

**UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI**  
**Engenharia Agrícola e Ambiental**

**Gabriel Ferreira Santana**

**ANÁLISE ESPACIAL DA EXPANSÃO E POTENCIAL DE  
IMPLANTAÇÃO DA IRRIGAÇÃO POR PIVÔ CENTRAL EM BURITIZEIRO -  
MG.**

**Unai**  
**2023**

**Gabriel Ferreira Santana**

**ANÁLISE ESPACIAL DA EXPANSÃO E POTENCIAL DE  
IMPLANTAÇÃO DA IRRIGAÇÃO POR PIVÔ CENTRAL EM BURITIZEIRO -  
MG.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao  
Curso de Engenharia Agrícola e Ambiental da Universidade  
Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

Orientador: Prof. Dr. Hermes Soares da Rocha  
Coorientador: Dr. Paulo Sérgio Cardoso Batista

**Unai**  
**2023**

**Gabriel Ferreira Santana**

**ANÁLISE ESPACIAL DA EXPANSÃO E POTENCIAL DE  
IMPLANTAÇÃO DA IRRIGAÇÃO POR PIVÔ CENTRAL EM BURITIZEIRO -  
MG.**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Engenharia Agrícola e  
Ambiental da Universidade Federal dos Vales  
do Jequitinhonha e Mucuri.

Orientador: Prof. Dr. Hermes Soares da  
Rocha

Coorientador: Dr. Paulo Sérgio Cardoso  
Batista

Data de aprovação: 07/07/2023

Prof. Dr. Hermes Soares da Rocha  
Instituto de Ciências Agrárias - UFVJM

Dr. Paulo Sérgio Cardoso Batista  
Instituto de Ciências Agrárias – UFVJM

Eng. Agric. Northon Matheus Santana de Castro  
Instituto de Ciências Agrárias – UFVJM

Dr. Jefferson Luiz Antunes Santos  
Instituto de Ciências Agrárias – UFVJM

**Unai**

**2023**

*A todos, que até aqui, um dia contribuíram de alguma forma, para que eu chegasse nesse momento, e a minha mãe, que com cada um dos seus esforços sempre nos manteve de pé e fez com que o presente hoje se tornasse realidade.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida, e a Nossa Senhora Aparecida, por iluminar meus passos e caminhos durante essa jornada, pelo amparo nos momentos de dificuldade, de medo, de incertezas e de dor, pela sabedoria, paciência e discernimento a mim concedido.

À minha mãe, Vanete Ferreira Santana, que tanto lutou e sacrificou para me trazer até o momento em que escrevo estas linhas e que com todas dificuldades pôde me proporcionar todos ensinamentos para que pudesse me tornar a pessoa qual sou hoje. Mesmo com muitos momentos de minha ausência dedicados aos estudos, as suas maneiras sempre me instigaram a seguir em frente.

A todos os colegas que a universidade me proporcionou, conhecimentos, oportunidades e momentos.

A Lilian Henrique Nunes Cortez, André Luiz Cortez, Matheus Barcelos, Mateus Macedo, Rafaela Balisa e Ciro Leonardo que me proporcionaram todo conhecimento profissional adquirido até o momento.

Aos Professores Hermes Soares da Rocha e Paulo Sérgio Cardoso Batista, pela orientação, apoio e confiança em executar o trabalho.

Aos meus amigos de república Thiago e Felipe, demais amigos que fiz durante esses anos, e aqueles que não tenho espaços suficiente para citá-los individualmente, mas sabem que aqui foram lembrados.

A todos que contribuíram diretamente ou indiretamente para minha formação.

## RESUMO

O município de Buritizeiro, localizado no Norte do estado de Minas Gerais, possui uma economia baseada na agropecuária, silvicultura e indústrias. Nos últimos tempos, tem havido um crescimento significativo na prática da agricultura irrigada por pivô central nessa região. Esse sistema de irrigação possui características operacionais e de aplicação de água que o tornam altamente eficiente para o propósito ao qual se destina. No entanto, é importante observar os requisitos mínimos para a implantação e funcionamento desse sistema. Nesse contexto, técnicas de geoprocessamento têm sido empregadas para análises espaciais na agricultura, incluindo a definição de áreas aptas para a instalação de irrigação por pivô central. O objetivo deste estudo foi identificar e quantificar as áreas propícias para a implantação desse sistema no município de Buritizeiro, em Minas Gerais. Além disso, buscou-se avaliar a distribuição dos pivôs centrais existentes em relação às áreas de aptidão, utilizando as técnicas de geoprocessamento. Para isso, diversas camadas de informação foram consideradas, às quais foram atribuídos pesos específicos para cada classe, a fim de realizar uma sobreposição ponderada dos dados. As camadas utilizadas incluíram informações sobre declividade do terreno (0-5%, 5-10%, 10-15%, 15-30% e acima de 30%), distância em relação aos corpos hídricos (500m, 1000m, 1500m, 2000m, 2500m, 3000m, 3500m e 4000m), tipos de solo (Cambissolo, Latossolo e Neossolo) e uso e cobertura do solo (uso agrícola, aptidão agrícola e uso não agrícola). O software QGIS foi utilizado para processar os dados. Os resultados evidenciaram áreas com potencial para a implantação de irrigação por pivô central. Observou-se que as áreas mais adequadas para a instalação coincidem com regiões de baixa declividade, próxima a corpos hídricos, compostas principalmente por solos do tipo Latossolo e Neossolo, e com uso agrícola predominante. Essas características eram esperadas, uma vez que representam as condições mais favoráveis para a implantação do sistema de irrigação por pivô central. Como conclusão, pode-se afirmar que o município de Buritizeiro possui uma grande capacidade de expansão da agricultura irrigada. Além disso, a metodologia utilizada neste estudo demonstra-se como uma alternativa viável para avaliar a aptidão das áreas para a implantação de sistemas de irrigação por pivô central.

Palavras-chave: Irrigação, Pivô central, SIG.

## ABSTRACT

The municipality of Buritizeiro, located in the North of Minas, has an economy based mainly on agriculture, forestry and industries. In recent times, there has been a significant growth in the practice of center pivot irrigated agriculture in this region. This irrigation system has operational and water application characteristics that make it highly efficient for its intended purpose. However, it is important to observe the minimum requirements for the implementation and operation of this system. In this context, geoprocessing techniques have been used for spatial analysis in agriculture, including the definition of suitable areas for the installation of center pivot irrigation. Thus, the objective of this study was to identify and quantify the suitable areas for the implementation of this system in the municipality of Buritizeiro, in Minas Gerais. In addition, an attempt was made to evaluate the distribution of existing central pivots in relation to the aptitude areas, using geoprocessing techniques. For this, several layers of information were considered, to which specific weights were attributed for each class, in order to carry out a weighted superimposition of the data. The layers used included information on terrain slope (0-5%, 5-10%, 10-15%, 15-30% and above 30%), distance from water bodies (500m, 1000m, 1500m, 2000m, 2500m, 3000m, 3500m and 4000m), soil types (Cambisol, Latosol and Neosol) and land use and cover (agricultural use, agricultural aptitude and non-agricultural use). QGIS software was used to process the data. The results revealed the identification of areas with potential for the implementation of center pivot irrigation. It was observed that the most suitable areas for the installation coincide with regions of low slope, close to water bodies, mainly composed of soils of the latosol and neosol types, and with predominant agricultural use. These characteristics were expected, since they represent the most favorable conditions for the implementation of the center pivot irrigation system. In conclusion, it can be said that the municipality of Buritizeiro has great potential for expanding irrigated agriculture. In addition, the methodology used in this study proves to be a viable alternative to assess the suitability of areas for the implementation of center pivot irrigation systems.

Keywords: Irrigation, Center pivot, GIS.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2 - Localização do município de Buritizeiro em Minas Gerais e destaque para o limite do município de Buritizeiro.....	28
Figura 3 – (a) Classes de solo do município de Buritizeiro em Minas Gerais. ....	31
Figura 4 – (a) Modelo digital de elevação do município de Buritizeiro em Minas Gerais .....	33
Figura 5 – (a) Distância dos corpos hídricos do município de Buritizeiro em Minas Gerais.....	34
Figura 6 – (a) Uso e cobertura do solo do município de Buritizeiro em Minas Gerais e (b) pesos atribuídos aos usos. ....	37
Figura 7 – (a) Identificação dos pivôs centrais em 2011 no município de Buritizeiro em Minas Gerais e (b) Identificação dos pivôs centrais em 2021 no município de Buritizeiro em Minas Gerais.....	39
Figura 8 - Mapa de aptidão para implantação de irrigação por pivô central no município de Buritizeiro. ....	41
Figura 9 - (a) Área total das classes de aptidão para implantação de sistema de irrigação por pivô central em Buritizeiro, (b) área das classes de aptidão ocupada em 2021 por sistema de irrigação por pivô central, e (c) área das classes de aptidão ainda não ocupada em 2021 por sistema de irrigação por pivô central, com exceção da classe de aptidão ruim. ....	44



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classes de solo, características que interferem na irrigação por pivô central e os pesos para cada intervalo referente a aptidão para a instalação de sistema de irrigação por pivô central.....	32
Tabela 2 – Classes de declividade e pesos para cada intervalo referente a aptidão para a instalação de sistema de irrigação por pivô central. ....	33
Tabela 3 – Classes de distância de corpos hídricos e pesos para cada intervalo.....	35
Tabela 4 - Classes de uso e cobertura do solo e pesos para cada intervalo referente a aptidão para a instalação de sistema de irrigação por pivô central.....	37
Tabela 5 - Valores utilizados nesse trabalho e por outros autores para a ponderação de importância das classes para a instalação de sistema de irrigação por pivô central. ....	38
Tabela 6 – Identificação dos pivôs centrais em 2011 e 2021 e quantificação da área irrigada em hectares.....	42
Tabela 7 – Quantificação de área em hectares das classes de implantação de pivô central. ....	42
Tabela 8 – Quantificação de área em hectares e porcentagem ocupada por pivôs centrais em 2021 nas classes de aptidão. ....	43

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
APP	Área de Preservação Permanente
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FCA	Ferrovias Centro-Atlântica
EFVM	Estrada de Ferro Vitória a Minas
TIPLAM	Terminal Integrador Portuário Luiz Antônio Mesquita
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
MDE	Modelo Digital de Elevação
RMNE	Região Mineira do Nordeste
SiBCS	Sistema Brasileiro de Classificação de Solos
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SRTM	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>
TIPI	Terminal Integrador Pirapora
TIA	Terminal Integrador Araguari
TIPI	Terminal Integrador Pirapora
TIUB	Terminal Integrador Uberaba
TIGU	Terminal Integrador Guará
TISL	Terminal Integrador Santa Luzia

## SUMÁRIO

RESUMO.....	6
ABSTRACT .....	7
LISTA DE ILUSTRAÇÕES .....	8
INTRODUÇÃO.....	20
OBJETIVO .....	23
REFERENCIAL TEÓRICO.....	24
1. Sistema de Irrigação por pivô central.....	24
2. Análise espacial.....	26
METODOLOGIA.....	28
<b>Figura 2 - Localização do município de Buritizeiro em Minas Gerais e destaque para o limite do município de Buritizeiro. ....</b>	<b>28</b>
4. Camada de informações. ....	29
5. Camada de solo .....	30
<b>Figura 3 – (a) Classes de solo do município de Buritizeiro em Minas Gerais.....</b>	<b>31</b>
Tabela 1 - Classes de solo, características que interferem na irrigação por pivô central e os pesos para cada intervalo referente à aptidão para a instalação de sistema de irrigação por pivô central.....	32
6. Camada de declividade.....	32
<b>Figura 4 – (a) Modelo digital de elevação do município de Buritizeiro em Minas Gerais .....</b>	<b>33</b>
Tabela 2 – Classes de declividade e pesos para cada intervalo referente a aptidão para a instalação de sistema de irrigação por pivô central. ....	33
7. Camada de distância de corpos hídricos .....	33
<b>Figura 5 – (a) Distância dos corpos hídricos do município de Buritizeiro em Minas Gerais.....</b>	<b>34</b>
Tabela 3 – Classes de distância de corpos hídricos e pesos para cada intervalo.....	35
referente a aptidão para a instalação de sistema de irrigação por pivô central.....	35
8. Camada de uso e cobertura do solo.....	35
<b>Figura 6 – (a) Uso e cobertura do solo do município de Buritizeiro em Minas Gerais e (b) pesos atribuídos aos usos.....</b>	<b>37</b>
Tabela 4 - Classes de uso e cobertura do solo e pesos para cada intervalo referente à aptidão para a instalação de sistema de irrigação por pivô central.....	37
9. Mapa de aptidão agrícola .....	37
Tabela 5 - Valores utilizados nesse trabalho e por outros autores para a ponderação de importância das classes para a instalação de sistema de irrigação por pivô central. ....	38

10. Pivôs centrais instalados.....	38
<b>Figura 7 – (a) Identificação dos pivôs centrais em 2011 no município de Buritizeiro em Minas Gerais e (b) Identificação dos pivôs centrais em 2021 no município de Buritizeiro em Minas Gerais. ....</b>	<b>39</b>
11. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
<b>Figura 8 - Mapa de aptidão para implantação de irrigação por pivô central no município de Buritizeiro. ....</b>	<b>41</b>
Tabela 6 – Identificação dos pivôs centrais em 2011 e 2021 e quantificação da área irrigada em hectares.....	42
Tabela 7 – Quantificação de área em hectares das classes de implantação de pivô central. ....	42
Tabela 8 – Quantificação de área em hectares e porcentagem ocupada por pivôs centrais em 2021 nas classes de aptidão. ....	43
<b>Figura 9 - (a) Área total das classes de aptidão para implantação de sistema.....</b>	<b>44</b>
<b>de irrigação por pivô central em Buritizeiro, (b) área das classes de aptidão ocupada em 2021 por sistema de irrigação por pivô central, e (c) área das classes de aptidão ainda não ocupada em 2021 por sistema de irrigação por pivô central, com exceção da classe de aptidão ruim.....</b>	<b>44</b>
CONCLUSÃO.....	45
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	47

## INTRODUÇÃO

O município de Buritizeiro geograficamente está localizado no Norte de Minas Gerais e Alto Médio São Francisco, encontra-se em área de cerrado e integra o conjunto dos municípios mineiros da RMNE – Região Mineira do Nordeste. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, sendo o 4º maior município em extensão territorial do Estado de Minas Gerais, com 7.218,401km<sup>2</sup> de área territorial, o município fica atrás somente de João Pinheiro, Unaí e Paracatu, e uma população de 28.121 habitantes IBGE (2022). Buritizeiro também está entre as cidades que integram o Circuito Turístico Guimarães Rosa e constitui uma população que na sua diversidade compõem a história deste lugar, sendo sujeitos que se constituem e sendo constituídos no espaço vivido, sendo pescadores, lavadeiras, agricultores, barranqueiros, vazanteiros, geraizeiros que ocupam o espaço, ressignificando a sua territorialidade PREFEITURA MUNICIPAL DE BURITIZEIRO (2023).

O município situa-se às margens do rio São Francisco com mais de 300 km de extensão e da rodovia BR 365, Rodovia que liga o Triângulo e o Norte de Minas a Goiás e dá acesso à rodovia Rio Bahia, além de levar aos principais corredores viários para os demais Estados limítrofes com Minas. A BR-365 enfatiza sua importância econômica por meio do escoamento da produção agrícola do estado de Minas Gerais. Pela mesma a produção de grãos vindo da região do Centro-Oeste viajam até o porto de Santos, centro de escoamento agrícola, a rodovia ainda exerce o papel de abastecimento da região sul de Goiás e Minas Gerais, entre outros, com abastecimento de produtos industriais, materiais de construção e alimentos ESTADO DE MINAS GERAIS (2023).

No município de Pirapora município limítrofe de Buritizeiro, divididos somente pelo Rio São Francisco, se encontra o Terminal Integrador Pirapora (TIPI) que faz parte da Ferrovia Centro-Atlântica (FCA), é o principal eixo de integração entre as regiões Sudeste, Nordeste e Centro-oeste. Destaca-se como uma rota importante para o fluxo logístico de carga geral, por meio de suas conexões com outras ferrovias, permitindo o acesso aos maiores centros consumidores do país. Os ativos da VLI que fazem parte da FCA são: Terminal Integrador Araguari (TIA); Terminal Integrador Pirapora (TIPI); Terminal Integrador Uberaba (TIUB), Terminal Integrador Guará (TIGU) e Terminal

Integrador Santa Luzia (TISL). A FCA faz conexão com a Estrada de Ferro Vitória a Minas (EFVM) e forma um corredor de escoamento de grãos e açúcar para os Portos de Tubarão e TIPLAM (Terminal Integrador Portuário Luiz Antonio Mesquita).. Fatos que destacam um grande poder econômico de escoamento dos grãos para as regiões portuárias para possíveis exportações VLI. FERROVIA CENTRO-ATLÂNTICA (2023)

A expansão da demanda mundial por água, alimentos e energia é fenômeno que ocorre há décadas, tendo se intensificado nos últimos anos, em decorrência do aumento populacional nos países em desenvolvimento, da maior longevidade, da intensa urbanização, do incremento da classe média. Projeta-se, como consequência desses fatores, o crescimento da demanda global por energia em 40% e por água em 50% e a necessidade de expansão da produção de alimentos em 35% até 2030 EMBRAPA (2018).

O sistema de irrigação por pivô central é um dos mais populares e amplamente utilizados na agricultura brasileira, e é projetado que até o ano de 2040 haverá um total de 4,2 milhões de hectares irrigados com este sistema (ANA, 2021).

A técnica de irrigação por pivô central é descrita como "um sistema de irrigação no qual uma linha lateral suspensa por torres de sustentação dotadas de rodas e motores gira em torno de um ponto central, que é chamado de pivô. Desta maneira, a característica de tal técnica é a irrigação em círculos" sendo que o aumento da área coberta pela irrigação é possibilitado pela presença de um aspersor de grande porte do tipo canhão na extremidade final da linha lateral do pivô central BISCARO (2009).

A utilização da irrigação na agricultura tem se mostrado uma estratégia crucial para maximizar a produção global de alimentos, ao mesmo tempo que promove o desenvolvimento sustentável no campo e gera empregos e renda de forma consistente. Na atualidade, mais de 50% da população mundial depende de alimentos cultivados em áreas irrigadas (MANTOVANI et al., 2009).

Estudos realizados por Guimarães e Landau (2020) buscou realizar um levantamento das áreas irrigadas por pivô central, com base nas técnicas de geoprocessamento onde por um levantamento que identificou 22.292 pivôs centrais em todo o território brasileiro em 2020, resultando em uma área irrigada de 1.612.617,3 ha.

De acordo com os autores, o estado de Minas Gerais apresenta o maior número de equipamentos de irrigação do tipo pivô central, totalizando 8.541 unidades e uma área irrigada de 501.183,6 ha. Segundo ZAIDAN (2017) geoprocessamento é um conjunto de técnicas e métodos teóricos e computacionais relacionados à coleta, entrada, armazenamento, tratamento e processamento de dados georreferenciados, ou seja, dados que possuem uma posição específica no globo terrestre por meio de suas coordenadas geográficas.

AYERS E WESTCOT (1994) destacam a importância da identificação de áreas aptas para implantação dos sistemas de irrigação no processo de desenvolvimento da agricultura brasileira. Nesse sentido, a utilização dos sistemas de informações geográficas (SIG) tem se mostrado uma ferramenta importante no projeto e desenvolvimento de atividades agrícolas, permitindo a criação de bancos de dados e documentos cartográficos, como mapas temáticos, que podem ser utilizados para a identificação de áreas aptas para a introdução de sistemas de irrigação (CARVALHO *et al*, 2005)" (LIMA, 2013, p. 3).

De acordo com Alves e Azevedo (2013), existem três formas distintas de se utilizar o SIG: como ferramenta para a produção de mapas, como suporte para análise espacial e como banco de dados geográficos com funções de armazenamento e recuperação de informações espaciais. Cada uma dessas abordagens desempenha um papel importante no tratamento de informações geográficas necessárias para um estudo.

As ferramentas de análises espaciais através do SIG demonstraram ser eficientes na manipulação e integração dos dados utilizados para identificação e quantificação das áreas aptas a implantação de sistema de irrigação por pivô central, podendo ser uma alternativa viável para estudos de aptidão a irrigação CJ XAVIER (2021).

## **OBJETIVO**

### **Objetivo Geral**

O principal objetivo do presente trabalho foi analisar áreas aptas para implantação de pivôs centrais no município de Buritizeiro, localizado no Norte de Minas Gerais, levando como base de estudo técnicas de geoprocessamento.

### **Objetivo Específico**

Pretende-se realizar uma comparação do mapa gerado para áreas aptas à implantação de pivôs centrais com um mapa de identificação de pivôs centrais em operação no ano de 2021, buscando informações sobre a aptidão relativa às áreas em que se encontram.



## REFERENCIAL TEÓRICO

### 1. Sistema de Irrigação por pivô central

Para que seja abordados os aspectos aos quais esse estudo se propõe, se faz necessário, primeiramente, realizar uma pesquisa acerca da irrigação e o método de aspersão por pivô central.

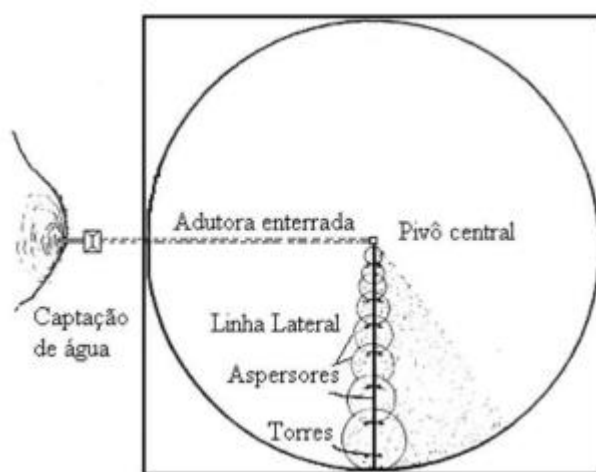
A irrigação é uma técnica milenar que nos últimos anos tem-se desenvolvido acentuadamente, apresentando equipamentos e sistemas para as mais distintas condições onde a história da irrigação confunde-se com a do desenvolvimento e prosperidade econômica dos povos. Com as civilizações antigas se desenvolveram-se em regiões áridas, onde a produção só era possível graças à irrigação e atualmente, mais da metade da população mundial depende de alimentos produzidos na agricultura irrigada. O contínuo crescimento da população mundial vem exigindo uma agricultura competitiva e tecnificada, que possibilite a produção de alimentos de melhor qualidade e em maior quantidade (BERNARDO et al., 2006).

Na agricultura moderna, desde aquela de grande escala, como a agricultura familiar, a irrigação pode ser uma tecnologia imprescindível para incrementar a produtividade das culturas. Deve ser, contudo, praticada com todos cuidados requeridos, para causar o menor impacto possível ao ambiente e ser sustentável por um longo período (EMÍLIO, 2010).

O sistema Pivô Central foi desenvolvido por Frank Ziback em 1949 quando era fazendeiro no Colorado, perto da cidade de Strasburg, a leste de Denver, nos Estados Unidos. Após muitas mudanças e ajustes, o sistema foi posto a trabalhar, e a patente americana foi solicitada em 1952. O primeiro sistema de irrigação por Pivô Central foi colocado à venda um ano após ter sido patenteado, desenvolvido através de um sistema mecânico denominado "*Trojam bar*" que era acionado pela água e atuando diretamente nas rodas das torres, promovia o deslocamento das mesmas (MARCHETTI, 1983).

A partir de 1961, o sistema começou a ser empregado com maior frequência e em 1973, somente nos EUA, a área irrigada por pivô central atingiu 800.000 hectares. Atualmente, esse sistema de irrigação está amplamente difundido em grande parte dos países, sendo responsável por irrigar mais de quatro milhões de hectares em todo o mundo BERNARDO *et al.* (2006).

O sistema de irrigação chamado Pivô Central consiste, basicamente, em diversos bocais de distribuição de água (aspersores), que podem ser aspersores de impacto (rotativos) ou sprays (fluxos), montados sobre uma linha lateral MARCHETTI (1983).



Fonte: (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006)

Segundo a ANA (2021) O uso de pivô central está entre os mais destacados e utilizados na agricultura brasileira, cuja projeção para 2040 é de 4,2 milhões de hectares irrigados. A possibilidade de ser utilizado em diversas culturas, adaptar-se a diferentes tipos de solos e ser automatizado, torna essa tecnologia muito atraente para os produtores, sendo assim, ela tem se destacado como a opção de maior crescimento nos últimos anos FGV (2016).

Diante da importância da irrigação para a produção agrícola, sendo passível de aumento de produção em uma mesma área, sendo capaz de produzir até três safras no ano, a identificação de áreas aptas para implantação dos sistemas de irrigação é fundamental no processo de desenvolvimento da agricultura brasileira (AYERS; WESTCOT, 1994 apud LIMA et al., 2013). Para selecionar as características mais apropriadas de um sistema de pivô central, é necessário conduzir um estudo do ambiente

agrícola onde ele será instalado. Esse estudo deve levar em conta fatores como as características do solo, topografia, clima, culturas a serem irrigadas, bem como a disponibilidade e o custo de energia (FOLEGATTI et al., 1998). Bernardo et al. (2006), o solo, a topografia e a cultura são considerados como limitações para a implantação desse sistema. Para o planejamento de novos projetos de irrigação, é fundamental considerar não apenas os parâmetros mencionados anteriormente, mas também a disponibilidade hídrica, conflitos pelo uso da água, qualidade e acesso a fontes de energia (GOMES et al., 2017). Além disso, é importante observar as características de uso e cobertura do solo.

## **2. Análise espacial**

Desde tempos antigos até hoje em dia, informações e dados espaciais têm sido apresentados de forma gráfica por geógrafos e cartógrafos, sendo utilizados por navegadores e outros profissionais. Segundo (Matsushita, 2014). o uso do geoprocessamento associado às geotecnologias tem proporcionado informações mais amplas, precisas e com maior agilidade.

A obtenção de informações sobre a distribuição geográfica de recursos minerais, propriedades rurais e urbanas, animais e plantas tem sido crucial nas atividades das sociedades organizadas. Essas informações têm sido utilizadas para impulsionar o desenvolvimento de muitos países, permitindo a ocupação territorial e o aproveitamento dos recursos naturais disponíveis (ROSA, 2011).

A análise espacial estabelece uma conexão entre o domínio fundamentalmente cartográfico e áreas de análise aplicada, estatística e modelagem, permitindo a combinação de variáveis georreferenciadas e a criação e análise de novas variáveis a partir delas, onde o ato de analisar implica em fragmentar, decompor em partes ou componentes visando identificar a estrutura e compreender um sistema em um contexto de análise espacial, a complexa realidade do espaço geográfico pode ser fragmentada em suas componentes ou derivadas obtidas a partir de uma base informativa geral. Portanto, a análise espacial também significa extrapolação e criação de novas informações capazes de proporcionar uma melhor compreensão, tanto de uma perspectiva isolada quanto integrada (ROSA, 2011).

Atualmente, compreender a distribuição espacial de dados originados de fenômenos que ocorrem no espaço é um desafio significativo para abordar questões centrais em várias áreas do conhecimento, incluindo saúde, meio ambiente, geologia, agronomia e muitas outras. Esses estudos estão se tornando cada vez mais comuns devido à disponibilidade de sistemas de informação geográfica (SIG) acessíveis e com interfaces amigáveis. Esses sistemas permitem a visualização espacial de variáveis, como a densidade populacional, índices de qualidade de vida ou vendas de uma empresa em uma determinada região, por meio de mapas. Tudo o que é necessário é ter um banco de dados e uma base geográfica, como um mapa de municípios, e o SIG pode gerar um mapa colorido que revela o padrão espacial do fenômeno em questão diante de ferramentas e etapas a serem feitas dentro do ambiente (CÂMARA et al., 2002).

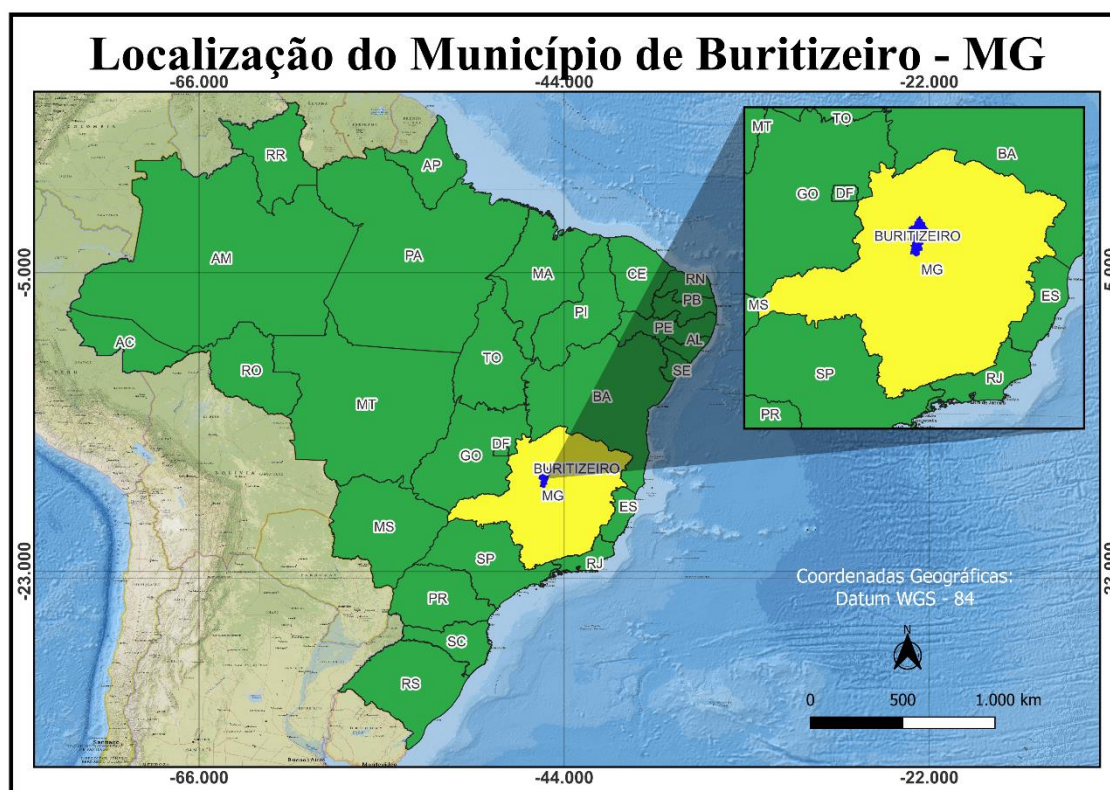
É evidente a possibilidade de aplicação com êxito das ferramentas de análise espacial com SIG em sistemas irrigados, necessitando-se mais estudos para o melhor planejamento da expansão almejada para o setor da agricultura irrigada.

## METODOLOGIA

### 3. Caracterização da área de estudo

A área estudada corresponde ao município de Buritizeiro, situado na região norte do estado de Minas Gerais, localizado nas coordenadas geográficas 17° 23' 53" Sul, 44° 59' 60" Oeste. (Figura 2).

Figura 2 - Localização do município de Buritizeiro em Minas Gerais e destaque para o limite do município de Buritizeiro.



O clima predominante no domínio do bioma Cerrado é o Tropical sazonal, de inverno seco. A temperatura média anual fica em torno de 22-23°C, sendo que as médias mensais apresentam pequena estacionalidade. As máximas absolutas mensais não variam

muito ao longo dos meses do ano, podendo chegar a mais de 40°C. Em geral, a precipitação média anual fica entre 1200 e 1800 mm. Disto resulta uma estação seca de 3 a 6 meses de duração. Caracterizando como um subtropical do tipo awc na classificação de Koppen – Geiger.

O período seco estende-se de abril a setembro e o período chuvoso de outubro a março, com verões úmidos e invernos secos, apresentando sempre uma deficiência hídrica prolongada nos períodos de seca. (SAAE, 2023). A região é originalmente coberta pela vegetação do Bioma Cerrado e suas gradações fitofisionômicas IEF (2005). Dentro de um quadro litogeomórfico, definido para a área, desenvolveu-se uma cobertura pedológica diferenciada, devido às influências do material de origem e do relevo, prevalecendo: Neossolos flúvicos e aluviais BAGGIO (2002).

Segundo a EMBRAPA (2021) os Neossolos são solos constituídos por material mineral ou por material orgânico pouco espesso, com insuficiência de manifestação dos atributos diagnósticos que caracterizam os diversos processos de formação dos solos, seja em razão de maior resistência do material de origem ou dos demais fatores de formação (clima, relevo ou tempo) que podem impedir ou limitar a evolução dos solos. Apresentam predomínio de características herdadas do material originário, sendo definido pelo SiBCS EMBRAPA (2006) como solos pouco evoluídos e sem a presença de horizonte diagnóstico. Abrangem diversos ambientes climáticos, associados desde áreas de relevos muito movimentados (ondulados a montanhosos) até as áreas planas, sob a influência do lençol freático.

Em áreas mais planas, os Neossolos, apresentam potencial para o uso agrícola principalmente os de maior fertilidade natural (eutróficos) e de maior profundidade, apresentam potencial para o uso agrícola. Os solos de baixa fertilidade natural (distróficos) e mais ácidos são mais dependentes do uso de adubação e de calagem para correção da acidez. Em ambientes de relevos mais declivosos, os Neossolos mais rasos apresentam fortes limitações para o uso agrícola relacionadas à restrição a mecanização e à forte suscetibilidade aos processos erosivos.

#### **4. Camada de informações.**

Para a integração e processamento dos dados espaciais, foi utilizado o software QGIS 3.4® em um ambiente de SIG. Foram consideradas quatro variáveis como pré-requisito para a implantação de um sistema de irrigação por pivô central, sendo a declividade do terreno, a distância do corpo hídrico, a classe de solo e o uso e cobertura do solo. Essas quatro camadas de informação são essenciais para identificar e delimitar as áreas adequadas para a instalação desses sistemas de irrigação por pivô central.

As camadas de informação foram estabelecidas considerando os principais requisitos que afetam a implantação de um sistema de irrigação por pivô central, levando em conta a capacidade de trabalhar essas informações em um ambiente SIG. Neste trabalho, não foi incluída uma variável específica para a cultura, uma vez que o objetivo não é definir uma cultura específica para a utilização da irrigação por pivô central.

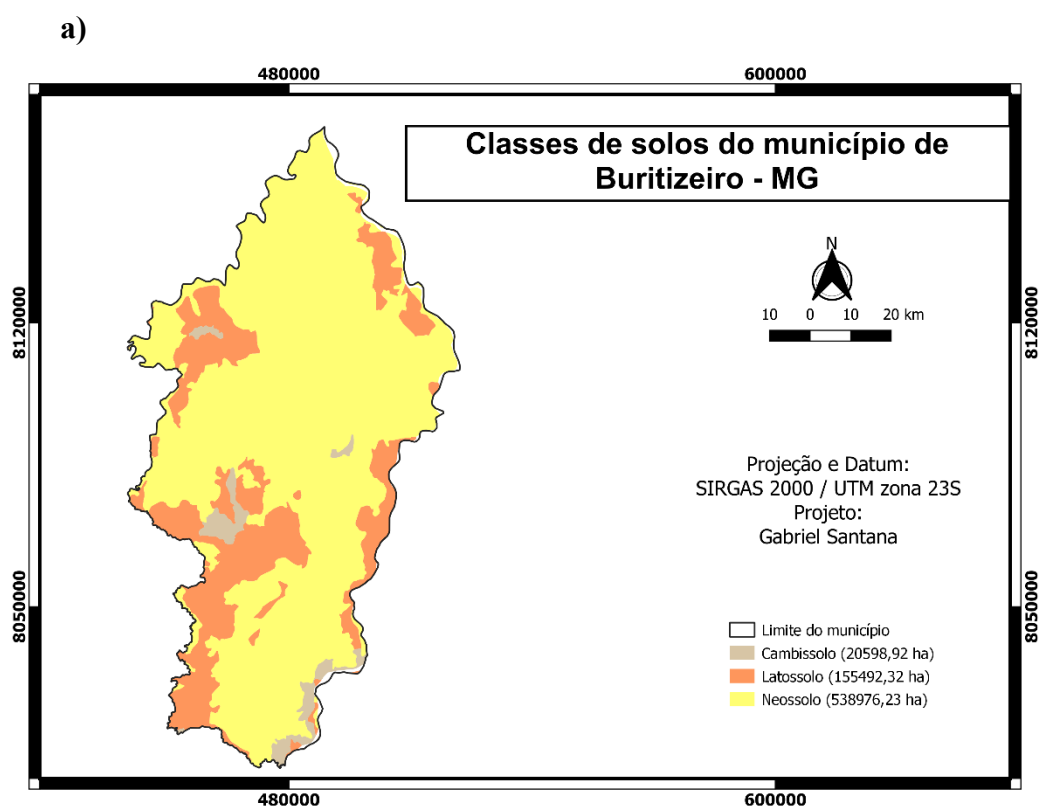
Para contemplar as informações sobre o tipo de cobertura do solo, foi utilizada a variável de uso e cobertura, que foi categorizada como restritiva. Isso ocorre porque existem áreas que não podem ser utilizadas para fins agrícolas devido à presença de vegetação natural, cidade ou outras condições que inviabilizam a implantação.

Para cada camada, foram estabelecidas classes com base em suas características específicas. Essas classes receberam pesos que foram utilizados no algoritmo da ferramenta de sobreposição ponderada das camadas. Os pesos foram atribuídos em uma escala de 1 a 9 para a implantação do sistema de irrigação por pivô central, sendo que o valor 1 representa uma classe menos adequada, enquanto o valor 9 indica uma classe mais adequada. Foi considerado que as áreas em que a implantação do sistema não é permitida, como aquelas com declividade superior a 30%, devem ser classificadas como "restritas".

## **5. Camada de solo**

Para criar a camada dos tipos de solo, foi utilizado um arquivo shapefile contendo informações sobre os solos do estado de Minas Gerais, fornecido pelo IDE Sisema. Os dados vetoriais foram recortados com o limite de município de Buritizeiro -MG e a partir dos solos presentes na análise, foram estudadas suas principais características, a fim de atribuir pesos para cada classe de solo. Na Figura 3 e na Tabela 1, estão apresentadas as classes definidas para os tipos de solo, juntamente com os pesos atribuídos a cada classe.

Figura 3 – (a) Classes de solo do município de Buritizeiro em Minas Gerais.





**Tabela 1 - Classes de solo, características que interferem na irrigação por pivô central e os pesos para cada intervalo referente à aptidão para a instalação de sistema de irrigação por pivô central.**

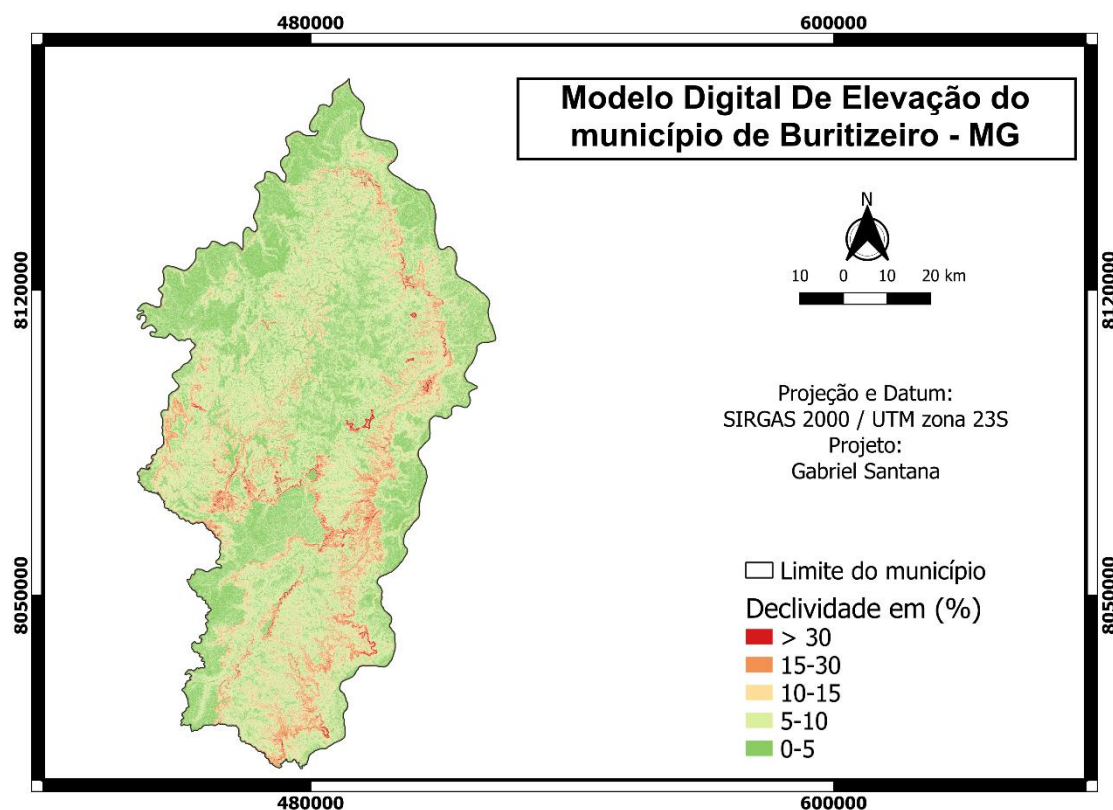
Classes de Solo	Características	Peso
Latossolo	Profundo, estruturado, bem drenado.	9
Cambissolo	Raso, pedregoso, elevado teor de minerais, potencial agrícola em áreas planas.	5
Neossolo	Raso, baixa retenção de umidade, restrição a mecanização, mais suscetível a processo erosivo.	1

## 6. Camada de declividade

As informações de declividade foram obtidas a partir dos dados SRTM com resolução de 20 metros, os quais foram adquiridos gratuitamente através do *Alos Palsar* da Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA). Devido ao tamanho da área de estudo, foi necessário utilizar nove cenas para cobrir completamente a região, sendo realizada a composição dessas cenas para formar um mosaico. Em seguida, foi criado um Modelo Digital de Elevação (MDE).

A declividade em porcentagem foi então extraída usando a ferramenta de *análise de declividade* para dados raster, e posteriormente, a declividade foi reclassificada usando a ferramenta *raster r.reclass*. A implantação de sistemas de irrigação por pivô central é considerada limitada em declividades superiores a 15% (BERNARDO, 2006; EVANS, 2001, citados em ELZUBEIR, 2018). No entanto, de acordo com a Embrapa (2019), declividades de até 30% podem ser toleradas, dependendo do espaçamento entre as torres. Com base nessa informação, a Tabela 2 e a Figura 4 exibem as classes estabelecidas para a declividade, bem como os pesos atribuídos a cada classe.

**Figura 4 – (a) Modelo digital de elevação do município de Buritizeiro em Minas Gerais .**



**Tabela 2 – Classes de declividade e pesos para cada intervalo referente a aptidão para a instalação de sistema de irrigação por pivô central.**

Declividade (%)	Peso
0-5	9
5-10	7
10-15	5
15-30	3
> 30	Restrito

## **7. Camada de distância de corpos hídricos**

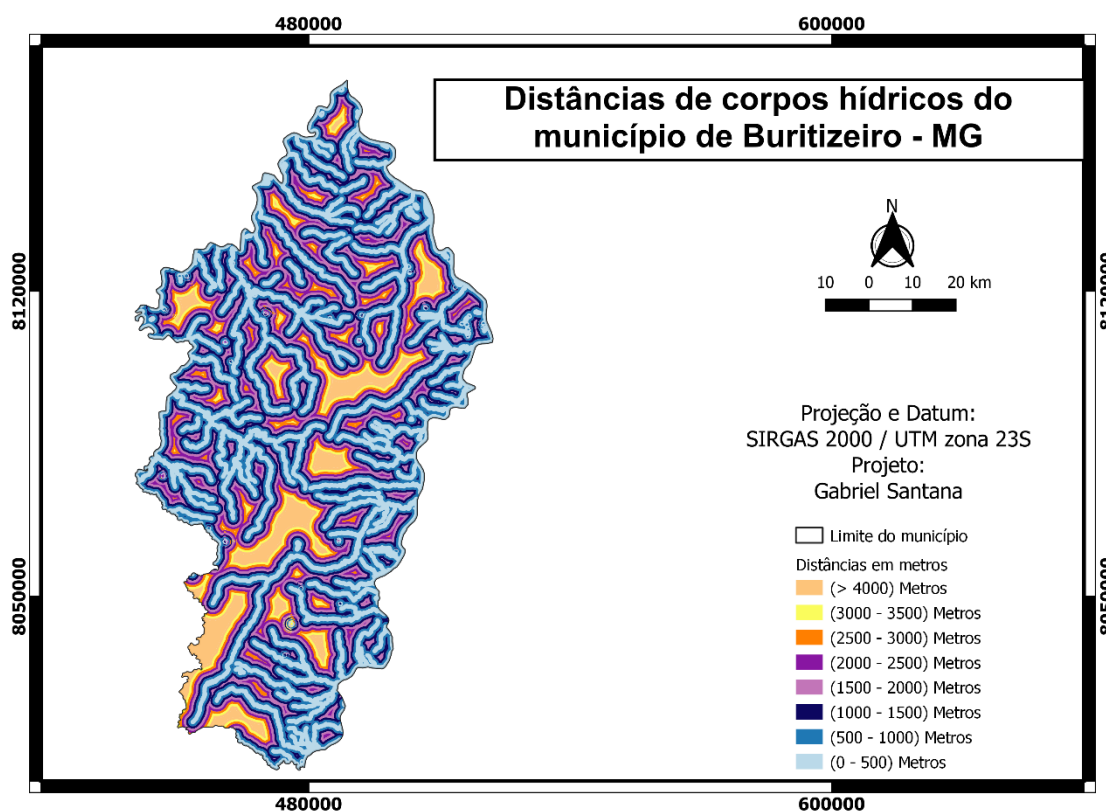
Para a elaboração da camada de distância de corpos hídricos foram utilizados dados em formato shapefile da hidrografia de Minas Gerais disponibilizado pelo IDE Sisema. Através dos dados de hidrografia seccionada para o município, foi aplicado o

algoritmo Multi Ring Buffer, responsável por criar múltiplas áreas equidistantes em torno dos recursos de entrada que não se sobrepõem. Portanto, as distâncias aos corpos hídricos se relacionam ao custo de implantação do sistema de irrigação via pivô central, pois, quanto mais distante, mais oneroso o custo com motobombas e tubulações (Martins et al., 2015).

De acordo com a Lei Nº 12.651/2012, é estabelecido que as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente devem ser mantidas como Área de Preservação Permanente (APP), com a largura da faixa variando de acordo com a largura do curso hídrico. Nesta análise, foi considerada uma APP de 30 metros ao longo de todos os corpos hídricos, sendo delimitada com base na camada vetorial da hidrografia do município e considerada como uma restrição para o estudo. A Tabela 2 e a Figura 5 apresentam as classes definidas para a distância de corpos hídricos e os pesos atribuídos a cada classe de acordo com Martins et al. (2015).

**Figura 5 – (a) Distância dos corpos hídricos do município de Buritizeiro em Minas Gerais.**

a)



**Tabela 3 – Classes de distância de corpos hídricos e pesos para cada intervalo referente a aptidão para a instalação de sistema de irrigação por pivô central**

Distância de corpos hídricos (m)	Peso
0-500	9
500-1000	8
1000 -1500	7
1500 - 2000	6
2000 - 2500	5
2500 - 3000	4
3000 - 3500	3
> 4000	2

## 8. Camada de uso e cobertura do solo

Para a elaboração da camada de distância de corpos hídricos foram utilizados dados em formato shapefile da vegetação de Minas Gerais disponibilizado pelo IDE Sisema. Para realizar o processamento, foi preciso corrigir a geometria utilizando a ferramenta GRASS e realizar o recorte vetorial para a área de estudo. Os dados resultantes foram agrupados em classes por meio da ferramenta de dissolução. Durante o trabalho, foram respeitadas as classes previamente definidas relacionadas às possibilidades agrícolas, aptidão agrícola e áreas não aplicáveis à agricultura. Devido ao fato do município conter uma vasta área denominada Cerrado diante de ser um tipo de vegetação nativa do local e pelo fato da área conter aptidão natural ao desenvolvimento agrícola foi denominado a essa área um peso diferente considerando-se a real de se tornar agrícola.

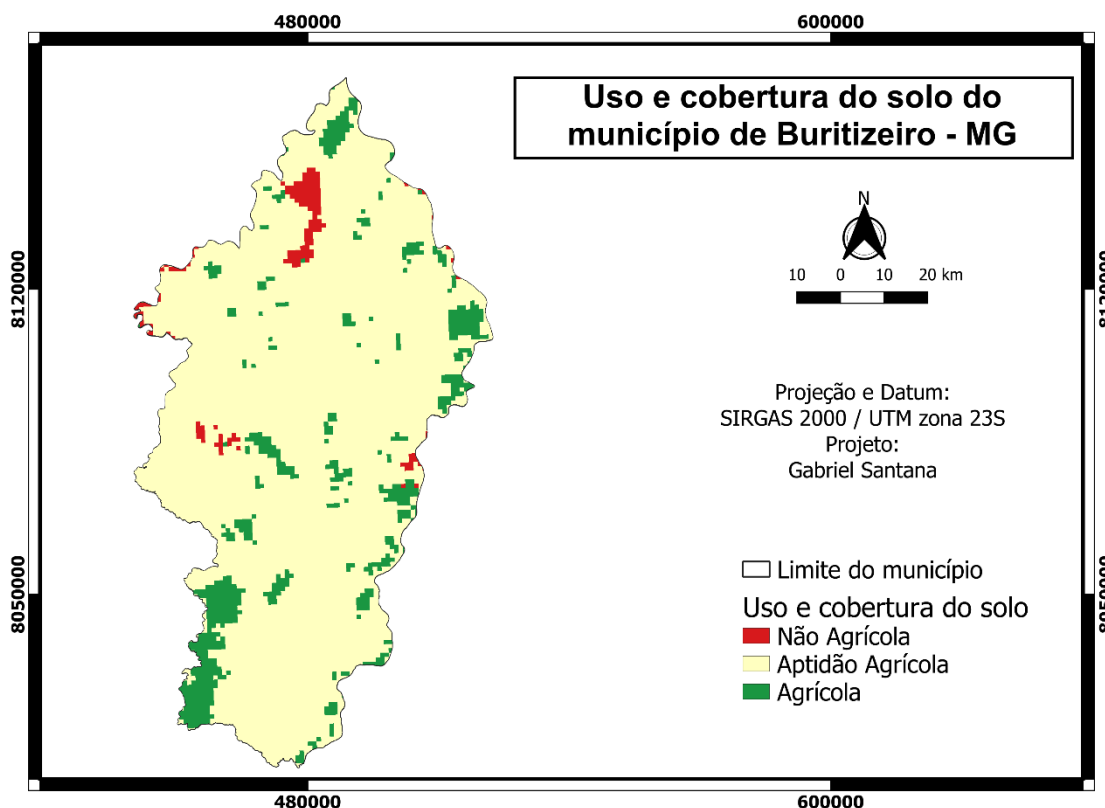
Segundo a EMBRAPA (2018), os imóveis rurais ocupam cerca de 70% do território do bioma Cerrado. Isso não significa, contudo, utilizar toda essa área para plantações e pastagens. O Código Florestal determina aos agricultores de todo o Brasil destinar uma parcela de suas terras à preservação da vegetação nativa, essencialmente em áreas de preservação permanentes (às margens de corpos d'água e topos de morros, por exemplo) e reserva legal. Esta última, na maior parte do Cerrado, deve corresponder a 20% da área do imóvel.

Antes de 2015, não havia instrumentos para contabilizar esses territórios e mensurar o papel da agricultura na preservação da vegetação nativa. A partir daquele ano, os produtores rurais começaram a fazer o Cadastro Ambiental Rural (CAR) de suas propriedades, também por determinação do Código Florestal (art. 29 § 1º III). Em um sistema on line geocodificado, eles delimitaram cartograficamente, além do perímetro do imóvel, “a localização dos remanescentes de vegetação nativa, das Áreas de Preservação Permanente, das Áreas de Uso Restrito, das áreas consolidadas e, caso existente, também da localização da Reserva Legal”.

Segundo a Agência Senado o Código Florestal (PLC 30/2011) os percentuais de reserva legal atualmente em vigor foram mantidos pelo texto aprovado no Senado. As regras determinam que, em imóveis rurais localizados na Amazônia Legal, a reserva será de 80% da propriedade nas áreas de florestas; 35% nas de cerrado; e 20% para os imóveis em áreas de campos gerais. Nas demais regiões do país, independentemente do tipo de vegetação, a área mínima de reserva é de 20%. Essas classes foram definidas em uso agrícola, aptidão agrícola e não agrícola, sendo exibidas na Tabela 4 e na Figura 6 as classes definidas de uso e cobertura do solo e os pesos atribuídos a cada classe.

**Figura 6 – (a) Uso e cobertura do solo do município de Buritizeiro em Minas Gerais e (b) pesos atribuídos aos usos.**

a)



**Tabela 4 - Classes de uso e cobertura do solo e pesos para cada intervalo referente à aptidão para a instalação de sistema de irrigação por pivô central.**

Uso e cobertura do solo	Características	Peso
Agrícola	Agricultura, pastagem e solo exposto	9
Aptidão Agrícola	Vegetação Cerrado	6
Não Agrícola	Área urbana, vegetação natural e corpos d'água	Restrito

## 9. Mapa de aptidão agrícola

O mapa de aptidão para irrigação por pivô central foi criado por meio do método de análise multicritério, utilizando a sobreposição ponderada das quatro camadas mencionadas anteriormente. Esse procedimento envolve a sobreposição de vários mapas *raster* utilizando uma escala de medição comum e atribuindo pesos a cada um de acordo

com sua importância relativa. Por meio dessa análise, foi possível determinar os graus de influência de cada camada, levando em consideração o estudo detalhado realizado para cada uma delas. Na Tabela 5 estão listados os valores atribuídos para a ponderação dos critérios, levando em consideração sua influência no objeto de estudo, bem como os valores adotados por outros pesquisadores em estudos similares.

**Tabela 5 - Valores utilizados nesse trabalho e por outros autores para a ponderação de importância das classes para a instalação de sistema de irrigação por pivô central.**

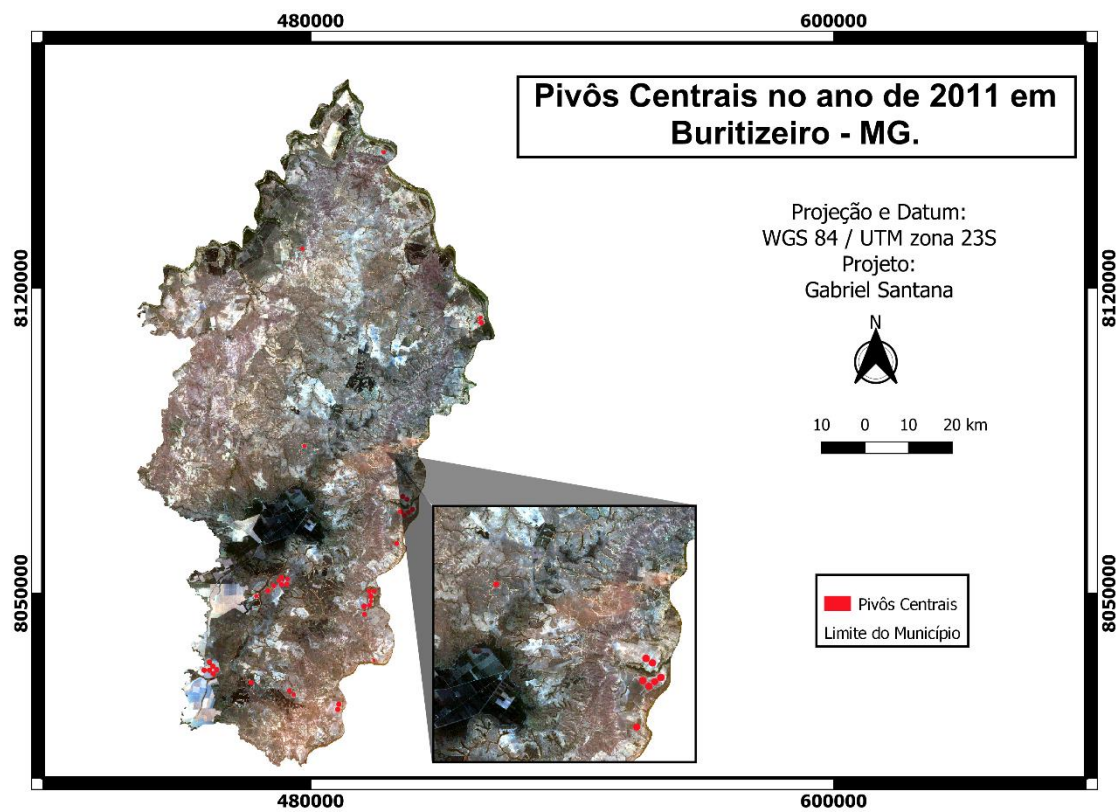
Camada	Adotado	Lima et al. (2013)	Martins et al. (2015)	Gomes et al. (2017)
Importância (%)				
Declividade	35	40	40	10
Distância de corpos hídricos	35	40	40	40
Classe de solo	20	20	20	10
Uso e cobertura do solo	10	-	-	40

## 10. Pivôs centrais instalados

Para comparação das áreas de aptidão geradas foi feita a identificação do número de pivôs centrais instalados em 2011 e 2021 com intuito de identificar o crescimento da área irrigada no município e comparar o mapa de aptidão gerado para a implantação de sistemas de irrigação por pivô central. Para realizar essa comparação, as áreas com pivôs centrais instalados foram identificadas por meio de digitalização e interpretação visual de imagens de satélite Landsat 5 no ano de 2011 e Landsat 8 do ano de 2021. Os pivôs instalados nos anos de 2011 e 2021 são identificados nas Figuras 7a e 7b, respectivamente.

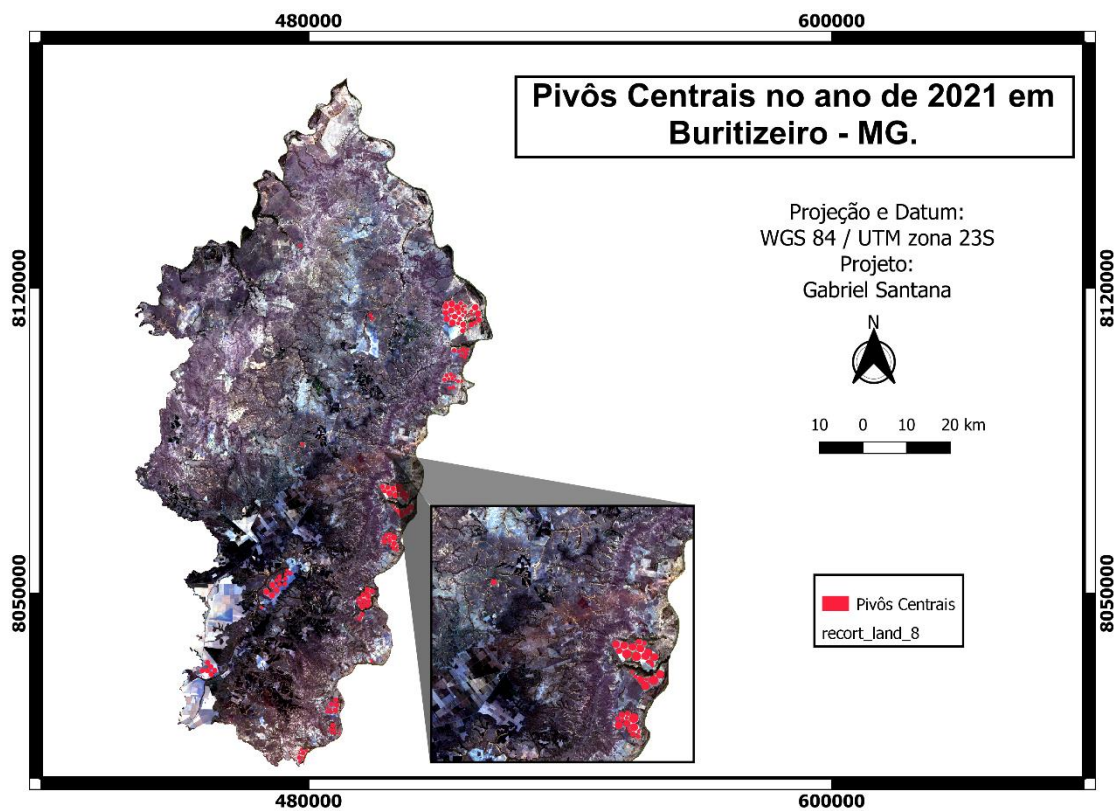
Figura 7 – (a) Identificação dos pivôs centrais em 2011 no município de Buritizeiro em Minas Gerais e (b) Identificação dos pivôs centrais em 2021 no município de Buritizeiro em Minas Gerais.

a)





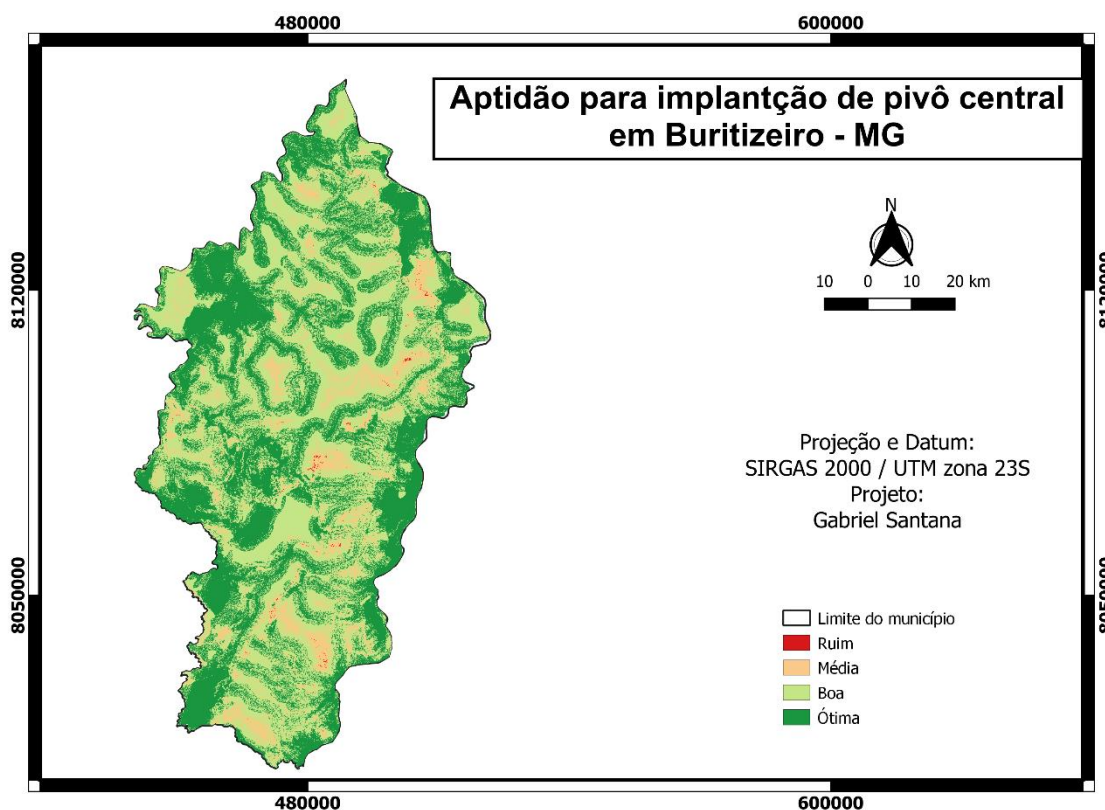
b)



## 11. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 7, é exibido o mapa de aptidão para implantação de irrigação por pivô central no município de Buritizeiro. A integração das camadas resultou em um mapa de aptidão composto por 4 classes, as quais representam as distintas características de aptidão classificadas como ruim, média, boa ou ótima.

Figura 8 - Mapa de aptidão para implantação de irrigação por pivô central no município de Buritizeiro.



Segundo (GOMES et al., 2017), áreas que possuem elevadas declividades e são intensamente utilizadas para atividades agrícolas podem apresentar certos problemas, tais como compactação do solo, redução da capacidade de absorção de água e, conseqüentemente, aumento do escoamento superficial. Portanto, devido a essas razões, áreas com declividades mais íngremes, como os dobramentos encontrados nessa região, não são adequadas para a expansão da agricultura irrigada por meio de pivô central.

Em um estudo similar realizado no município de Santa Helena de Goiás - GO, Gomes et al. (2017) identificaram condições altamente favoráveis para a implantação agrícola em mais de 98% da área de estudo. Essa conclusão foi justificada pela presença predominante de características como baixa declividade, a presença de solos do tipo Latossolo e uma alta densidade de canais superficiais.

As áreas identificadas como ótimas para a implantação de irrigação por pivô central estão localizadas em regiões com baixas declividades, proximidade adequada com cursos d'água, presença de solo da classe latossolo e áreas destinadas a uso agrícola. Essa

coincidência era esperada, uma vez que essas características são consideradas as mais favoráveis para a implementação desse sistema.

Na Tabela 6 está listado a quantidades de pivôs centrais identificados nas análises correspondentes aos anos de 2011 e 2021 e a quantificação da área irrigada correspondente.

**Tabela 6 – Identificação dos pivôs centrais em 2011 e 2021 e quantificação da área irrigada em hectares.**

Números de pivôs instalados	Ano	Área irrigada (ha)
44	2011	3.925
149	2021	11.865

Pelos dados supracitados foi possível identificar um aumento de 7.940 hectares irrigados, correspondendo ao aumento de 105 pivôs e um aumento de 302% de área irrigada no município. Os valores de aumento mostram a evolução do município na agricultura com o passar dos anos. Feita quantificação das áreas pelas classes de implantação de pivôs centrais diante do mapa de aptidão, pode-se ter o valor correspondente em hectares das classes analisadas, representadas na Tabela 7.

**Tabela 7 – Quantificação de área em hectares das classes de implantação de pivô central.**

Classes de aptidão para implantação de pivô central	Área total (ha)
Ótima	303593,87
Boa	347885,63
Média	59749,91
Ruim	1806,8

Feito a sobreposição dos pivôs do ano de 2021 nas classes de aptidão com interesse em saber a área e a porcentagem desses equipamentos alocados nas boas áreas, obteve-se o número de área em hectares representadas pelos pivôs correspondentes a cada classe e a porcentagem dos mesmos quanto a área total da classe correspondente. Na Tabela 8 está representado o estudo de sobreposição desses pivôs.

**Tabela 8 – Quantificação de área em hectares e porcentagem ocupada por pivôs centrais em 2021 nas classes de aptidão.**

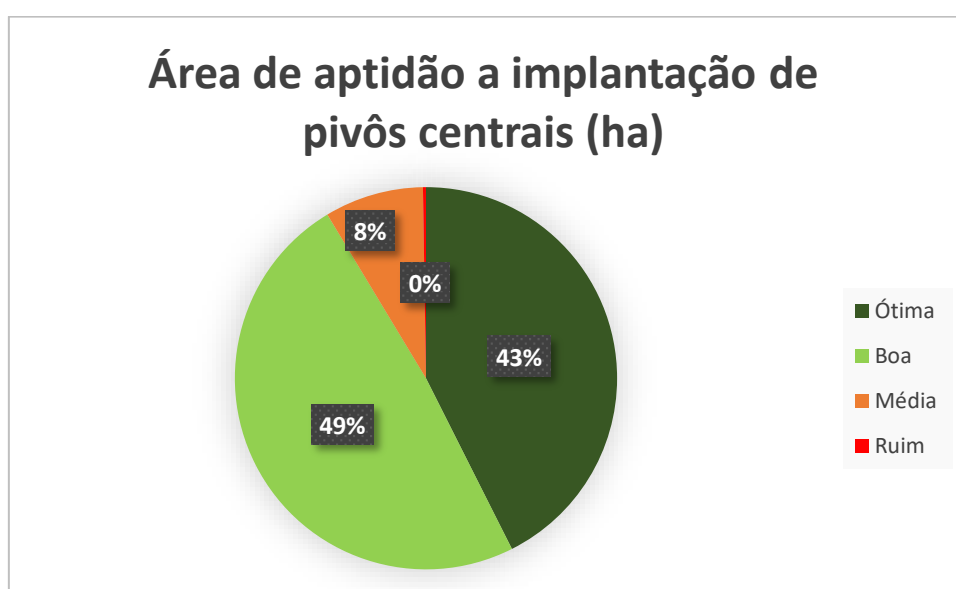
Classes ocupadas pelos por pivôs centrais em 2021	Área total (ha)	Porcentagem (%)
Ótima	6736,89	2,22
Boa	4868,54	1,40
Média	205,47	0,34
Ruim	0	0,00

Para demonstrar o potencial do município de Buritizeiro em relação à implantação de pivôs centrais, foi criado três gráficos que levam em consideração as seguintes informações, (a) Área total das classes de aptidão para implantação de sistema de irrigação por pivô central em Buritizeiro, esse valor representa a soma das áreas de todas as classes de aptidão do município que são adequadas para a implantação de sistemas de irrigação por pivô central em porcentagem. Essas classes de aptidão são determinadas com base em critérios como disponibilidade de água, qualidade do solo e declividade e uso e ocupação do solo. (b) Área das classes de aptidão ocupada em 2021 por sistema de irrigação por pivô central: Essa é a área total do município que já está ocupada por sistemas de irrigação por pivô central até o ano de 2021. Essa informação mostra o nível de adoção desses sistemas no município até o momento. (c) Área das classes de aptidão ainda não ocupada em 2021 por sistema de irrigação por pivô central, com exceção da classe de aptidão ruim: Essa é a área restante do município que ainda não está ocupada por sistemas de irrigação por pivô central, excluindo a classe de aptidão considerada ruim. Essa área representa o potencial de expansão e implantação de novos sistemas de irrigação por pivô central em Buritizeiro. Com base nesses três conjuntos de dados, o gráfico mostra a distribuição dessas áreas e destaca a área total de aptidão para implantação de

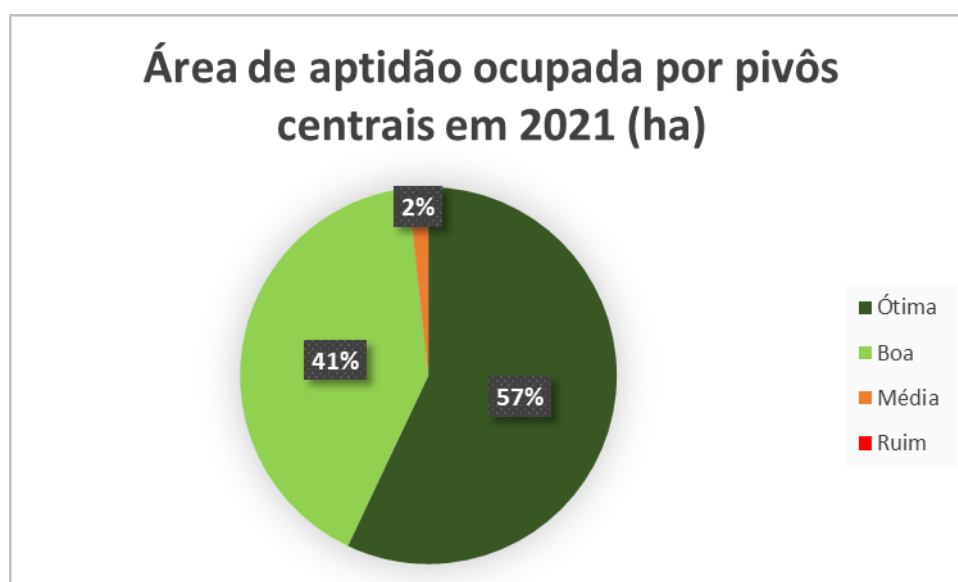
pivôs centrais, a área já ocupada e a área disponível para futuras implementações. Essa representação visual ajuda a demonstrar o potencial do município em termos de aptidão para a utilização desse tipo de sistema de irrigação.

**Figura 9 - (a) Área total das classes de aptidão para implantação de sistema de irrigação por pivô central em Buritizeiro, (b) área das classes de aptidão ocupada em 2021 por sistema de irrigação por pivô central, e (c) área das classes de aptidão ainda não ocupada em 2021 por sistema de irrigação por pivô central, com exceção da classe de aptidão ruim.**

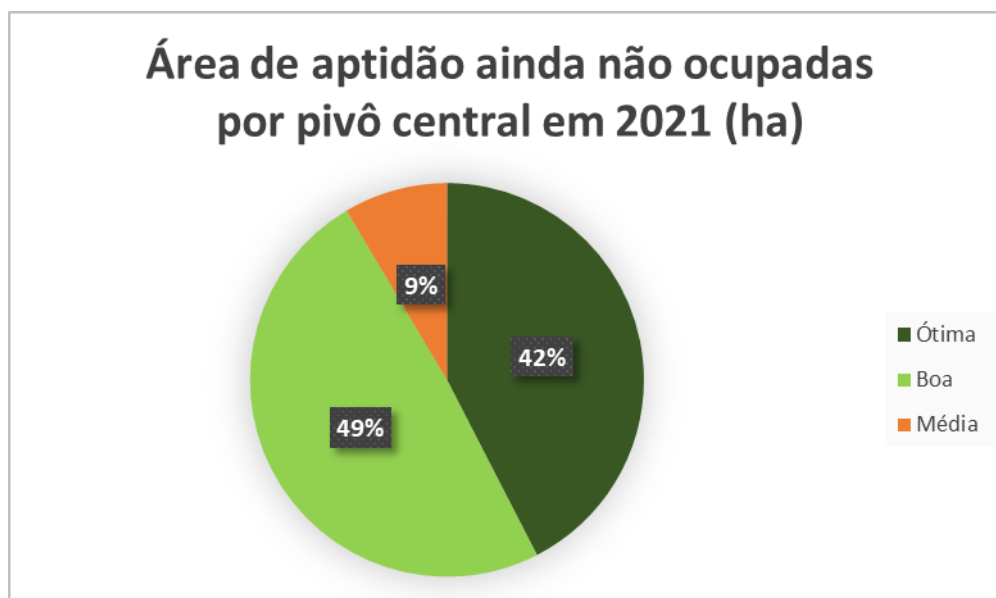
a)



b)



c)



## CONCLUSÃO

No município de Buritizeiro, a utilização de irrigação por pivô central teve um crescimento significativo em áreas específicas, localizadas principalmente às margens do Rio São Francisco. Essas áreas são influenciadas pela disponibilidade de água e apresentam um relevo mais plano ou com baixas declividades, o que favorece a implantação desses sistemas.

Ao longo de um período de dez anos, observou-se um aumento na área irrigada. Em 2011, eram utilizados 44 pivôs centrais para irrigar uma área de 3.925 hectares. No ano de 2021, essa área irrigada aumentou para 11.865 hectares, representando um acréscimo de 105 pivôs centrais e um aumento de 302% na área irrigada no município. Esses números impulsionam a agricultura na região, transformando-a em um mercado promissor para produtores, gerando empregos e aumentando a demanda local, além de contribuir para o desenvolvimento econômico do município.

Conclui-se, portanto, que o município de Buritizeiro possui uma grande aptidão e potencial para a implantação e expansão de sistemas de irrigação por pivô central. É importante considerar informações complementares, como mapas de aptidão específicos para diferentes culturas, a fim de embasar ainda mais as análises e auxiliar na tomada de

decisões. Além da aptidão, fatores como custo e disponibilidade de energia, disponibilidade e qualidade da água também devem ser considerados ao implantar um sistema de irrigação por pivô central.

O método de sobreposição ponderada demonstrou bons resultados no mapeamento, comprovados pela concordância entre as áreas irrigadas existentes e as áreas classificadas como aptas para irrigação. As ferramentas de análise espacial oferecidas por Sistemas de Informação Geográfica (SIG) mostraram-se eficientes na manipulação e integração dos dados utilizados para identificação e quantificação das áreas aptas e inaptas para a implantação de sistemas de irrigação por pivô central. As metodologias empregadas neste estudo mostraram-se viáveis para análises de aptidão nesse contexto.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA SENADO. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2011/12/07/novo-codigo-florestal-mantem-percentuais-de-reserva-legal-mas-isenta-parte-dos-produtores-da-recomposicao#:~:text=As%20regras%20determinam%20que%2C%20em,de%20reserva%20C3%A9%20de%2020%25>. Acesso em: 04 de junho de 2023.

ALVES, T. L. B; AZEVEDO, P ,V de. Estudo de bacias hidrográficas como suporte à gestão dos recursos naturais. Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal, v. 10, p. 166–184, mar./abr 2013.

ANA. (2021). Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada. Agência Nacional de Águas.

BAGGIO, H.F. Alterações na paisagem natural e agrícola do município de Buritizeiro – MG: implicações do plantio generalizado de pinus e eucaliptos no meio ambiente físico, biológico e socioeconômico. 2002. 149 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Instituto de Geociências - Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. Belo Horizonte, 2002.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. Manual de irrigação. 8ª edição. Viçosa, MG: Editora UFV, 625 p. 2006.

BISCARO, G. A. Sistemas de irrigação por aspersão. Dourados: Editora da UFGD, 2009. 134 p.

CÂMARA, G. et al. Análise espacial de áreas. In: FUCKS, S. D. et al. Análise espacial de dados geográficos. 1ª ed. São José dos Campos: INPE, 2002.

ELZUBEIR, A. O. Survey Study of Centre Pivot Irrigation System in Northern State (Sudan). International Journal of Science and Qualitative Analysis, v. 4, n. 1, 2018.

EMBRAPA . Preservação Rural. Disponível em: <https://www.embrapa.br/bioma-cerrado/preservacao-rural>. Acesso em: 04 de junho de 2023.



EMBRAPA, Métodos de irrigação. Disponível em: <[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01\\_72\\_16820051120.html](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_72_16820051120.html)>. Acesso em: 04 de junho de 2023.

EMBRAPA. Visão 2030 - o futuro da agricultura brasileira. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2012. 120 p.

EMÍLIO, P. P. A (2010). Manejo da irrigação. Ano Base 2010. Embrapa Milho e Sorgo.

ESRI. What is a TIN surface? Disponível em: <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/manage-data/tin/fundamentals-of-tinsurfaces.htm>>. Acesso em: 04 de junho de 2023.

FGV (2016). Estudo sobre eficiência do uso da água no Brasil: Análise do Impacto da Irrigação na Agricultura Brasileira e Potencial de Produção de Alimentos Face ao Aquecimento Global. Relatório Técnico, EESP – FGV.

GOMES, L. F.; SOARES, J. A. B.; SANTOS, L. N. S.; GIONGO, P. R. Geotecnologias aplicada na identificação de áreas aptas a implantação de irrigação por pivô central no cerrado. In: IV INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING. Fortaleza, CE. 2017.

GUIMARÃES, D. P. & LANDAU, E. C. (2020). Georreferenciamento dos Pivôs Centrais de Irrigação no Brasil: Ano Base 2020. Embrapa Milho e Sorgo.

IEF – INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS. 2005. Mapeamento da cobertura vegetal e uso do solo do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: IEF, 2005.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Buritizeiro - MG. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/buritizeiro.html>. Acesso em: 01 de Maio de 2023.

LIMA, P. H. P.; JUSTINA, D. D. D.; LIMA, L. E. P.; PRUDENTE, V. H. R.; SOUZA, C. H. W.; MERCANTE, E. Identificação de áreas aptas à implantação de irrigação por pivô central no município de Unai-MG utilizando ferramental do SIG. Anais: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR. INPE. Foz do Iguaçu, PR. 2013.

LIMA, P. H. P.; JUSTINA, D. D. D.; LIMA, L. E. P.; PRUDENTE, V. H. R.; SOUZA, C. H. W.; MERCANTE, E. Identificação de áreas aptas à implantação de irrigação por pivô central no município de Unaí-MG utilizando ferramental do SIG. Anais: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR. INPE. Foz do Iguaçu, PR. 2013.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. Irrigação Princípios e Métodos. 3ª edição. Viçosa, MG: Editora UFV, 355 p. 2009.

MARCHETTI, Delmar. Irrigação por Pivô Central. Brasília. EMBRAPA·ATA. 1983. 23 p. (EMBRAPA-ATA. Circular Técnica. 1). 1. Irrigação·Aspersão-Pivô Central. I. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Assessoria Técnico-Administrativa. Brasília, DF. 11. Título. 111. Série.

MATSUSHITA, M. S. (2014). Trabalhos da Extensão Rural com uso de Geoprocessamento. Curitiba: Instituto Emater, 439 p.

Prefeitura Municipal de Buritizeiro. História da cidade. Disponível em: <https://www.buritizeiro.mg.gov.br/textos/Historia-da-Cidade-/6/>. Acesso em: 01 de Maio de 2023.

SAAE 2023. Disponível em: <http://www.saaepirapora.com.br/1.0/index.php/saae/pirapora-mg/caracteristicas-geograficas>. Acesso em: 04 de junho de 2023.

VLI. Ferrovia Centro-Atlântica (FCA). Disponível em: <https://www.vli-logistica.com.br/ativos-mapa/ferrovia-centro-atlantica-fca/>. Acesso em: 01 maio de 2023.

XAVIER, CJ; FERREIRA, ML; SANTIAGO, NÓS; RODRIGUES, R. de C. Geoprocessamento aplicado à identificação de áreas aptas à implantação de pivôs centrais. *Investigação, Sociedade e Desenvolvimento*, [S. l.], v. 10, n. 8, pág. e6110817038, 2021.

ZAIDAN, R. T. (2017). Geoprocessamento Conceitos e Definições. *Revista de Geografia*, 7(2), 195-201.

