

TALITA TELES ASSUNÇÃO

**EVOLUÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DOS PIVÔS CENTRAIS NA PORÇÃO DA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARANÁ, MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Informações Geoespaciais da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, como parte das exigências para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. Marcelo Tomio Matsuoka.

Coorientador

Prof. Dr. Vinicius Francisco Rofatto.

**MONTE CARMELO
MINAS GERAIS - BRASIL
2021**

TALITA TELES ASSUNÇÃO

**EVOLUÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DOS PIVÔS CENTRAIS NA PORÇÃO DA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARANÁ, MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Informações Geoespaciais da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, como parte das exigências para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 28 de julho de 2021.

Banca examinadora

Prof. Dr. Marcelo Tomio Matsuoka - Instituto de Geografia – (UFU)

Prof. Dr. Eusímio Felisbino Fraga Junior – Instituto de Ciências Agrárias (UFU)

Prof. Dr. Wellington Nunes de Oliveira – Escola de engenharia Civil e Ambiental (UFG)

MARCELO TOMIO MATSUOKA
Instituto de Geografia – (UFU)
(Orientador)

**MONTE CARMELO
MINAS GERAIS - BRASIL
2021**

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

A851 2021	<p>Assunção, Talita Teles, 1985- EVOLUÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DOS PIVÔS CENTRAIS NA PORÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARANÁ, MINAS GERAIS [recurso eletrônico] / Talita Teles Assunção. - 2021.</p> <p>Orientador: Marcelo Tomio Matsuoka. Coorientador: Vinicius Francisco Rofatto. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Agricultura e Informações Geoespaciais. Modo de acesso: Internet. Disponível em: http://doi.org/10.14393/ufu.di.2021.348 Inclui bibliografia. Inclui ilustrações.</p> <p>1. Agronomia. I. Matsuoka, Marcelo Tomio, 1978-, (Orient.). II. Rofatto, Vinicius Francisco, 1986-, (Coorient.). III. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação em Agricultura e Informações Geoespaciais. IV. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU: 631</p>
--------------	--

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
 Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Informações
 Geoespaciais
 Rodovia LMG 746, Km 01, s/nº, Bloco 1AMC, Sala 1A202, Monte Carmelo-MG, CEP 38.500-000
 Telefone: (34) 3810-1033 - ppgaig@iciag.ufu.br



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Agricultura e Informações Geoespaciais				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico				
Data:	28/07/2021	Hora de início:	19:00	Hora de encerramento:	21:30
Matrícula do Discente:	31922AIG012				
Nome do Discente:	Talita Teles Assunção				
Título do Trabalho:	Evolução espaço-temporal dos pivôs centrais na porção da bacia hidrográfica do rio Paraná Minas Gerais				
Área de concentração:	Informações geoespaciais e tecnologias aplicadas à produção agrícola				
Linha de pesquisa:	Aplicações e desenvolvimento de métodos em informações espaciais				

Reuniu-se na sala virtual conferenciaweb.rnp.br/webconf/marcelo-tomio-matsuoka a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Agricultura e Informações Geoespaciais, assim composta: Dr. Eusímio Felisbino Fraga Junior (UFU), Dr. Wellington Nunes de Oliveira (EECA/UFMG), Dr. Marcelo Tomio Matsuoka (UFU) – orientador(a) do(a) candidato(a).

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dr. Marcelo Tomio Matsuoka, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovada.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Marcelo Tomio Matsuoka, Professor(a) do Magistério Superior**, em 29/07/2021, às 16:58, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **WELLINGTON NUNES DE OLIVEIRA, Usuário Externo**, em 29/07/2021, às 20:57, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Eusimio Felisbino Fraga Junior, Professor(a) do Magistério Superior**, em 30/07/2021, às 07:54, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2937785** e o código CRC **CA7DFD4B**.

*Dedico
Ao meu esposo Sander e nossa filha Valentina.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me proporcionado tal conhecimento, saúde e força de vontade para superar todos os desafios.

Ao meu esposo Sander por todo o apoio, carinho, dedicação e cuidado com nossa filha Valentina e pela paciência nas horas difíceis.

Aos meus pais, Arinaldo e Margarida por sempre me incentivarem a correr atrás dos meus sonhos, obrigada pelo apoio e ajuda com a nossa filha.

A minha irmã, Tatiane pela amizade, apoio e momentos de descontração.

A meus sogros Juarez e Dagma, pelo apoio dedicado a nós e a nossa filha durante este período.

Aos meus amigos Fernando, Bruno, Vinícius, Juliano, Samuel, Carlos, Rodolfo e Jandir pelos momentos de descontração, por compartilhar seus conhecimentos, ajuda e apoio.

Aos meus colegas da primeira turma da pós-graduação que serão lembrados para sempre pela boa convivência, amizade, ajuda e ensinamentos compartilhados.

Além destes, este trabalho não seria possível sem o estímulo, apoio, dedicação e comprometimento do meu orientador Prof. Dr. Marcelo Tomio Matsuoka e do meu coorientador Prof. Dr. Vinicius Francisco Rofatto que sempre me orientaram com sabedoria.

Agradeço ao Prof. Dr. Eusímio Felisbino Fraga Junior por gentilmente ter aceitado o convite de também contribuir para este trabalho importante para mim.

Agradeço ao Prof. Dr. Wellington Nunes de Oliveirapor ter aceitado o convite de participar da minha banca de defesa e compartilhar comigo seus conhecimentos sempre que preciso.

Por fim, agradeço ao Programa de Pós-graduação em Agricultura e Informações Geoespaciais, aos docentes por todo suporte acadêmico e à Universidade Federal de Uberlândia, pela oportunidade de realizar o curso de Mestrado.

Muito obrigado a todos!

BIOGRAFIA

Talita Teles Assunção nasceu em Goiânia, Goiás, Brasil, 1985. Graduada em Geoprocessamento pelo Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de Goiás (IFG), Goiás, Brasil em 2012. Especialista em Planejamento e Gestão Ambiental pela Universidade Estadual de Goiás (UEG) em 2018, Especialista em Saneamento e Saúde Ambiental pela Universidade Federal de Goiás (UFG) em 2020. Seus interesses de pesquisa incluem o desenvolvimento de técnicas de processamento e análise de imagem multiespectral em ambientes, agrícola, ambiental e minerários.

SUMÁRIO

RESUMO	i
ABSTRACT	ii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivos	2
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	3
2.1 Área de Estudo	3
2.2. Dados Disponíveis.....	5
2.3. Validação da metodologia de obtenção de área de pivôs centrais por imagem de satélites	6
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	8
4. CONCLUSÃO.....	15
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	16

ASSUNÇÃO, TALITA TELES. EVOLUÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DOS PIVÔS CENTRAIS NA PORÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARANÁ, MINAS GERAIS . 2021. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Informações Geoespaciais) - Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, Minas Gerais, Brasil.

RESUMO

As imagens de satélite de média resolução espacial (20 metros) são bastante utilizadas no mapeamento de pivôs centrais. A razão disso é que os pivôs possuem formas circulares bem definidas, o que facilita sua identificação nas imagens. Este trabalho descreve a evolução espaço-temporal do uso da técnica de irrigação de pivôs centrais na porção da bacia hidrográfica do rio Paraná no estado de Minas Gerais. Esta região da bacia contém parte das sub-bacias do rio Paranaíba, rio Grande e rios Piracicaba e Jaguari. Este estudo possui a finalidade de conhecer o crescimento da expansão a realidade atual na agricultura irrigada. Foram identificadas 3.889 unidades de pivôs centrais no ano de 2019, sendo essa quantidade de pivôs superior a todo estado de Minas Gerais no período de 2008 a 2010 (3.781). O maior número de pivôs centrais encontra-se nos municípios de Unaí e rio Paranaíba, com 362 e 315 unidades, respectivamente. O valor total estimado de áreas irrigadas é de 222.434 hectares, valor próximo de toda área irrigada no estado de Minas Gerais entre os anos de 2008 a 2010 (254.875 hectares). A maior área irrigada foi de 276 hectares (Perdizes) e a menor de 2 hectares (Centralina), ambas localizadas na porção da sub-bacia do rio Paranaíba. Em relação a parcela das sub-bacias na área de estudo, rio Paranaíba possui uma área 18% menor em relação a rio Grande, porém, rio Paranaíba possui um quantitativo de área irrigada com pivô central que é 74% maior que o de rio Grande. A parte das sub-bacias de rios Piracicaba e Jaguari não possuem nenhum pivô central.

Palavras-chave: Irrigação, Pivô Central, Geoprocessamento, Bacia Hidrográfica, Sub-bacias.

ASSUMPTION, TALITA TELES. **TEMPORAL-SPATIALEVOLUTION OF THE CENTRAL PIVOTS IN THE PORTION OF THE PARANÁ RIVER HYDROGRAPHIC BASIN, MINAS GERAIS.** 2021. Dissertation (Masters in Agriculture and Geospatial Information) - Federal University of Uberlândia, Campus Monte Carmelo, Minas Gerais, Brazil.

ABSTRACT

Medium-resolution spatial satellite images (20 meters) are widely used in the mapping of central pivots. The reason for this is that pivots have well-defined circular shapes, which facilitates their identification in the images. This paper describes the temporal-spatial evolution of using central pivot irrigation technique in Paraná river basin in the state of Minas Gerais. This basin region contains part of the sub-basins of Paranaíba river, Grande river and Piracicaba and Jaguari rivers. This study aims to know the growth of expansion the current reality in irrigated agriculture. A total of 3,889 central pivot units were identified in 2019, and this number of pivots was higher than the entire state of Minas Gerais from 2008 to 2010 (3,781). The largest number of central pivots is in the municipalities of Unaí and Paranaíba river, with 362 and 315 units, respectively. The estimated total of irrigated areas is 222,434 hectares, a value close to the entire irrigated area in the state of Minas Gerais between 2008 and 2010 (254,875 hectares). The largest irrigated area was 276 hectares (Perdizes) and the smallest of 2 hectares (Centralina), both located in the sub-basin of the Paranaíba river. In relation to the portion of the sub-basins in the study area, Paranaíba river has an area 18% smaller than Grande river, however, Paranaíba river has a quantity of irrigated area with central pivot that is 74% higher than that of Granderiver. The sub-basin part of Piracicaba and Jaguari rivers has no central pivots.

Keywords: Irrigation, Central Pivot, Geoprocessing, Watershed, Sub-basins.

1. INTRODUÇÃO

No estado de Minas Gerais, o crescimento das áreas irrigadas por pivô central vem aumentando anualmente, como uma forma dos agricultores de compensar a falta de chuva na região (GUIMARÃES, 2011). Na agricultura, um dos métodos existentes na irrigação é o pivô central, considerado um dos mais eficientes no uso da água ele utiliza o sistema por aspersão, onde a água é aplicada sob pressão acima do solo, por meio de aspersores ou orifícios, formando uma chuva artificial (ANA, 2021). Para se ter uma ideia, 23 unidades da Federação utilizam pivôs centrais, sendo que 31% das áreas irrigadas por essa tecnologia estão localizadas no estado de Minas Gerais (ANA, 2019). Entretanto, o uso intenso e muitas vezes mal elaborado desse sistema de irrigação, pode comprometer a disponibilidade hídrica das bacias, diminuindo sua eficiência superficial (SOUZA *et al.*, 2017). Portanto, é necessário compreender como está a evolução temporal e espacial do uso da técnica de irrigação de pivô central.

Neste estudo, identificamos 3.889 sistemas de pivôs centrais no ano de 2019 na porção da bacia hidrográfica do rio Paraná localizada no estado de Minas Gerais. Essa quantidade é significativa, sendo, por exemplo, 3% maior que toda a quantidade de pivôs centrais existentes em todo o estado de Minas Gerais em 2008 a 2010 (conforme apresentado em FERREIRA *et al.*, 2011). O maior número de pivôs centrais encontra-se nos municípios de Unaí e Rio Paranaíba, com 362 e 315 unidades, respectivamente, nos quais se localizam em maior proporção na região da sub-bacia do rio Paranaíba. O valor total estimado de áreas irrigadas é de 222.434 hectares, valor próximo de toda a área irrigada no estado de Minas Gerais (254.875 hectares) entre os anos de 2008 a 2010 (ANA, 2015). O pivô de maior área irrigada (276 hectares) se localiza em Perdizes e o de menor área (2 hectares) em Centralina, ambos localizados na porção da sub-bacia do rio Paranaíba. Se tratando da parcela das sub-bacias na área de estudo, o rio Paranaíba é menor (18%) em relação ao rio Grande, porém, possui maior quantitativo (74%) de pivôs centrais (~3mil) e (~800) unidades, já na sub-bacia dos rios Piracicaba e Jaguari não obtiveram quantitativo de pivô central.

Uma forma rápida e eficiente para identificar e quantificar os pivôs centrais é por meio de imagens obtidas por sensores a bordo de satélites. Esses sistemas de pivôs podem ser facilmente identificados nas imagens, pois possuem formas geométricas circulares bem definidas (BRAGA *et al.*, 2005).

TOLEDO *et al.* (2011) utilizaram imagens do satélite CBERS no levantamento das áreas irrigadas por pivôs centrais no estado de Minas Gerais. BRAGA *et al.* (2005) também

utilizaram a técnica de identificação por pivô central por meio de imagens (CBERS/CCD) para analisar a área irrigada no município de Miguelópolis, estado de São Paulo.

Neste estudo, nós quantificamos e analisamos a evolução espaço-temporal do uso da técnica de irrigação de pivôs centrais na porção da bacia hidrográfica do rio Paraná que se encontra no estado de Minas Gerais. Esta região da bacia hidrográfica do rio Paraná em Minas Gerais contém parte das sub-bacias do rio Paranaíba, rio Grande e rios Piracicaba e Jaguari. Uma análise da eficiência das imagens de satélites utilizadas nesta pesquisa para determinar a área dos pivôs centrais também foi realizada.

1.1 Objetivos

O objetivo geral deste estudo foi descrever a evolução espaço-temporal dos pivôs centrais nas sub-bacias do rio Paranaíba, rio Grande e rios Piracicaba e Jaguari no estado de Minas Gerais.

Para tal, são apresentados os seguintes objetivos específicos:

- Demonstrar e Avaliar com o apoio da geotecnologia a evolução quantitativa e espacial da prática de irrigação por pivô central na porção da bacia hidrográfica do rio Paraná localizada no estado de Minas Gerais;
- Avaliar a distribuição espaço-temporal dos pivôs centrais sob as sub-bacias do rio Paranaíba, rio Grande e rio Piracicaba e Jaguari.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

A bacia do rio Paraná ocupa 10% do território brasileiro, abrangendo sete unidades federativas: São Paulo, Mato Grosso do Sul, Distrito Federal, Goiás, Minas Gerais, Paraná e Santa Catarina (MALFATTI *et al.* 2018). Minas Gerais possui uma área irrigada de 1.1 milhões de hectares, sendo 415.804 hectares irrigados por pivôs centrais (ANA, 2021). A área de estudo é irrigada por 319.845 hectares, correspondendo a 21% dos 1.5 milhões de hectares irrigados por pivôs centrais no território nacional (ANA, 2021).

Minas Gerais possui três sub-bacias pertencentes à bacia hidrográfica do rio Paraná (rio Paranaíba, rio Grande e rios Piracicaba e Jaguari). A sub-bacia do rio Paranaíba, possui uma área total de 70.637 km², a sub-bacia do rio Grande possui uma área total de 86.086 km² e a sub-bacia do rio Piracicaba e Jaguari uma área total em Minas Gerais de 1.159 km² (GEIRH, 2020).

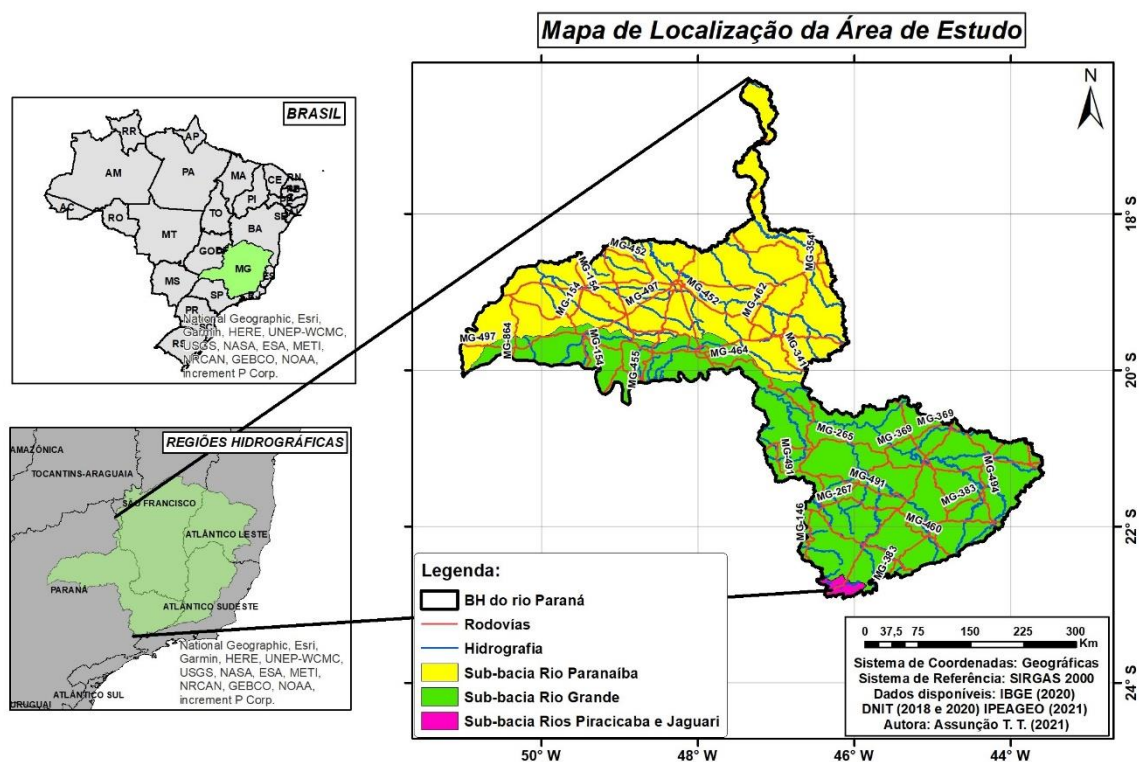


Figura 1. Localização da área de estudo – estado de Minas Gerais, Brasil

A área de estudo utilizada consiste na porção da bacia hidrográfica do rio Paraná que se localiza no estado de Minas Gerais, composta pelas sub-bacias do rio Paranaíba, rio Grande e rios Piracicaba e Jaguari, entre as latitudes 16° 16' 30,23" e 22° 55' 20,13" Sul e longitudes

47° 21' 00,77" e 46° 08' 19,08" Oeste (Figura 1). Esta região possui grande parte de seus recursos hídricos comprometidos para irrigação de culturas agrícolas, represas para geração de energia elétrica, turismo e entre outras atividades (ANA, 2015).

O clima na área de estudo é tropical, com inverno seco se caracteriza por apresentar uma estação chuvosa no verão, entre os meses de novembro a abril, e estação seca (inverno) com maior ausência das chuvas, ocorre entre os meses de maio a outubro (EMBRAPA, 1986 e 1988). Sendo julho o mês que mais apresenta escassez de chuvas (ZANDONADI, 2009).

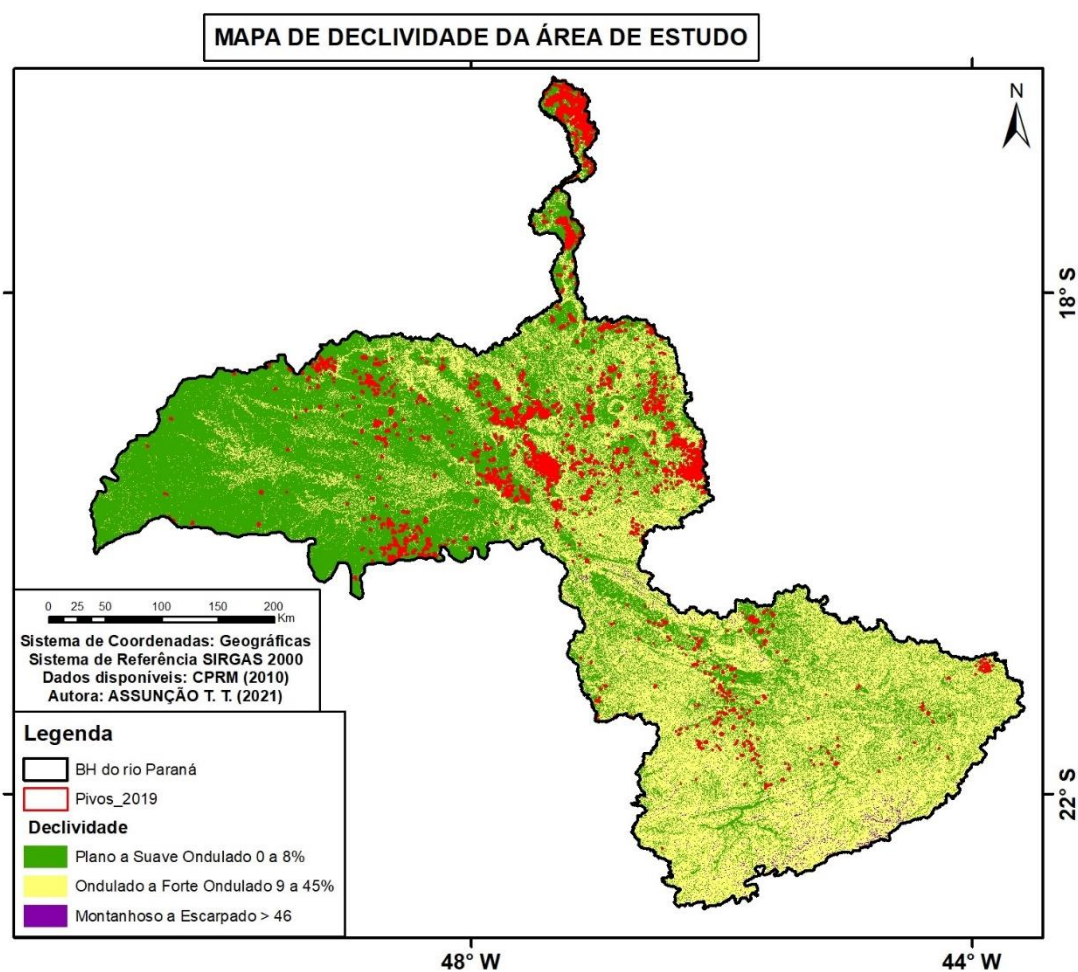


Figura 2. Mapa de declividade da porção da bacia hidrográfica do rio Paraná em Minas Gerais.

Conforme figura 2, a maioria das áreas irrigadas por pivôs centrais tem declividade “Plana a Suave” de 0 a 8%, localizada principalmente no bioma cerrado. O mapa de declividade com classes tem se destacado como uma técnica importante na detecção de áreas críticas, tais como: deslizamento de encostas, traçados de perfis de paisagem, análise de terreno para área urbana, no planejamento de lavouras agrícolas e identificação de áreas prováveis de inundação

(CPRM, 2010). Com a utilização deste mapa pode-se realizar uma breve análise de quais locais são potenciais a instalação de novos equipamentos.

As áreas do cerrado estão fortemente ligadas ao crescimento da agricultura brasileira; o solo possui topografia favorável a agricultura e a mecanização (PASUCH *et al.*, 2019) onde apresenta grandes limitações no cultivo por ter uma baixa fertilidade (LOPES, 1983). Corrigidas suas deficiências químicas, o solo demonstra propriedades físicas favoráveis a agricultura (CERRI *et al.*, 1991) o Latossolo vermelho é o solo predominante nas áreas irrigadas deste estudo, sendo solos mais antigos, bastante intemperizados que sofrem influência do clima, vento, água e microrganismos (RESENDE *et al.*, 1996).

2.2. Dados Disponíveis

Neste estudo, nós utilizamos os dados vetoriais dos pivôs centrais (formato *shapefile*) disponibilizados pela ANA (Agência Nacional de Águas). Esses dados estavam disponíveis para os anos de 1985, 1990, 2000, 2005, 2010, 2014 e 2017. O usuário interessado em ter acesso aos dados pode acessar o link “<http://www.metadados.inde.gov.br>”. A ferramenta utilizada no levantamento dos dados sobre a agricultura irrigada é a interpretação visual de imagens de satélite, sendo que esse método tem sido aplicado pela ANA e pela EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) no monitoramento dos pivôs centrais (ANA, 2019).

Este estudo também compreendeu o ano de 2019, cujo dados vetoriais dos pivôs ainda não estavam disponíveis pela ANA. Foram coletadas 48 cenas/ imagens do satélite CBERS-4 MUX com resolução geométrica de 20 m, no período de agosto a outubro de 2019, disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE (disponível em <http://www.dgi.inpe.br/catalogo/>). Nesse caso, foram usadas as imagens em composição colorida verdadeira das bandas R(7) (vermelho), G(6) (verde) e B(5) (azul) da Câmera Multiespectral Regular (MUX) do satélite CBERS-4. Em seguida, por meio da utilização do *shapefile* dos pivôs do ano de 2017 foi realizado a edição e atualização dos pivôs manualmente identificados e vetorizados para o ano de 2019 por meio de uma plataforma gratuita SIG (QGIS 3.14.16), por meio do comando criar círculo definido pelo ponto central e diâmetro.

2.3. Validação da metodologia de obtenção de área de pivôs centrais por imagem de satélites

Para validar a metodologia usada para mapear os pivôs centrais do ano de 2019 neste trabalho, foram analisadas as discrepâncias de 30 áreas coletadas (Tabela 1) no site da SEMAD (Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável) que possuem outorgas deferidas de direito de uso de recursos hídricos e as áreas estimadas por meio da vetorização das imagens em composição colorida verdadeira das bandas R(7) (vermelho), G(6) (verde) e B(5) (azul) da Câmera Multiespectral Regular (MUX) do satélite CBERS-4.

OZDOGAN *et al.* (2010) relatam que o mapeamento de área irrigadas em escala local por meio de sensoriamento remoto é fortemente afetada não somente pela resolução temporal das imagens, mas também pelo número de imagens usadas. Assim, em escala maiores, mais trabalho será necessário para identificar os melhores índices espectrais, melhores períodos e métodos de classificação. Por essa razão, por exemplo, pode-se verificar discrepância das mesmas áreas mapeadas, com um aumento de 65 unidades de pivô central para as mesmas épocas de 2008 a 2009 entre PEREIRA *et al.* (2009) e FERREIRA *et al.* (2011).

Tabela 1 – Lista das 30 áreas outorgadas pela SEMAD e áreas coletadas pelas imagens.

Portaria SEMAD	Coordenadas dos Pontos de Captação		Áreas outorgadas (ha)	Áreas Imagens (ha)	Diferença (outorgas - imagem) (em %)
	Latitude	Longitude			
1902526/2019	-19° 53' 40,00"	-48° 24' 54,00"	32,72	32,53	-0,58
1901622/2019	-19° 57' 32,20"	-48° 31' 38,40"	56,72	57,40	1,19
1901925/2019	-19° 45' 43,00"	-48° 30' 44,00"	99,14	99,04	-0,10
1902105/2019	-19° 59' 43,70"	-48° 36' 37,90"	13,00	12,54	-3,51
1902107/2019	-19° 59' 43,80"	-48° 36' 39,70"	95,00	95,20	0,21
1904222/2019	-19° 53' 31,00"	-48° 48' 33,00"	85,00	84,78	-0,26
1908083/2019	-20° 03' 24,12"	-48° 26' 21,26"	64,57	65,54	1,50
1904274/2019	-19° 57' 19,00"	-48° 27' 42,00"	25,00	25,03	0,11
1907927/2019	-19° 56' 00,00"	-48° 25' 00,00"	85,00	84,95	-0,06
1901556/2018	-19° 47' 35,00"	-48° 51' 16,00"	85,00	82,45	-3,00
1804647/2019	-21° 36' 46,30"	-46° 10' 42,60"	35,00	34,93	-0,20
1808081/2019	-21° 22' 24,19"	-46° 43' 59,15"	60,00	60,06	0,10

1902108/2018	-19° 21' 56,00"	-47° 11' 27,00"	105,46	107,80	2,21
1900046/2019	-19° 39' 06,00"	-47° 05' 51,00"	18,18	18,72	2,98
1900149/2019	-19° 10' 44,00"	-48° 42' 45,00"	74,00	73,11	-1,20
1900212/2019	-19° 12' 40,00"	-46° 17' 21,00"	90,00	83,23	-7,52
1900312/2019	-19° 37' 54,66"	-47° 04' 50,04"	90,00	84,59	-6,02
1900338/2019	-18° 56' 40,20"	-46° 31' 28,90"	49,00	48,07	-1,89
1900341/2019	-19° 10' 46,00"	-46° 25' 20,00"	60,00	55,99	-6,69
1900412/2019	-19° 18' 54,00"	-47° 02' 12,00"	30,00	32,35	7,84
1900942/2019	-18° 57' 34,52"	-46° 32' 19,51"	60,00	61,65	2,75
1901021/2019	-18° 39' 27,60"	-46° 23' 46,60"	60,00	58,99	-1,69
1901155/2019	-19° 31' 21,00"	-46° 08' 05,00"	35,00	35,03	0,08
1901178/2019	-19° 15' 05,00"	-46° 23' 35,50"	48,00	45,96	-4,25
1901203/2019	-18° 55' 59,00"	-46° 25' 13,37"	60,00	59,29	-1,18
1901516/2019	-19° 20' 07,00"	-46° 33' 09,14"	100,00	100,01	0,01
1901645/2019	-19° 02' 44,09"	-47° 45' 30,53"	40,00	36,59	-8,53
1901700/2019	-19° 38' 18,86"	-47° 12' 08,81"	20,00	22,35	11,75
1901725/2019	-19° 09' 16,00"	-46° 32' 12,00"	40,00	38,24	-4,39
1901744/2019	-19° 38' 31,00"	-47° 12' 58,00"	20,00	24,53	22,60

De acordo com os dados apresentados na tabela 1, a área irrigada total outorgada pela SEMAD de acordo com as 30 fichas técnicas foi de 1.735,79 hectares, enquanto a área total obtida por meio das imagens foi de 1.720,94 hectares, ou seja, uma diferença de apenas 1%. Podemos verificar que das 30 áreas analisadas (Tabela 1), 10 delas tiveram uma diferença inferior a 1%.

Na tabela 2 apresenta-se um resumo estatístico dos valores das diferenças das áreas (em %) que foram apresentadas na tabela 1.

Tabela 2 – Valor médio absoluto, desvio padrão e raiz do erro médio quadrático das diferenças entre as áreas outorgadas pela SEMAD e as obtidas nas imagens de satélite (todos valores em %).

n	30
Média absoluta	2,32 %
Desvio Padrão	5,92 %
Raiz do Erro Quadrático Médio	5,82 %

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 3 apresenta a evolução do número de pivôs centrais e sua área irrigada entre os anos de 1985 a 2019.

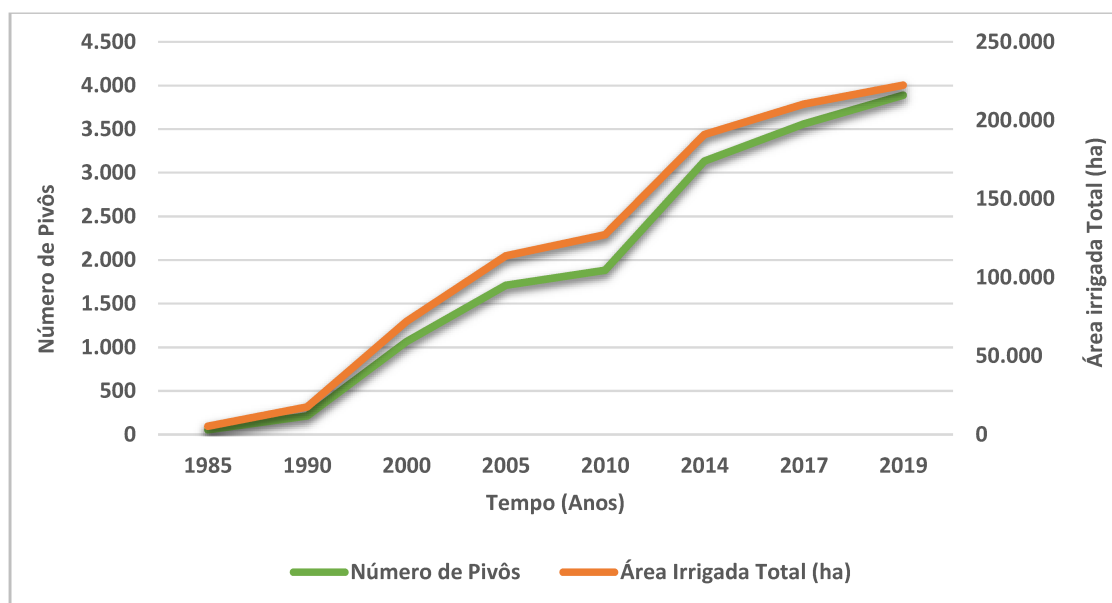


Figura 3. Evolução dos pivôs centrais entre os anos 1985 a 2019.

A tabela 3 apresenta valores referente a evolução dos pivôs centrais por ano dentre os anos de 1985 a 2019.

Tabela 3. Dados referente a evolução dos pivôs centrais entre os anos de 1985 a 2019.

Período (Anos)	Número de pivôs (u)	Aumento número de pivô por período (u)	Crescimento no número de pivô (%)	Área irrigada total (ha)	Aumento na área irrigada total por período (ha)	Crescimento área irrigada total (%)
1985	54			5.261		
1990	213	159	294	17.653	12.392	236
2000	1.064	851	400	72.040	54.387	308
2005	1.711	647	61	113.663	41.623	58
2010	1.884	173	10	127.222	13.559	12
2014	3.133	1.249	66	190.947	63.725	50
2017	3.559	426	14	210.280	19.333	10
2019	3.889	330	9	222.434	12.154	6

De acordo com os dados apresentados na tabela 3 e figura 3, no ano de 1985 os pivôs centrais se encontravam em 16 municípios, contando com 54 unidades, irrigando uma área de

5.261 hectares. Já em 1990, ocorreu um aumento para 213 pivôs distribuídos em 42 municípios e irrigando uma área de 17.653 hectares. Este aumento corresponde a 236% em relação a 1985.

Entre os anos de 1990 a 2000 o aumento do número de pivôs implantados foi ainda mais expressivo e atingiu percentual de 308%, com crescimento de 213 para 1.064 e abrangeu uma área total irrigada de 72.040 hectares, distribuídos por 71 municípios.

Em 2005, a técnica de pivô central estava presente em 77 municípios e contava com 1.711 unidades, irrigando uma área total de 113.663 ha.

A figura 4 mostra a evolução espacial dos pivôs centrais na área de estudo entre os anos de 1985 a 2019.

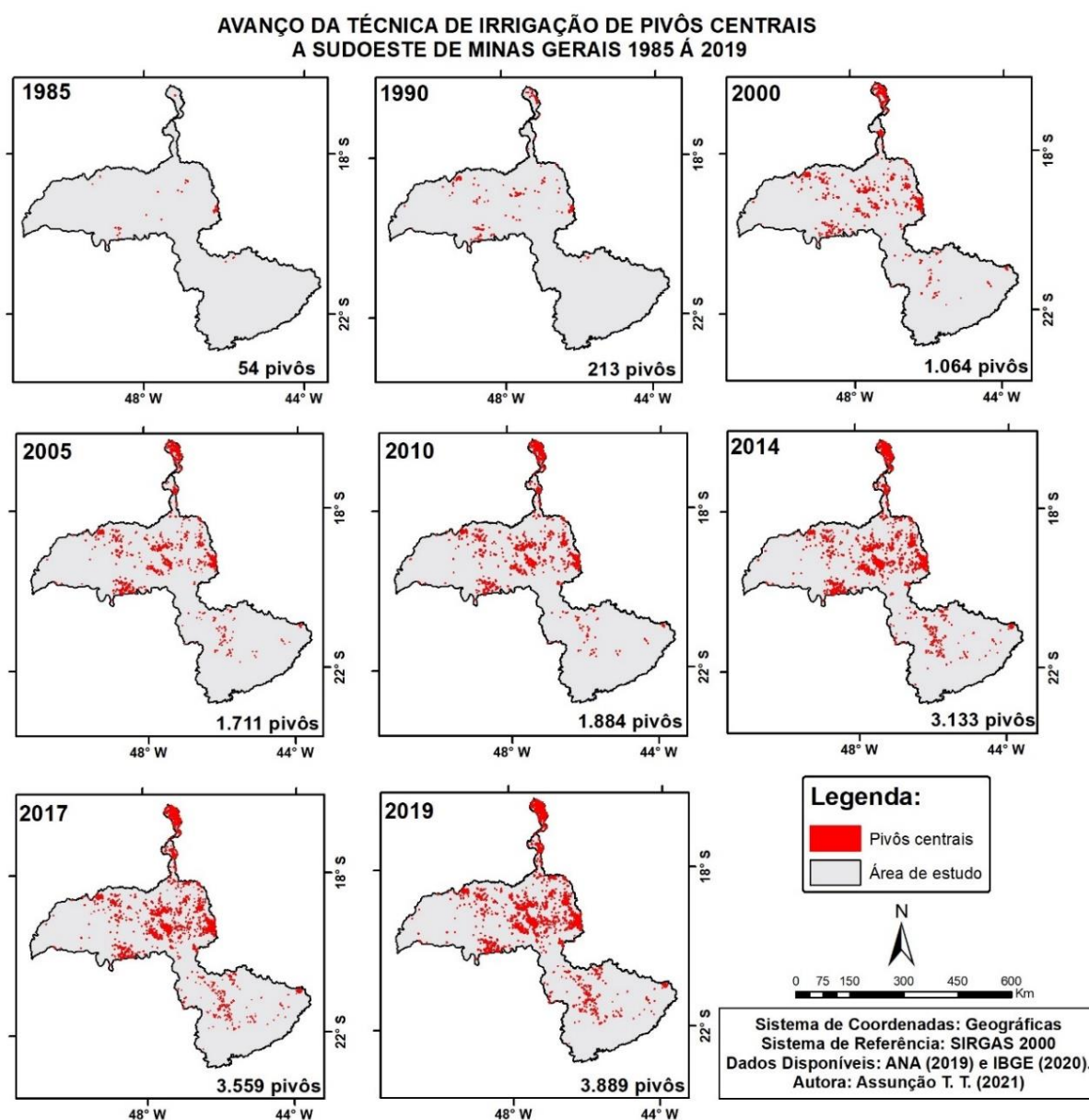


Figura 4. Representação da evolução espacial dos pivôs centrais a sudoeste de Minas Gerais.

Entre os anos de 2005 a 2010 a quantidade de municípios que utilizavam esta técnica ficou estagnada, mas neste mesmo período foi observado um acréscimo de 12% em relação a quantidades de pivôs e atingiu a quantidade de 1.884 unidades.

Em 2014, a presença dessa técnica aumentou ainda mais. Nesse período o pivô central já estava presente em 100 municípios mineiros, irrigando uma área total de 190.947 ha, distribuída por 3.133 unidades, e correspondeu a um aumento de 50% em relação a área irrigada ao ano de 2010.

Em 2017, foram instaladas 3.559 unidades de pivô central, cobrindo uma área irrigada de 210.280 hectares, representando um aumento de 10% na área irrigada em relação a 2014. Atualmente, essa prática de pivô central está presente em 107 municípios mineiros.

Em 2019, a prática de irrigação por pivô central se faz presente em 109 dos 264 municípios, ou seja, em 155 municípios essa prática agrícola ainda não é empregada. Foram constatadas 3.889 unidades de pivôs, totalizando uma área irrigada de 222.434 ha, que representa um aumento percentual de 6% em relação ao ano de 2017. Todavia, deve ser ressaltado que tal prática agrícola concentra-se basicamente em 30 municípios, como é apresentado na tabela 4.

Tabela 4. Lista dos 30 municípios mineiros com maior área ocupada por pivôs centrais no ano de 2019

Municípios	Quant. de pivôs	Área ocupada por pivôs (ha)
Unaí	362	30.976
Paracatu	213	17.405
Rio Paranaíba	315	14.431
Perdizes	219	13.921
Santa Juliana	168	11.197
Uberaba	133	8.302
Guarda-Mor	148	6.635
Romaria	77	6.148
Monte Alegre de Minas	83	5.975
Conceição das Alagoas	106	5.734
Patrocínio	103	5.549
Campos Altos	123	5.541

Ibiá	125	5.359
Coromandel	91	5.343
Nova Ponte	85	5.090
Patos de Minas	131	5.022
Indianópolis	56	4.355
Uberlândia	61	3.941
Planura	53	3.668
Sacramento	61	3.456
Campo Florido	37	3.028
Monte Carmelo	42	2.964
Formiga	38	2.564
Centralina	54	2.184
Serra do Salitre	50	2.117
Alfenas	55	1.929
Araxá	52	1.909
Presidente Olegário	38	1.774
Carmo do Rio Claro	41	1.318
Carandaí	58	918

De acordo com os dados apresentados na tabela 4, Unaí foi o município mineiro que possui o maior quantitativo de pivôs centrais, tanto em números absolutos, com 362 unidades, quanto em área cultivada, com um total de 30.976 hectares. BARBALHO *et al.* (2006) afirmam que a concentração de pivôs ocorre em virtude de boas condições para a prática de irrigação, tais como, relevo tabular apresentando declividade abaixo de 15%, rede de drenagem com padrões dendríticas (condicionada a geologia da área), com média a alta densidade, que torna possível a construção de uma rede de reservatórios que permitem abastecer um grande número de pivôs. Essa combinação, somado a existência de várias rodovias que ligam o município com os grandes centros consumidores/exportadores – Brasília, São Paulo, Rio de Janeiro – impulsionaram a implantação e expandiu a prática de irrigação por pivô central nesse município.

O segundo e terceiro colocados em área com pivôs foram os municípios de Paracatu com uma área de 17.405 e Rio Paranaíba, com 14.431 hectares. Em relação ao quantitativo de pivôs, a segunda e terceira posição foi atribuída, respectivamente, aos municípios de Rio Paranaíba com 315 unidades e Perdizes com 219 unidades.

Em relação aos pivôs encontrados nas sub-bacias (Figura 5), foi constatado um quantitativo de 3.088 unidades de pivôs centrais na sub-bacia do rio Paranaíba, com uma área cultivada de 186.677 hectares. Já na sub-bacia do rio Grande, obtivemos 801 unidades de pivôs centrais com uma área de 35.734 hectares, sendo na comparação com a sub-bacia de rio Paranaíba 26% menor em relação ao quantitativo de pivôs e 19% menor em relação a área cultivada. Na sub-bacia dos rios Piracicaba e Jaguari não obteve nenhum pivô central.

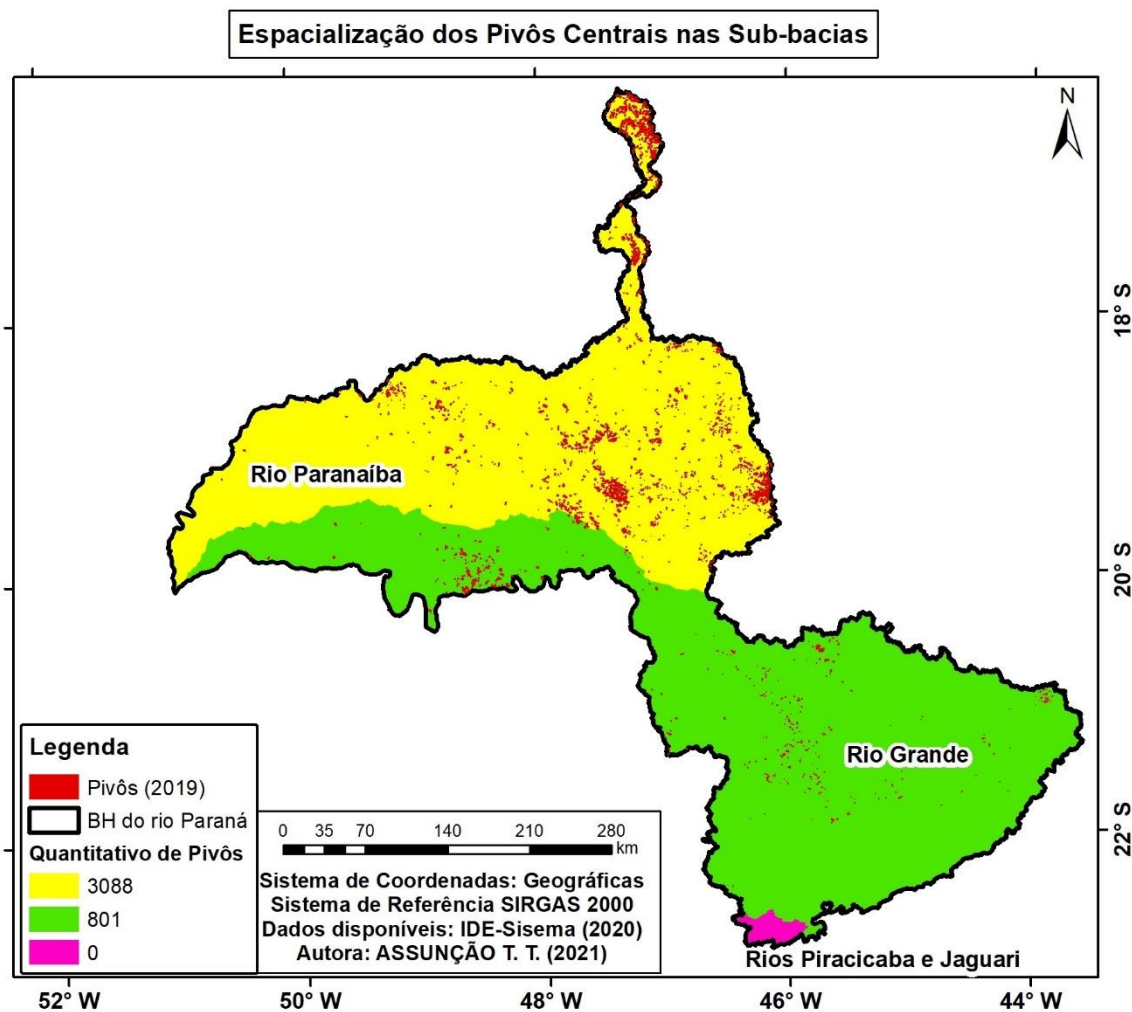


Figura 5. Espacialização dos pivôs centrais nas sub-bacias hidrográficas - ano 2019.

A sub-bacia do rio Paranaíba tem uma área total de 22.150.901,57 hectares, destes encontra-se na área de estudo 7.063.700,00 hectares um percentual de 32%, já na sub-bacia do rio Grande a área total da sub-bacia é de 14.394.690,58 hectares, fazendo parte do estudo uma área de 8.608.600,00 hectares, correspondendo a um percentual de 60% em relação a área total e a sub-bacia dos rios Piracicaba e Jaguari possui uma área total de 1.240.000,00 hectares, destes encontra-se na área de estudo 115.946,00 hectares correspondendo a 9% da sub-bacia.

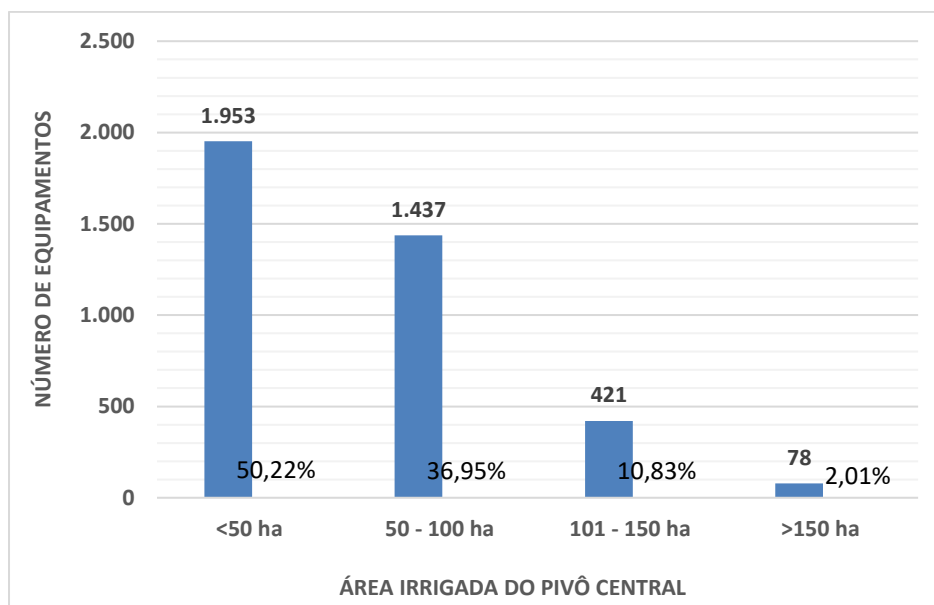


Figura 6. Número de equipamentos por classe de área irrigada do pivô central.

A figura 6 apresenta o número de pivôs centrais encontrados em cada classe de área irrigada, sendo: menor de 50 hectares, de 50 a 100 hectares, de 101 a 150 hectares e maiores de 150 hectares. Pode-se observar que 1.953 sistemas (50,22% dos pivôs) irrigam áreas menores que 50 hectares; a classe entre 50 a 100 hectares irrigam áreas de 1.437 sistemas (36,95% dos pivôs), entre 101 a 150 hectares irrigam áreas de 421 sistemas (10,83% dos pivôs) e em áreas maiores que 150 hectares obteve uma quantidade de 78 sistemas (2,01% dos pivôs). Diante deste contexto, os pivôs centrais com áreas menores possuem maior quantitativos, pois tendem a ser de áreas associadas a corpos d'água, reserva legal, estradas, limites de propriedade ou áreas remanescentes (ANA, 2019). O pivô de maior área irrigada foi de 276 ha em Perdizes, e o de menor área foi de 2 ha em Centralina, ambos localizados na porção da sub-bacia do rio Paranaíba.

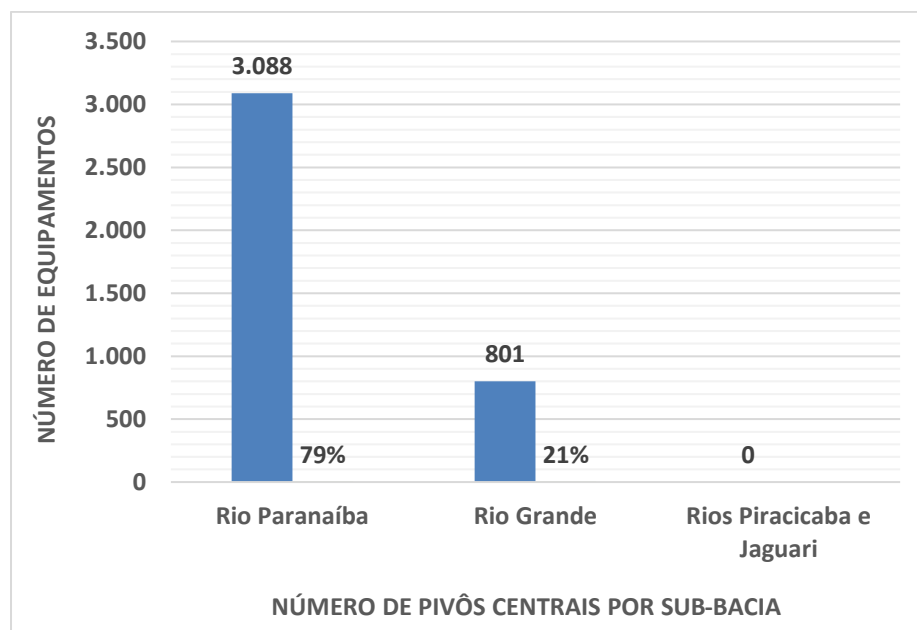


Figura 7. Quantitativo dos pivôs centrais nas sub-bacias.

A figura 7 apresenta em 2019 a distribuição do quantitativo dos pivôs centrais encontrados nas sub-bacias do rio Paranaíba, rio Grande e rios Piracicaba e Jaguari. Observa-se que a maior parte dos sistemas concentra-se na sub-bacias do rio Paranaíba com 3.088 sistemas, na sub-bacia do rio Grande com 801 sistemas e na sub-bacia dos rios Piracicaba e Jaguari não obteve nenhum sistema. Portanto, a maior concentração dos pivôs centrais encontrados na sub-bacia do rio Paranaíba ocorre devido as características da região, sendo favoráveis: o relevo suave que facilita a mecanização, os fatores climáticos com estações bem definidas e as temperaturas elevadas durante todo o ano (SILVA, 2012).

4. CONCLUSÃO

Em 2019, foram identificados 3.889 sistemas de pivôs centrais, equivalendo a uma taxa de crescimento em relação a 1985 de 7.102%, em relação a área irrigada obteve um crescimento de 4.128%.

Quanto à distribuição dos pivôs centrais nas sub-bacias, a maioria está concentrada na sub-bacia do rio Paranaíba com 3.088 unidades de pivôs centrais, mesmo com uma área de estudo 18% menor que a área de estudo da sub-bacia do rio Grande, que possui 801 unidades, com taxa de crescimento de 286% em unidades e de 422% em relação às áreas dos pivôs centrais por hectare.

Em relação ao total de equipamentos instalados, 3.390 áreas irrigadas de até 100 hectares correspondem a 87% da área irrigada por pivô central na bacia hidrográfica do rio Paraná no estado de Minas Gerais.

Por fim, a análise realizada para verificar a eficiência das imagens do satélite CBERS-4 na obtenção das áreas dos pivôs centrais obteve uma diferença absoluta da área real concedida de 2,3%.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA - Agência Nacional de Águas. **Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH)**. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/>. Acesso em: 05 de janeiro de 2020.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Plano de recursos hídricos e do enquadramento dos corpos hídricos superficiais da bacia do rio Paranaíba**. Brasília: 2015.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: regiões hidrográficas brasileiras** – Edição Especial. -- Brasília: ANA, 2015.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais no Brasil**. Disponível em: <https://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/metadata.show?id=328&currTab>. Acesso em: 11 de julho de 2019.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Levantamento da agricultura irrigada por pivôs centrais no Brasil**. Embrapa Milho e Sorgo. - 2. ed. - Brasília: ANA, 2019. Disponível em: https://www.ana.gov.br/noticias/ana-e-embrapa-identificam-forte-tendencia-de-crescimento-da-agricultura-irrigada-por-pivos-centrais-no-brasil/ana_levantamento-da-agricultura-irrigada-por-pivos-centrais_2019.pdf. Acesso em: 05 de janeiro de 2020.

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil). **Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada** / Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. - 2. ed. -- Brasília: ANA, 2021.

AMARAL, F. C. S. do; SANTOS, H. G. dos; AGLIO, M. L. D.; DUARTE, M. N.; PEREIRA, N. R.; OLIVEIRA, R. P. de; CARVALHO JUNIOR, W. de. **Mapeamento de Solos e Aptidão Agrícola das Terras do estado de Minas Gerais**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. 95 p. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento; n. 63)

BARBALHO, M. G. da S.; BARBALHO, F. G.; SILVA, A. A. **Uso do solo e a irrigação por pivô central na superfície tabular no município de Cristalina - GO**. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, 6, 2006, Goiânia. Anais... Goiânia: [s.n.], 2006. p. 220-233.

BRAGA, A. L.; OLIVEIRA, J. C. **Identificação e quantificação de áreas irrigadas por pivô central utilizando imagens CCD/CBERS**. In: Simpósio de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia. Anais... Goiânia: INPE, 2005, p. 849-856.

BERTIN, J. **Semiologia Graphique**. Paris: Mouton, 1973.

CASTRO, C. N de; PEREIRA, C. N. **Revitalização da bacia hidrográfica do rio São Francisco histórico, diagnóstico e desafios**. IPEA: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2019.

CERRI, C. C.; FELLER, C.; CHAUVEL, A. **Evolução das principais propriedades de um Latossolo Vermelho- Escuro após desmatamento e cultivo por doze e cinquenta anos com cana-de-açúcar**. Cahiers Orstom, Serie Pedologie, Paris, v. 26, n. 1, p. 37-50, 1991.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Mapa de declividade em percentual do relevo brasileiro**, 2010. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/publique/media/geodiversidade/mapa_declive/nota_tecnica_mapa_declive.pdf

DUARTE, G. D. **Uso da Transformada de Hough na Detecção de Círculos em Imagens Digitais**. Thema - Revista Científica do Centro Federal de Educação Tecnológica, vol. 4, n. 1, p. 51-58, 2003.

EVANS, R.G. **Center Pivot Irrigation; Research Report; USDA-Agricultural Research Service**: Sidney, MT, USA, 2001.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1986 e 1988. Disponível em: <https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm>. Acesso em 20 de junho de 2021.

FERREIRA, E.; TOLEDO, J. H.; DANTAS, A. A. A.; PEREIRA, R. M. **Cadastral maps of irrigated areas by center pivots in the State of Minas Gerais, using cbers-2b/ccd satellite imaging**. Engenharia Agrícola (Online), Jaboticabal, v. 31, p. 771-780, jul./ago. 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162011000400015>

GEIRH - Gerência do Sistema Estadual da Informação em Recursos Hídricos. **Bacias Hidrográficas**. Governo de Minas Gerais. 2020. Disponível em: <https://www.mg.gov.br/conteudo/conheca-minas/geografia/bacias-hidrograficas>. Acesso em: 14 de setembro de 2020.

GUIMARÃES, D P.; LANDAU, E. C. **Mapeamento das áreas irrigadas por pivôs centrais no estado de Minas Gerais**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. 23p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 40).

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Bases cartográficas**. Disponível em: <https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais>. Acesso em: 11 de julho de 2019.

IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Disponível em: <http://igam.mg.gov.br/component/content/83?task=view>. Acesso em: 20 de junho de 2021.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: <http://www.inpe.br/>. Acesso em: 22 de janeiro de 2020.

LANDAU, E. C.; MOURA, L.; GUIMARÃES, D. P.; HIRSCH, A.; PIMENTA, F. M. **Concentração geográfica de pivôs centrais no Brasil**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa).

LOPES, A. S. **Solos sob “Cerrado”: Características, propriedades e manejo**. Piracicaba: Potafos, 1983. 162 p.

MALFFATTI, M.G.L.; CARDOSO, A.O.; HAMBURGER, D.S. **Modelo empírico linear para Previsão de vazão de Rios na Usina Hidrelétrica de Itaipu - Bacia do Rio Paraná**. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 33, n. 2, p. 257-268, 2018. <https://doi.org/10.1590/0102-7786332005>

- MARTINELLI, M. **Curso de Cartografia Temática**. São Paulo: Contexto, 1991.
- MARTINS, R. A., LARANJA, R. E. de P., dos SANTOS, E. V., FERREIRA, I. M., & Lima, J. de O. (2014). **Espacialização do Agrohidronegócio do Pivô Central no Cerrado Goiano**. *Revista Geoaraguaia*, 4(2). Recuperado de <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/geo/article/view/4878>.
- MELLO, J. L.; SILVA, B. D. L. **Irrigação**. Apostila da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – RJ. Setembro. 2009.
- MENDONÇA, M. R. **Complexidade do espaço agrário brasileiro: O agrohidronegócio e as (re) existências dos povos Cerradeiros**. Terra Livre, São Paulo, a. 26, v. 1, n. 34, p. 189-202, jan./jun. 2010.
- OZDOGAN, M.; YANG, Y.; ALLEZ, G.; CERVANTES, C. 2010, “**Remote Sensing of Irrigated Agriculture: Opportunities and Challenges**”, *Remote Sensing*, 2, 2274-2304. <https://doi.org/10.3390/rs2092274>
- PASUCH, H. B.; MENDONÇA, L.: **Eficiência da Incorporação do Calcário no Solo do Cerrado**. Anais do 1º Simposio de TCC, das faculdades FINOM e Tecsoma. 2019; 121-126.
- PEREIRA, R.M.; FERREIRA, E.; DANTAS, A.A.A.; SOUZA, P.A.B.; FRANÇA JUNIOR, J.F. **Avaliação temporal de áreas irrigadas por pivôs centrais no município de Unaí**. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 22. 2009, Lavras. Anais... Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2009. 1 CD-ROM
- RESENDE, M.; Ker, J.C.; BAHIA FILHO, A.F.C. **Desenvolvimento sustentável do cerrado**. In: Alvarez V.H.; Fontes, L.E.F.; Fontes, M.P.F. (Ed.). *O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado*. Viçosa: Revista Brasileira de Ciência do Solo; Viçosa, v. 1, n. 1, p. 135-155, 1996.
- SILVA, L. P. da. **Hidrologia: Engenharia e Meio Ambiente**. 1. Ed., Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.
- SILVA, M. H. de C. R.. **The Paranaíba river basin: analysis of the population dynamics, changes in land use and impacts in water availability**. 2012. 174 f. Dissertação (Mestrado em Agrometeorologia; Climatologia; Micrometeorologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.
- SILVA, J. T. da; HERNANDEZ, F. B. T. **Evolução da área irrigada por pivô central no oeste do estado de São Paulo**. 2019. Disponível em: https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/fitossanidadeengenhariaruralesolos715/irrigacao5868/julia_evolucao_pivo_inovagri.pdf. Acesso em 02 de fevereiro de 2021.
- SLOCUM, T. A.; MCMASTER, R B; KESSLER, F. C e HOWARD, H. H, 2009 “**Thematic Cartography and Geovisualization**” Prentice Hall; 3ª edição.
- SOUZA, B. O. **Estimativa da demanda hídrica potencial na irrigação por pivô central na bacia do Rio Urucuia utilizando índice de vegetação NDVI** – Lavras : UFLA, 2016. 88 p.

SOUZA, M. C. S. A. & GHILARDI, H. T. 2017. **Recursos hídricos, agropecuária e sustentabilidade: desafios para uma visão ecológica do planeta**. Revista Jurídica, 2 (47): 78-98.

<http://dx.doi.org/10.21902/revistajur.2316-753X.v2i47.2027>

SANO, E. E.; LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M.; OLIVEIRA, E. C. **Estimativa da variação na demanda de água para irrigação por pivô-central no Distrito Federal entre 1992 e 2002**. Eng. Agríc., Jaboticabal, v. 25, n. 2, Aug. 2005. p. 508-515.

<https://doi.org/10.1590/S0100-69162005000200025>

SCHMIDT, W.; COELHO, R. D.; JACOMAZZI, M.A.; ANTUNES, M. A. H. **Distribuição espacial de pivôs centrais no Brasil: I - região sudeste**. Rev. Bras. Eng. Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 8, n. 2-3, Dec. 2004. p. 330-333.

<https://doi.org/10.1590/S1415-43662004000200026>

VERNIER, J. **O meio ambiente**. Tradução de Marina Appenzeller. 5. ed. São Paulo: Papirus, 2002.

TOLEDO, J.H.; FERREIRA, E.; DANTAS, A. A. A.; SILVA, L. S. C.; PEREIRA, R. M. **Mapeamento de sistemas de pivôs centrais no estado de Minas Gerais a partir de imagens CBERS-2B/CCD** Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Curitiba, Brasil, 30 abril a 5 de maio 2011, INPE, p.331-338.

ZANDONADI, L. **As chuvas na bacia do Paraná: aspectos temporais, espaciais e rítmicos**. -. 2009. 136 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2009. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/95595>>.