

CRESCIMENTO DA AGRICULTURA IRRIGADA POR PIVÔ CENTRAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO RIO DAS MORTES - MT

**JUAN VICENTE LIENDRO MONCADA¹; JEFFERSON VIEIRA JOSÉ²;
JÉFFERSON DE OLIVEIRA COSTA³; CARLOS ALBERTO QUILOANGO-
CHIMARRO⁴; NICLENE PONCE RODRIGUES DE OLIVEIRA⁵ E TONNY JOSÉ DE
ARAÚJO DA SILVA⁶**

¹ Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Avenida dos Estudantes, 5055, Cidade Universitária, 78736-900, Rondonópolis, MT, Brasil. E-mail: liendroing@gmail.com.

² Centro Multidisciplinar Campus Floresta, Universidade Federal do Acre (UFA), Estrada do Canela Fina, Km 12, Colônia São Francisco, 69980-000, Cruzeiro do Sul, AC, Brasil. E-mail: jfvieira@hotmail.com.br.

³ Departamento de Engenharia de Biosistemas, Universidade de São Paulo (USP/ESALQ), Avenida Pádua Dias, 235, Agronomia, 13418-900, Piracicaba, SP, Brasil. E-mail: costajo@alumni.usp.br.

⁴ Departamento de Engenharia de Biosistemas, Universidade de São Paulo (USP/ESALQ), Avenida Pádua Dias, 235, Agronomia, 13418-900, Piracicaba, SP, Brasil. E-mail: caquiloango@usp.br.

⁵ Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Avenida dos Estudantes, 5055, Cidade Universitária, 78736-900, Rondonópolis, MT, Brasil. E-mail: niclene_ponce@hotmail.com.

⁶ Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Avenida dos Estudantes, 5055, Cidade Universitária, 78736-900, Rondonópolis, MT, Brasil. E-mail: tonnyjasilva@hotmail.com.

1 RESUMO

O uso do solo e o seu tipo de cobertura tem sofrido modificações significativas nos últimos anos com o crescimento populacional e desenvolvimento da agricultura. Para obtenção de incrementos de produtividade agrícola uma das tecnologias mais empregadas no Brasil e no mundo é a irrigação. O objetivo dessa pesquisa foi identificar o número de equipamentos e as áreas equipadas com pivôs centrais na bacia hidrográfica do Alto Rio das Mortes no Estado de Mato Grosso, utilizando imagens de satélite de média resolução espacial. A bacia hidrográfica do Rio das Mortes está localizada no Centro-Oeste do Brasil, a qual está inserida na bacia do Rio Araguaia-Tocantins. Foram utilizadas imagens de satélite Landsat e a plataforma do Google Earth Engine (GEE). Foram construídas camadas de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e a partir desses dados procedeu-se a identificação e quantificação das áreas irrigadas por pivô central no local de estudo. Verificamos que a maior concentração de pivôs ocorre nas sub-bacias de Primavera do Leste (213 pivôs, 28 mil hectares) e Poxoréu (31 pivôs, 5 mil hectares). A bacia do Alto Rio das Mortes no ano de 2018 apresentava 271 pivôs centrais, ocupando uma área irrigada de aproximadamente 36,5 mil hectares.

Keywords: geotecnologias, índice de vegetação, irrigação, sensoriamento remoto.

**MONCADA, J. V. L.; JOSÉ, J. V.; COSTA, J. O.; QUILOANGO-CHIMARRO, C. A.;
OLIVEIRA, N. P. R.; SILVA, T. J. A.**
**INCREASE IN CENTER PIVOT-IRRIGATED AGRICULTURE IN THE RIO DAS
MORTES-MT RIVER BASIN**

2 ABSTRACT

Land use and land cover have changed significantly in recent years with population growth and the development of agriculture. To obtain increases in agricultural productivity, one of the most used technologies in Brazil and around the world is irrigation. This research identified the amount of equipment and areas equipped by center pivots in the Rio das Mortes River basin in the State of Mato Grosso, using satellite images of medium spatial resolution. The Rio das Mortes River basin is located in center-western Brazil, which is inserted in the Araguaia-Tocantins River basin. Landsat satellite images and the Google Earth Engine (GEE) platform were used. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) layers were constructed, and then the identification and quantification of the areas irrigated by center pivot in the study area were performed. The highest concentration of pivots in the Rio das Mortes River basin is in the sub-basins of Primavera do Leste (213 pivots, 28 thousand hectares) and Poxoréu (31 pivots, 5 thousand hectares). The Rio das Mortes River basin in 2018 had 271 center pivots, occupying an irrigated area of approximately 36.5 thousand hectares.

Keywords: geotechnologies, vegetation index, irrigation, remote sensing.

3 INTRODUÇÃO

Nas últimas três décadas (dentre os anos 1989 e 2019) a superfície do solo do Brasil teve significativas mudanças nos tipos de cobertura vegetal. As superfícies cobertas pelas árvores passaram de 59,9 para 56,6%, entretanto, as zonas com cultivos herbáceos aumentaram de 14,6 para 17,7%; o qual, em números absolutos, representa relevantes alterações no uso da terra devido às dimensões continentais do Brasil (ARRUDA et al., 2018).

Nessa perspectiva, no Estado de Mato Grosso, onde encontra-se localizada a bacia hidrográfica do Alto do Rio das Mortes, tem aumentado consideravelmente as áreas plantadas para produção de grãos, destacando-se as culturas de algodão, girassol, milho e soja (IBGE, 2017), o que produz mudanças das condições de cobertura vegetal existentes no território do Estado e provavelmente na superfície da bacia, provocada por um intenso crescimento do agronegócio.

O Estado de Mato Grosso é o principal produtor de milho, soja, algodão, feijão-fradinho, gergelim e girassol do Brasil (IBGE, 2017), nesse contexto de produção

agrícola, a bacia do Alto Rio das Mortes é uma das áreas de maior produtividade de algodão e soja no Estado de Mato Grosso.

Por outro lado, ao longo de seis décadas (1959-2019) vem acontecendo um incremento considerável do total de áreas irrigadas no Brasil, e particularmente, um aumento dessas zonas na região Centro-Oeste do país. Do mesmo modo, quando analisado o aumento anual (2000-2016) das áreas irrigadas mecanizadas, por grupos de sistemas, o tipo de irrigação que mais prevalece é o sistema de irrigação por aspersão do tipo pivô central (ANA, 2017).

As pesquisas associadas à localização de equipamentos de irrigação são relevantes e tem como finalidade contribuir para uma melhor gestão do uso da água nas bacias hidrográficas. Nessa perspectiva surge o uso de técnicas de geoprocessamento e imagens de satélite para o levantamento de áreas irrigadas por pivôs centrais como uma técnica amplamente empregada e de grandes vantagens, no reconhecimento, na estimação e na observação das mudanças dessas zonas (MARTINS et al., 2016; TOLEDO; MORAES, 2018).

Em particular ressalta-se a utilização de imagens de satélite pela sua versatilidade, custo atual, otimização do tempo, acessibilidade, cobertura global, redução de visitas de campo, observação em várias escalas, transmissão imediata, formato digital, repetição da observação, entre outras (CHUVIECO et al., 2018).

Ressalta-se que não há levantamentos atualizados sobre a área ocupada e o número de equipamentos do tipo pivô central para o Estado do Mato Grosso, muito menos a sua distribuição por bacias hidrográficas e municípios. Neste contexto, o objetivo deste trabalho consistiu na identificação do número de equipamentos e das áreas equipadas por pivôs centrais na bacia hidrográfica do Alto do Rio das Mortes no Estado de Mato Grosso, utilizando imagens de satélite de média resolução espacial.

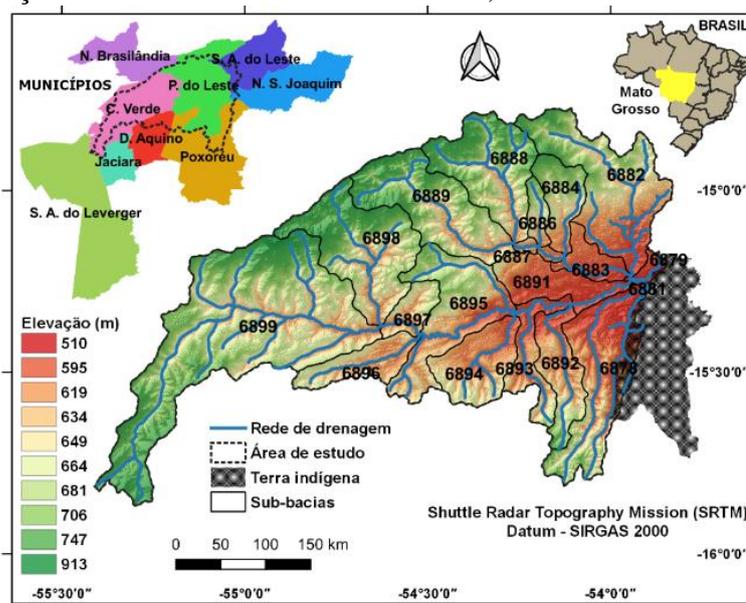
4 MATERIAL E MÉTODOS

A bacia hidrográfica do Rio das Mortes está localizada no Centro-Oeste do

Brasil, a qual está inserida na bacia do Rio Araguaia-Tocantins. A área da bacia é de aproximadamente 61 mil km², e cobre o Estado do Mato Grosso no trecho compreendido entre a sua nascente, na Serra de São Vicente, município de Campo Verde - MT, até a foz do Rio Araguaia, em São Felix do Araguaia - MT, localizados no quadrante formado pelas coordenadas, 53°49'49" W 14°46'21" S e 55°24'42" W 15°52'03" S e com altitude variando de 510 a 913 metros.

A bacia hidrográfica é dividida em duas sub-bacias; Alto e Baixo. Nesse estudo, foi selecionada a sub-bacia do Alto Rio das Mortes. Na Figura 1 pode-se observar a bacia selecionada para o desenvolvimento da pesquisa com a sua rede de drenagem, as sub-bacias, os municípios envolvidos e a sua elevação. A cobertura vegetal natural da área é classificada como Floresta Estacional Semidecidual, Savana Parque, Savana florestada e Savana Arborizada, pertence ao Bioma Cerrado. O clima é do tipo Aw (ALVARES et al., 2013).

Figura 1. Localização da bacia do Alto Rio das Mortes, Estado do Mato Grosso - Brasil



A fonte de dados e informação primária para o desenvolvimento da pesquisa foram as imagens de satélite do projeto *Landsat*, o qual encontra-se constituído pela mais longa série histórica de dados teledetectados de observação da terra, conduzido por uma parceria entre a Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço (NASA) e o Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), disponíveis de forma livre e gratuita na internet em uma resolução espacial horizontal de 30 metros (WULDER et al., 2019; COSTA et al., 2020; JOSÉ et al., 2020).

A plataforma selecionada para o processamento dos dados e da informação dos satélites foi o ambiente de *Google Earth Engine (GEE)*. Esse ambiente é um sistema de análise geoespacial por meio de dados em nuvem com vários peta byte de informação obtida por sensoriamento remoto com capacidade global, empregando a linguagem de programação *JavaScript* na criação dos algoritmos para tratamento das imagens satélites (KUMAR; MUTANGA, 2018).

Foram construídas camadas de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). O índice é uma medida do grau de vigor da vegetação, determinado a partir de dados multiespectrais como proporção normalizada entre as bandas vermelha e infravermelha próxima, variando o seu valor de menos um (-1) a um (1) (XUE; SU, 2017; COSTA et al., 2019). Nesse sentido, foram utilizadas para a zona de estudo séries mensais de NDVI de 1985 até 2018 em cinco períodos, categorizando os tipos de cobertura do solo em cinco classes para as

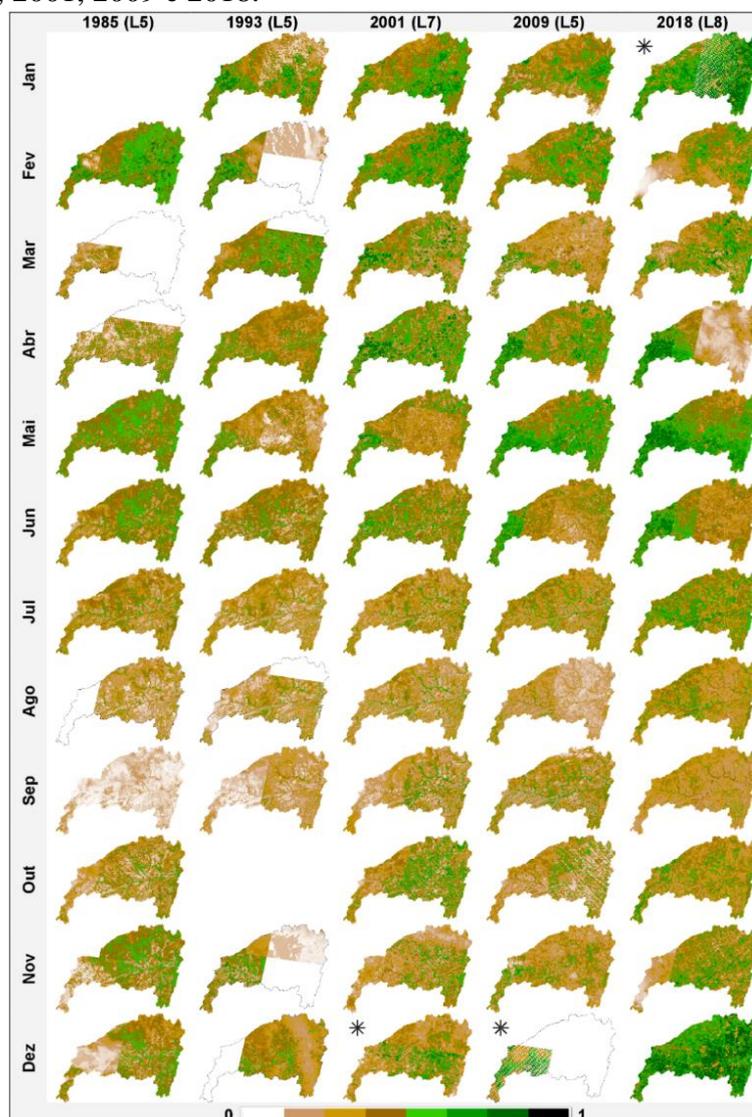
estações secas e úmidas nos períodos definidos.

A identificação, quantificação e análise temporal das áreas irrigadas por pivô central, foi efetivado por intermédio de interpretação visual das camadas de NDVI criadas na fase anterior, por meio do Sistema de Informação Geográfico livre e de código aberto *QGIS 3.6.2*. Foram considerados as feições circular e semicircular para identificação das áreas de pivô central, identificados e vetorizá-los manualmente, utilizando ferramentas de traçado de elipses.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os mapas de distribuição espacial do NDVI na área de estudo, considerando-se a média do mês analisado para os anos de 1985, 1993, 2001, 2009 e 2018 são apresentados na Figura 2. Observa-se que como já era esperado os valores dos limites das classes do NDVI são menores no período seco quando comparados aos valores do período úmido. No período entre maio e setembro a área de estudo é afetada por escassez hídrica, diversas culturas viabilizam-se apenas com a aplicação suplementar de água nestes meses, embora a produção possa ser realizada normalmente no período chuvoso (ANA, 2017). No entanto, as imagens obtidas no período seco, permitem quantificar com exatidão os equipamentos de irrigação por pivô central, posto que no período chuvoso, áreas vegetadas possuem um NDVI similar as áreas de cultivo irrigadas (ALBUQUERQUE et al., 2020; TANG et al., 2021).

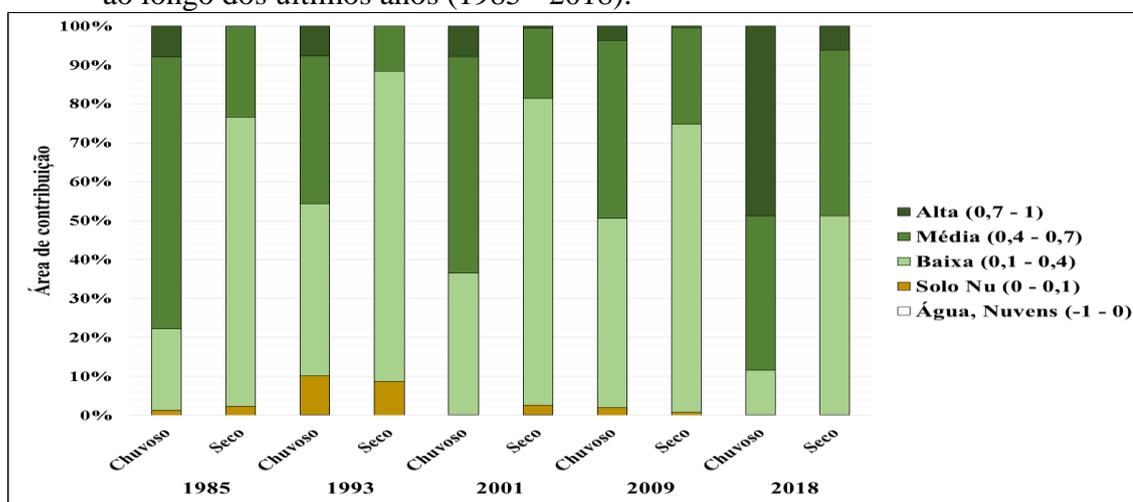
Figura 2. Dinâmica espaço-temporal do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) na Bacia do Rio das Mortes-MT ao longo dos meses dos anos de 1985, 1993, 2001, 2009 e 2018.



Na Figura 3 observa-se que quando se usa como referência às classes mais densas de 0,7 a 1,0 e 0,4 a 0,7 do NDVI, pode-se afirmar que de modo geral houve aumento nos níveis de contribuição do NDVI na área de estudo quando comparamos períodos passados com períodos atuais. Schmidt et al. (2004) sugeriram que condições de susceptibilidade

a seca promovem o uso de irrigação, além disso, segundo Pinheiro, Castro e Guimarães (2006), a região central do Brasil tem sofrido mudanças na área de ocupação do solo, por exemplo, o crescimento da soja e do milho irrigado. Esses fatores poderiam ser os que geraram as maiores mudanças nos valores de NDVI entre o período atual e o passado na bacia do Alto Rio das Mortes.

Figura 3. Área de contribuição das categorias do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) na bacia do Alto Rio das Mortes nos períodos secos e chuvosos ao longo dos últimos anos (1985 - 2018).



Na Tabela 1, são apresentados os nove municípios que abrangem a bacia hidrográfica do Rio das Mortes, com área irrigada e número de pivôs centrais. Foram quantificados 271 pivôs centrais, ocupando área irrigada de aproximadamente 36,5 mil hectares. Os municípios com maior área irrigada foram Primavera do Leste (213 pivôs e 27.959,5 ha), Poxoréu (31 pivôs e 4.959,5 ha), Campo verde (19 pivôs e 2.544,76 ha), Dom Aquino (7 pivôs e 635,17 ha) e Santo Antônio do Leste (1 pivô e 161,57 ha).

Nos municípios Jaciara, Nova Brasilândia, Novo São Joaquim e Santo Antônio do Leveger não foram identificados pivôs centrais na área da bacia do Alto Rio das Mortes. Os resultados apresentados corroboram com os reportados por Demarqui e Demarqui (2020); eles apontam que 76% dos equipamentos de irrigação por pivô central da região Sudeste do Mato Grosso encontram-se no município Primavera do Leste, evidenciando-se que as propriedades rurais de grande porte possuem maior capacidade de investimento.

Tabela 1. Número de pivôs centrais, área irrigada (ha) e percentual da área irrigada por pivôs centrais (%) nos municípios que abrangem a bacia hidrográfica do Rio das Mortes no Estado de Mato Grosso, no ano de 2018.

Municípios	Número de pivôs	Área irrigada por pivô central (ha)	Percentual da área irrigada por pivô central (%)
Campo Verde	19	2.544,76	0,51
Dom Aquino	07	635,17	0,28
Jaciara	-	-	-
Nova Brasilândia	-	-	-
Novo São Joaquim	-	-	-
Poxoréu	31	4.959,50	0,69
Primavera do Leste	213	27.942,50	4,90
Santo Antônio do Leste	01	161,57	0,04
Santo Antônio do Leveger	-	-	-

6 CONCLUSÃO

A utilização de imagens de satélite de média resolução espacial permite a identificação do número de equipamentos e das áreas equipadas por pivôs centrais em uma bacia hidrográfica.

A bacia hidrográfica do Alto Rio das Mortes (Estado do Mato Grosso) no ano agrícola de 2018 apresentava 271 pivôs centrais, ocupando uma área irrigada de aproximadamente 36,5 mil hectares.

O presente estudo traz dados concisos para que órgãos governamentais responsáveis e profissionais da área, junto aos produtores rurais possam melhorar a gestão dos recursos hídricos na bacia

hidrográfica do Alto Rio das Mortes (Estado do Mato Grosso).

7 AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Agradecemos também ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ao Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) pela disponibilização dos dados do satélite Landsat.

8 REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, A. O.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; CARVALHO, O. L. F. D.; BEM, P. P.; FERREIRA, P. H. G.; MOURA, R. D. S.; FONTES GUIMARÃES, R. Deep semantic segmentation of center pivot irrigation systems from remotely sensed data. **Remote Sensing**, Basel, v. 11, n. 13, p. 2159-2184, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs12132159>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/13/2159>. Acesso em: 22 dez. 2021.

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Berlin, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>. Disponível em: https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen_s_climate_classification_map_for_Brazil?af=crossref. Acesso em: 22 dez. 2021.
- ANA - Agência Nacional das Águas. **Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada**. Brasília: ANA, 2017. Disponível em: <https://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/AtlasIrigacao-UsodaAguanaAgriculturaIrigada.pdf>. Acesso em: 22 dez. 2021.
- ARRUDA, D. M.; SCHAEFER, C. E.; FONSECA, R. S.; SOLAR, R. R.; FERNANDES FILHO, E. I. Vegetation cover of Brazil in the last 21 ka: New insights into the Amazonian refugia and Pleistocenic arc hypotheses. **Global Ecology and Biogeography**, Oxford, v. 27, n. 1, p. 47-56, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/geb.12646>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/geb.12646>. Acesso em: 22 dez. 2021.
- CHUVIECO, E.; LIZUNDIA-LOIOLA, J.; PETTINARI, M. L.; RAMO, R.; PADILLA, M.; TANSEY, K.; PLUMMER, S. Generation and analysis of a new global burned area product based on MODIS 250 m reflectance bands and thermal anomalies. **Earth System Science Data**, Berlin, v. 10, n. 4, p. 2015-2031, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5194/essd-10-2015-2018>. Disponível em: <https://essd.copernicus.org/articles/10/2015/2018/>. Acesso em: 22 dez. 2021.
- COSTA, J. O.; COELHO, R. D.; WOLFF, W.; JOSÉ, J. V.; FOLEGATTI, M. V.; FERRAZ, S. F. B. Spatial variability of coffee plant water consumption based on the SEBAL algorithm. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 76, n. 2, p. 93-101, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2017-0158>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/DVZp9pDTzxcj3rqnVsykyGM/?lang=en>. Acesso em: 22 dez. 2021.
- COSTA, J. O.; JOSÉ, J. V.; WOLFF, W.; OLIVEIRA, N. P. R.; OLIVEIRA, R. C.; RIBEIRO, N. L.; COELHO, R. D.; SILVA, T. J. A.; BONFIM-SILVA, E. M.; SCHLICHTING, A. F. Spatial variability quantification of maize water consumption based on Google EEflux tool. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 232, n. 1, p. 1-8, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106037>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378377419312089>. Acesso em: 22 dez. 2021.
- DEMARQUI, E. N.; DEMARQUI, L. M. B. Análise espaço-temporal da ocorrência de sistemas de irrigação por pivô central em regiões agrícolas no estado de Mato Grosso. **Nativa**, Sinop, v. 8, n. 3, p. 344-351, 2020. DOI: <https://doi.org/10.31413/nativa.v8i4.8931>. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/8931>. Acesso em: 22 dez. 2021.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agro 2017: Resultados preliminares**. Brasília: IBGE, 2017. Disponível em: <https://censoagro2017.ibge.gov.br/>. Acesso em: 22 dez. 2021.

KUMAR, L.; MUTANGA, O. Google Earth Engine Applications Since Inception: Usage, Trends, and Potential. **Remote Sensing**, Basel, v. 10, n. 10, p. 1-15, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs10101509>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/10/10/1509>. Acesso em: 22 dez. 2021.

JOSÉ, J. V.; OLIVEIRA, N. P. R.; SILVA, T. J. A.; BONFIM-SILVA, E. M.; COSTA, J. O.; WILLIAN, F.; COELHO, R. D. Quantification of cotton water consumption by remote sensing. **Geocarto International**, Hong Kong, v. 35, n. 16, p. 1800-1813, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/10106049.2019.1583777>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10106049.2019.1583777>. Acesso em: 22 dez. 2021.

MARTINS, J. D.; BOHRZ, I. S.; FREDRICH, M.; VERONEZ, R. P.; KUNZ, G. A.; TURA, E. F. Levantamento da área irrigada por pivô central no Estado do Rio Grande do Sul. **Irriga**, Botucatu, v. 21, n. 2, p. 300-311, 2016. DOI: <https://doi.org/10.15809/irriga.2016v21n2p300-311>. Disponível em: <https://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/2076>. Acesso em: 22 dez. 2021.

PINHEIRO, B. S.; CASTRO, E. M.; GUIMARÃES, C. M. Sustainability and profitability of aerobic rice production in Brazil. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 97, n. 1, p. 34-42, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2005.08.013>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378429005002248>. Acesso em: 22 dez. 2021.

SCHMIDT, W.; COELHO, R. D.; JACOMAZZI, M. A.; ANTUNES, M. A. Spatial distribution of center pivots in Brazil: I-southeast region. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 8, n.2/3, p. 330-333, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662004000200026>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/BYZrpVRPcDvY9F4Njyw5f5h/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 22 dez. 2021.

SEPLAN - Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral. **Diagnóstico Sócio-Econômico-Ecológico do Estado de Mato Grosso**. Cuiabá: SEPLAN, 2001. Disponível em: <http://www.dados.mt.gov.br/publicacoes/dsee/geomorfolgia/mt/DSEE-GM-MT-050.pdf>. Acesso em: 22 dez. 2021.

TANG, J.; ZHANG, Z.; ZHAO, L.; TANG, P. Increasing shape bias to improve the precision of center pivot irrigation system detection. **Remote Sensing**, Basel, v. 13, n. 4, p. 1-13, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs13040612>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/13/4/612>. Acesso em: 22 dez. 2021.

TOLEDO, C. E.; MORAES, E. E. Levantamento e atualização dos sistemas de irrigação por pivô central instalados nos Municípios de Paraúna e Palmeiras de Goiás. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 277-283, 2018. DOI:

<https://doi.org/10.13083/reveng.v26i3.919>. Disponível em:
<https://periodicos.ufv.br/reveng/article/view/805>. Acesso em: 22 dez. 2021.

WULDER, M. A.; LOVELAND, T. R.; ROY, D. P.; CRAWFORD, C. J.; MASEK, J. G.; WOODCOCK, C. E.; ZHU, Z. Current status of Landsat program, science, and applications. **Remote Sensing of Environment**, Nova Iorque, v. 225, n. 1, p. 127-147, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.02.015>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425719300707?via%3Dihub>. Acesso em: 22 dez. 2021.

XUE, J.; SU, B. Significant Remote Sensing Vegetation Indices: A Review of Developments and Applications. **Journal of Sensors**, Londres, v. 17, n. 1, p. 1-17, 2017. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2017/1353691>. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/js/2017/1353691/>. Acesso em: 22 dez. 2021.