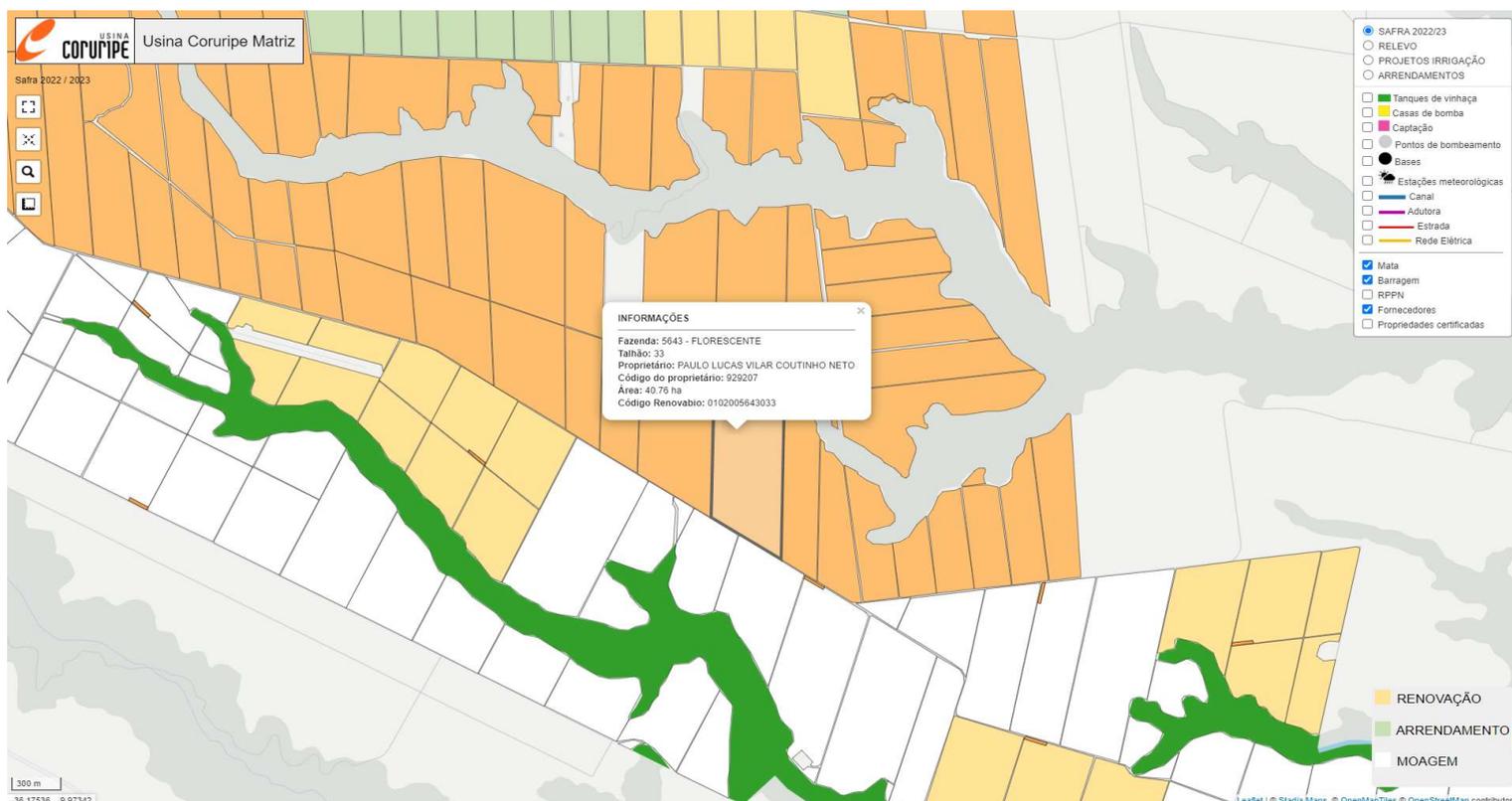
Fonte: Autora, 2023

5.2.12 Fornecedores

A camada de fornecedores mostra as áreas que foram cedidas a usina apenas para a colheita da cana-de-açúcar. Ao ativar a camada de fornecedores e selecionar suas áreas é possível verificar nome e código da fazenda e do proprietário, código utilizado no Renovabio e o valor da área do talhão. (Figura 29)

Ter conhecimento sobre as áreas de fornecedores é fundamental para que, na hora da colheita da cultura, não ultrapasse para uma área que não foi cedida a usina. Também é importante saber a área de cada talhão para que seja calculado o valor que será pago ao dono da fazenda.

Figura 29: Informações da camada de fornecedores



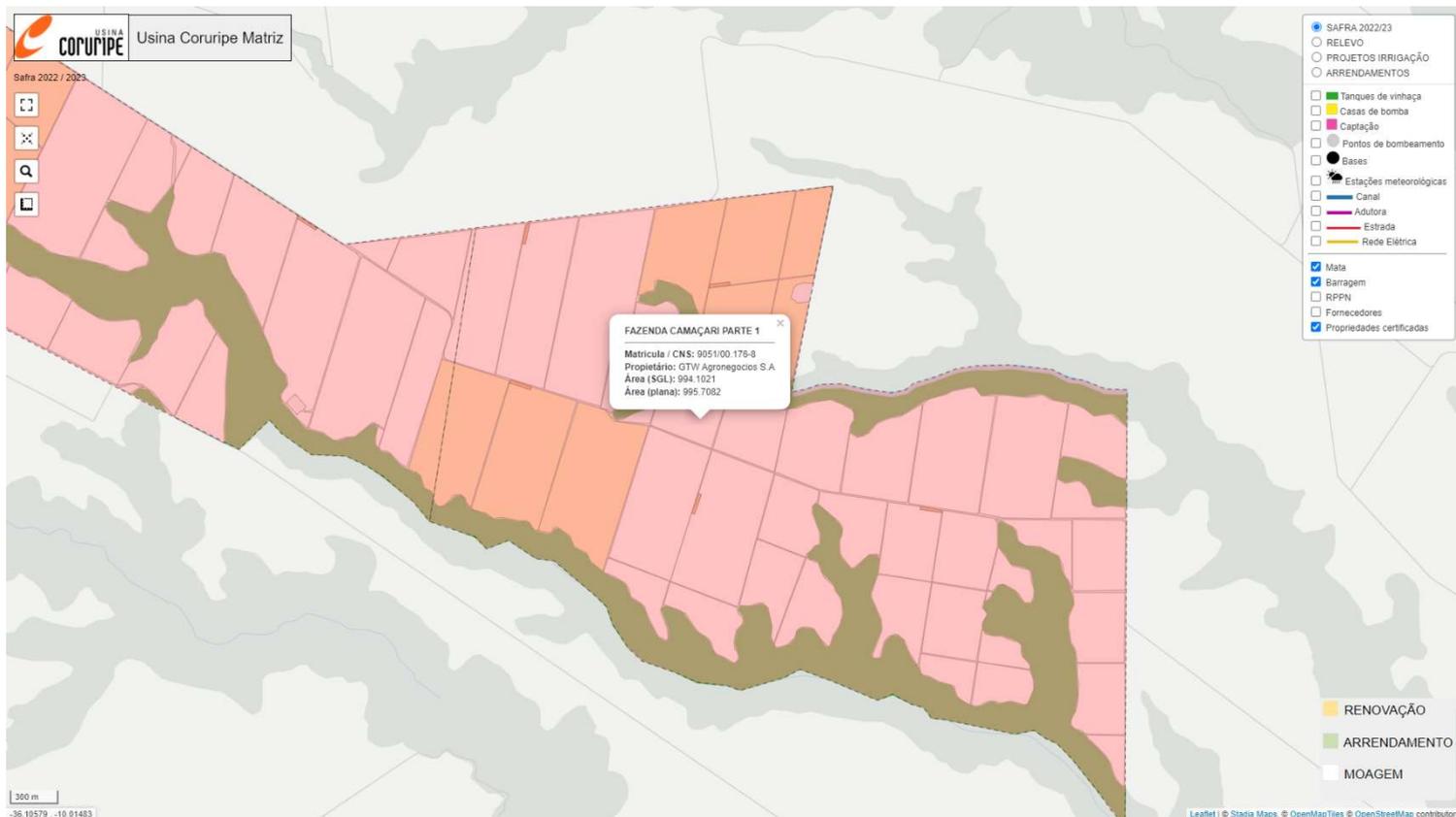
Fonte: Autora, 2023

5.12.13 Propriedades certificadas

A Usina Coruripe conta com 75 glebas certificadas. No Sig web é possível verificar quais as áreas certificadas pela Usina Coruripe. Ao selecionar a gleba é mostrado seu nome e proprietário, matrícula, código do cartório de registro de imóveis - CNS e informações sobre a área. (Figura 30)

Visualizar as áreas certificadas serve para o conhecimento do limite das terras da usina para saber tudo que é de propriedade da empresa e se não há sobreposição com outras áreas vizinhas.

Figura 30: Área certificada – Gleba fazenda progresso parte 1



Fonte: Autora, 2023

6 CONCLUSÃO

A presente pesquisa proporcionou a criação de um Sig Web para a empresa sucroalcooleira S.A Usina Coruripe açúcar e álcool facilitando o acesso a informações. A plataforma digital é acessada através da internet de forma simples e direta auxiliando os demais setores nas tomadas de decisões.

Para que a plataforma fosse construída foi necessária uma atualização da base cartográfica através da busca por levantamentos topográficos e projetos existentes.

A atualização dessa base foi útil não só na criação do Sig Web, mas também em todas as operações de geoprocessamento realizadas na empresa, como na elaboração das linhas de plantio e colheita mecanizada e o monitoramento da saúde da plantação, visto que, utilizando o SIG, os resultados são obtidos de maneira mais rápida e com uma maior precisão.

Com a execução das correções topológicas foi possível a identificação de erros presentes na nova base cartográfica. Estes erros ocorrem devido à falta de levantamentos topográficos de algumas áreas, entretanto, os dados estão mais confiáveis que os da base anterior. Para que este problema seja solucionado vêm sendo realizados novos levantamentos topográficos.

O Sig Web gerado possibilita o acesso aos seguintes mapas interativos: moagem, relevo, arrendamento e projetos de irrigação podendo adicionar ou retirar as camadas de sobreposição - tanques de vinhaça, casas de bomba e captações, pontos de bombeamento, canais, marcos geodésicos, estações meteorológicas, adutoras, estradas, rede elétrica, barragem, RPPN, fornecedores e propriedades certificadas.

Através da plataforma esses mapas interativos podem ser manuseados facilmente, tanto para realização de atualizações e manipulações de dados como para visualização, podendo ser utilizado facilmente por qualquer colaborador que tenha acesso à internet.

Com a facilidade de acesso através de computadores é possível que aconteça a redução da quantidade de impressões das pastas de moagem, sendo disponibilizadas apenas para os colaboradores de campo, devido a um sinal de internet precário

na maior parte dele. Isto se deve ao fato de todos os dados serem exibidos em uma única tela e pela possibilidade de utilizar comandos que facilitam e agilizam as buscas pela região de estudo.

Porém, por estar hospedado em um servidor virtual, o acesso só acontece se o computador por onde se deseja acessar estiver na mesma rede de internet que a máquina hospedeira e enquanto essa estiver conectada. Mesmo assim, a plataforma elaborada vem sendo utilizada por alguns setores, como o de irrigação e o próprio setor de topografia.

A aplicação desenvolvida atendeu aos objetivos desejados, otimizando processos que antes demoravam dias para serem realizados e reduzindo custos com a impressão de pastas de moagem, mas, por ainda estar hospedado em um servidor virtual, nem todos os colaboradores conseguem acessar a qualquer momento e por este motivo, fica a recomendação da hospedagem em um servidor web disponibilizado pela empresa.

É importante enfatizar que o uso de tecnologias livres e programas com código de fonte aberto contam com uma grande vantagem no desenvolvimento de uma aplicação Sig Web pois permite a redução do valor final do aplicativo.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, Danielle. **A Irrigação de Precisão na Agricultura 4.0**. In: agromove. **agromove**. 18 mar. 2020. Disponível em: https://blog.agromove.com.br/irrigacao-precisao/#O_que_e_Irrigacao_de_Precisao. Acesso em: 08 jun. 2023.
- ARAÚJO, F. S. *et. al.* **PROPOSTA DE UM MODELO CONCEITUAL DE BANCO DE DADOS GEOGRÁFICOS PARA O CADASTRO TERRITORIAL MULTIFINALITÁRIO DO DISTRITO FEDERAL**. Revista Brasileira de Cartografia, Rio de Janeiro, N° 67/3 p. 701-714, Mai/Jun/2015. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/44658/23674>. Acesso em: 26 jun. 2022.
- ASSAD, Eduardo Delgado; SANO Edson Eyji. **SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS: Aplicações na agricultura**. 2º edição revista e ampliada, Brasília DF: EMBRAPA-SPI / EMBRAPA-CPAC, 2003.
- BERNARDI, Alberto Carlos de Campos *et al.* **AGRICULTURA DE PRECISÃO: RESULTADOS DE UM NOVO OLHAR**. 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1002959/agricultura-de-precisao-resultados-de-um-novo-olhar>. Acesso em: 08 jun. 2023.
- BRUGNARO, Caetano. **PLANEJAMENTO AGRÍCOLA EM CANA-DE-AÇÚCAR**. 1993. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4280123/mod_resource/content/1/cana-de-a%C3%A7ucar_1993_PLANEJAMENTO%20AGRICOLA%20EM%20CANA-DE-AC%C3%9ACAR.pdf. Acesso em: 08 jun. 2023.
- CAMARGO, Wladimir Pena. **Desenvolvimento de um ambiente Web para a interação entre participantes de projetos de agricultura de precisão**. 2005. Dissertação (mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11148/tde-01072005-155828/publico/WladimirCamargo.pdf>. Acesso em: 25 maio 2023.
- CREA-PR. **Noções de Cadastro Territorial Multifinalitário – CTM**. 2016. Disponível em: <https://www.crea-pr.org.br/ws/wp-content/uploads/2016/12/nocoes-de-cadastro-territorial-multifinalitario-CTM.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2022.
- MATTEO, Katia Castro de. **MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO PARA MONITORAMENTO DA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR**. 1998. Dissertação (Mestrado) – Sensoriamento Remoto. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1998. Disponível em: <http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/lise/2003/01.08.10.36/doc/publicacao.pdf>. Acesso em: 08 jun. 2023.

ESRI. ArcGIS Desktop Help 9.1 (Web help). 2009.

FG/A. **RELATÓRIO GERENCIAL – FGAA11**. ABRIL de 2023. Disponível em: <https://fga.com.br/upload/a729e8eab6e0d3cd79bf3e8364b076be.pdf>. Acesso em: 19 maio 2023.

FILHO, Jugurta Lisboa; IOCHPE, Cirano. 2010. **INTRODUÇÃO A SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS COM ÊNFASE EM BANCO DE DADOS**. Disponível em: <http://dpi.ufv.br/~jugurta/papers/sig-bd-jai.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2022.

GONÇALVES, Rômulo; FILHO, Jugurta; VIEIRA, Carlos; **MODELAGEM CONCEITUAL DE BANCO DE DADOS GEOGRÁFICOS APLICADA AO CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO**. Revista Brasileira de Cartografia N° 61/03, 2009. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/43647/22911>. Acesso em: 30 maio 2022.

GORNI, Daniel *et. al.*, 2007; **OPEN SOURCE WEB GIS SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA DE EXPEDIÇÕES**. Disponível em: <http://mar.te.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.13.10.51/doc/3953-3960.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2022.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Bases cartográficas contínuas**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/bases-cartograficas-continuas.html#:~:text=Conjunto%20de%20dados%20geoespaciais%20de,vis%C3%A3o%20integrada%20do%20territ%C3%B3rio%20nacional>. Acesso em: 19 maio 2023.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/> . Acesso em: 19 maio 2023.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Malhas territoriais**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/> . Acesso em: 19 maio 2023.

INDE, INFRAESTRUTURA NACIONAL DE DADOS ESPACIAIS; **catálogo de geoserviços**. Disponível em: <https://inde.gov.br/CatalogoGeoservicos>, Acesso em: 20 mar. 2022.

INDE, INFRAESTRUTURA NACIONAL DE DADOS ESPACIAIS. **Visualizador da Infraestrutura Nacional De Dados Espaciais**. Disponível em: <https://visualizador.inde.gov.br/>. Acesso em: 23 maio 2023.

LE GOUVERNEMENT DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG - **THE NATIONAL GEOPORTAL OF THE GRAND-DUCHY OF LUXEMBOURG**. Disponível em: <https://www.geoportail.lu/en/about-us/>. Acesso em: 25 maio 2023.

LOCH, Carlos; ERBA, Diego. 2007. **Cadastro Técnico Multifinalitário Rural e Urbano**. Cleveland: Lincoln Institut of Land Policy. Disponível em: <https://www.lincolninst.edu/pt-br/publications/books/cadastro-tecnico-multifinalitario-rural-e-urbano>. Acesso em: 09 mar. 2023.

LOCH, Carlos. **A Realidade do Cadastro Técnico Multifinalitário no Brasil**. 2007. Disponível em: <http://martel.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.14.13.00/doc/1281-1288.pdf>. Acesso em: 23 maio 2023.

Manual de apoio do Ministério das Cidades - **material de apoio**. Disponível em: <https://www.capacidades.gov.br/media/doc/acervo/c4924c559c0b1b95a8ad38c47fda4799.pdf>. Acesso em: 24 fev. 2022.

MEDEIROS, Cleyber *et. al*, 2011; **UTILIZAÇÃO DE SIG-WEB USANDO SOFTWARE LIVRE PARA DISPONIBILIZAÇÃO DE DADOS NA INTERNET: CASO DO SISTEMA CEARÁ EM MAPAS INTERATIVOS**. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.8740. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/265728723_Utilizacao_de_SIG-WEB_usando_software_livre_para_disponibilizacao_de_dados_georreferenciados_na_internet_Caso_do_Sistema_Ceara_em_Mapas_Interativos. Acesso em: 30 maio 2022.

MEDEIROS, Cleyber; ARAGÃO, Mário; GOMES, Daniel. **DISPONIBILIZAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES GEORREFERENCIADAS UTILIZANDO UM SIG-WEB**. IPECE/Texto para Discussão nº 78. 2010. Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2014/02/TD_78.pdf. Acesso em: 03 abr. /2022.

PASSOS, Mônica; FILHO, Marcello; PASSOS, Iana. 2008. **DESENVOLVIMENTO DE UMA APLICAÇÃO SIG-WEB VOLTADA AO TURISMO**. Disponível em: <https://silo.tips/download/desenvolvimento-de-uma-aplicacao-sig-web-voltada-ao-turismo>. Acesso em: 03 abr. 2022.

PINHEIRO, Sandro Favin; Fornari, Miguel Rodrigues, 2002. **IMPLEMENTAÇÃO DE UM MODELO CONCEITUAL TEMPORAL E ESPACIAL UTILIZANDO O SGBD ORACLE**. Disponível em: <http://www.inf.furb.br/seminco/2002/artigos/Pinheiro-seminco2002-14.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2022.

REGHINI, Fernando Lucas; CAVICHIOLI, Fábio Alexandre. **UTILIZAÇÃO DE GEO-PROCESSAMENTO NA AGRICULTURA DE PRECISÃO**. Interface Tecnológica -v.

17 n. 1 (2020). Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/750/473>. Acesso em: 08 jun. 2023.

RIOTERRA. **Sigweb - Sistema De Informação Geográfico em Ambiente Web**. Disponível em: <https://rioterra.org.br/site/sigweb/>. Acesso em: 23 maio 2023.

SANTOS, J. C. D.; FARIAS, E. S. D.; CARNEIRO, A. F. T. **Análise da parcela como unidade territorial do cadastro urbano brasileiro**. Boletim de Ciências Geodésicas, v. 19, n. 4, p. 574–587, dez. 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bcg/a/F7NGvNv9rKxL3JKvYf5bFcw/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 08 jun. 2023.

SCHIMIGUEL, Juliano; BARANAUSKAS, M. Cecília C., MEDEIROS, Claudia Bauzer. **USABILIDADE DE APLICAÇÕES SIG WEB NA PERSPECTIVA DO USUÁRIO: UM ESTUDO DO CASO**. VII Simpósio Brasileiro de Geoinformática, Campos do Jordão, Brasil, 20-23 novembro 2005, INPE, p. 262-268. Disponível em: <http://mtc-m16c.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/geoinfo@80/2006/07.11.12.45/doc/P44.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2022.

SENAR- SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL. **Agricultura de precisão: conceitos**. Coleção SENAR, Brasília, 2019. Disponível em: https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/244_AP_Agricultura-de-precisao-para-todos.pdf. Acesso em: 08 jun. 2023.

SILVA, A. N. R. *et al.* **SIG: uma plataforma para introdução de técnicas emergentes no planejamento urbano, regional e de transportes: uma ferramenta 3 D para análise ambiental urbana, avaliação multicritério, redes neurais artificiais**. 2004. Disponível em: <http://repositorium.uminho.pt/bitstream/1822/2331/1/Pages%20from%20LivroBrasil.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2023.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DO AÇÚCAR E DO ÁLCOOL NO ESTADO DE ALAGOAS - SINDAÇUCAR. **Boletim da safra 2011/2012**, n.26. 2011. Disponível em: <http://www.sindacucar-al.com.br>. Acesso em: 27 mar. 2022.

SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA – SEI. **Geoserviços - Baseado em Raster**. Disponível em: https://www.sei.ba.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=2801&Itemid=765. Acesso em: 22 abr. 2022.

TESTEZLAF, Roberto; MATSURA, Edson Eiji; CARDOSO, João Luiz. **IMPORTÂNCIA DA IRRIGAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO DO AGRONEGÓCIO**. Faculdade de Engenharia Agrícola – Universidade Estadual de Campinas. Julho, 2002. Disponível em: <https://www2.feis.unesp.br/irrigacao/csei.pdf>. Acesso em: 08 jun. 2023.

TESTEZLAF, Roberto. **IRRIGAÇÃO: MÉTODOS, SISTEMAS E APLICAÇÕES.**

Faculdade de Engenharia Agrícola – UNICAMP, 2017. Disponível em:

https://www2.feis.unesp.br/irrigacao/pdf/testezlaf_irrigacao_metodos_sistemas_aplicacoes_2017.pdf. Acesso em: 08 jun. 2023.