

VISÃO COMPUTACIONAL APLICADA À IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS IRRIGADAS A PIVÔ CENTRAL EM GOIÁS

EDUARDO TELES DIAS FILGUEIRA¹, ANTÔNIO MARCOS DE MELO MEDEIROS², BRUNO QUIRINO DE OLIVEIRA³

¹Graduando em Engenharia Elétrica, PUC Goiás, Goiânia-GO, eduardoteles999@gmail.com;

²Dr. Prof. Escola de Engenharia, PUC Goiás, Goiânia-GO, amarcosmedeiros@gmail.com;

³Msc. Prof. Escola de Engenharia, PUC Goiás, Goiânia-GO, brunoquirino@pucgoias.edu.br;

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
15 a 17 de setembro de 2021

RESUMO: Este trabalho teve o objetivo de identificar áreas irrigadas a pivô central no Estado de Goiás, utilizando-se um método de detecção automática de formas circulares. Para isso, utilizou-se a Transformada de Hough, um algoritmo amplamente usado em Visão Computacional, para detectar formas geométricas, incluindo círculos. Aplicando-se a técnica em uma imagem de satélite de uma área do município de Cristalina – GO, pode-se detectar automaticamente os círculos dos pivôs. Comparou-se o número de pivôs contados manualmente com a quantidade detectada de forma automática. O algoritmo localizou corretamente 19 pivôs de um total de 31 áreas circulares, contabilizou-se manualmente 36 áreas irrigadas. O método proposto apresentou índice de exatidão de 52,78%, resultado que pode ser melhorado ao modificar os parâmetros da Transformada de Hough e a qualidade da imagem utilizada.

PALAVRAS-CHAVE: Irrigação, pivô central, Transformada de Hough, Visão Computacional.

COMPUTER VISION APPLIED TO THE IDENTIFICATION OF CENTRAL PIVOT IRRIGATED AREAS IN GOIÁS

ABSTRACT: This work aimed to identify central pivot irrigated areas in Goiás State, using a method of automatic detection of circular shapes. For this, we used the Hough Transform, an algorithm widely used in Computer Vision to detect geometric shapes, including circles. Applying the technique to a satellite image of an area in the municipality of Cristalina – GO, the pivot circles could be automatically detected. The number of pivots counted manually was compared with the amount detected automatically. The algorithm correctly located 19 pivots out of a total of 31 circular areas, 36 irrigated areas were manually counted. The proposed method presented an accuracy index of 52.78%, a result that can be improved by modifying the parameters of the Hough Transform and the quality of the image used.

KEYWORDS: Irrigation, central pivot, Hough Transform, Computer Vision.

INTRODUÇÃO

O uso de sistemas de irrigação por pivô central apresentou crescimento expressivo nos últimos vinte anos (ANA e EMBRAPA, 2019). No ano 2000 havia 490,5 mil hectares equipados para irrigação em 6680 pontos-pivô, em 2017 essa área triplicou para 1,476 milhão de hectares, em um total de 23181 pontos. (ANA e EMBRAPA, 2019) Além disso, estima-se que haja um aumento da participação dos pivôs centrais na ampliação das áreas irrigadas no Brasil, saltando de 27% da área total irrigada (2019), para 38% no ano de 2040 (ANA, 2021).

Tendo em vista a crescente participação desse modelo de irrigação no panorama agrícola brasileiro e considerando que o pivô central é um sistema que requer altas quantidades de água e energia, diversas pesquisas foram feitas tanto para otimizar a relação desempenho/consumo quanto monitorar o crescimento das áreas irrigadas a pivô (ZHANG et al., 2018; LANDAU et al., 2013). O

avanço das tecnologias de sensoriamento remoto, bem como a crescente disponibilidade de imagens de satélite de alta resolução representou significativo progresso no monitoramento do uso do solo e da água (ROGAN e CHEN, 2004).

Para interpretar essas imagens de satélite utiliza-se técnicas de detecção para identificar as características de interesse (ZHANG et al., 2018; ROGAN e CHEN, 2004). Em geral usa-se classificadores para averiguar a similaridade de pixels em uma imagem, monitorando a mudança do uso do solo ao longo do tempo (ROGAN e CHEN, 2004; SOUZA e RUHOFF, 2020). Tradicionalmente essa classificação é feita por meio de interpretação visual (ZHANG et al., 2018).

Apesar de essa ser uma metodologia conceitualmente simples, o processo de identificação pode ser laborioso, principalmente quando a área observada é extensa (sobretudo locais com vegetação esparsa, áreas irrigadas e áreas urbanas) ou a imagem apresenta ruídos e sombras (ZHANG et al., 2018; SOUZA e RUHOFF, 2020). Nesse sentido, a fim de auxiliar o procedimento de inspeção, pode-se empregar técnicas de visão computacional como ferramenta complementar ao geoprocessamento de imagens aéreas (SOUZA e RUHOFF, 2020).

Com base nessas considerações este trabalho tem o objetivo de identificar áreas irrigadas a pivô central em regiões do Estado de Goiás, usando algoritmos de visão computacional como a Transformada de Hough para análise de formas circulares. Os resultados da classificação automática são comparados com áreas contabilizadas manualmente a fim de se obter o índice de exatidão do método, com a finalidade de validá-lo e calibrá-lo.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o presente estudo, escolheu-se uma área que possui alta concentração de pivôs-centrais (ANA, 2021; LANDAU et al., 2013). A área escolhida foi uma porção territorial localizada no município de Cristalina – GO. Utilizando-se a ferramenta EarthExplorer do USGS (Serviço Geológico dos Estados Unidos) é possível obter imagens de satélite oriundas de diversas missões espaciais (USGS, 2021). Para este trabalho foram obtidas imagens produzidas pela missão Sentinel-2.

A figura 01 representa a porção territorial escolhida para a aplicação do algoritmo de detecção dos círculos do pivô central. Utilizou-se a ferramenta EarthExplorer, escolhida por fornecer uma interface mais intuitiva, facilitando a inserção dos critérios de busca, e provendo um mapa interativo onde foi possível fazer o recorte da área de interesse.

Figura 1. Área selecionada.



Fonte: USGS (2021).

Selecionou-se imagens multiespectrais com resolução espacial de 10 m do período de 09/05/2021 a 10/05/2021, separando-se aquelas com melhores condições de visibilidade (menor quantidade de nuvens). O resultado do arquivo para download, disponibilizado pelo EarthExplorer, é basicamente um conjunto de arquivos contendo os canais espectrais individuais da imagem (Vermelho, Verde, Azul, Infravermelho Próximo, dentre outros). Para se obter uma imagem colorida tratável é necessário fazer uma composição dos canais RGB usando-se um software apropriado.

Existem diversos softwares GIS (sigla em inglês para Sistema de Informação Geográfica) no mercado que realizam composições para imagens de satélite, permitindo o tratamento, processamento

e a criação de mapas geográficos diversos. Para a realização deste trabalho, escolheu-se o software QGIS, por ser uma ferramenta livre e de código-fonte aberto, amplamente usada no mercado e em pesquisa, possuindo ampla documentação e comunidade ativa, além de ser um programa de fácil utilização.

Usando-se o QGIS e tomando-se os canais RGB (Red – Vermelho, Green – Verde e Blue – Azul) da imagem multiespectral, fez-se uma composição e obteve-se como resultado uma imagem colorida. Na referida ferramenta é possível manipular a imagem com zoom e recortá-la em partes menores. Também é possível alterar características como brilho e contraste, sendo essa uma tarefa muito importante, pois o resultado da imagem composta em camadas RGB é bastante escura. Alterando os referidos valores, obtém-se uma figura com definição adequada.

Após recortar a imagem utilizou-se a OpenCV para executar a Transformada de Hough. A OpenCV (Open Source Computer Vision Library) é uma biblioteca livre e de código aberto que provê um conjunto de algoritmos para Aprendizado de Máquina e Visão Computacional, sendo multiplataforma e possuindo suporte a diversas linguagens de programação (como C++, Python e Java) (OPENCV, 2021). Escolheu-se a linguagem Python para ser usada em conjunto com a biblioteca OpenCV. A escolha se deu pelo fato de o Python ser uma linguagem de script de fácil utilização e com interface ao OpenCV, sendo que a referida biblioteca utiliza o módulo matemático NumPy para cálculos matriciais (SOLEM, 2012). Independente da linguagem na qual se roda o OpenCV, a função que implementa a Transformada de Hough para círculos tem os seguintes parâmetros (OPENCV, 2021):

- “Image”: imagem de entrada (colorida ou em escala de cinza), diversos formatos são suportados, tais como png, jpg, tiff, dentre outros;
- “Method”: método de detecção utilizado. Geralmente utiliza-se o Hough Gradient, que é uma variante da Transformada de Hough que utiliza um gradiente de orientação para ajustar o espaço de parâmetros;
- “dp”: é a razão inversa do acumulador para a resolução da imagem. Se, por exemplo, $dp = 1$, o acumulador tem a mesma resolução da imagem de entrada. Caso $dp = 2$, o acumulador tem metade da largura e da altura;
- “minDist”: distância mínima entre os centros dos círculos detectados. Se esse parâmetro tiver um valor muito pequeno, múltiplos círculos podem ser falsamente detectados em detrimento de um verdadeiro. Caso o valor da distância mínima seja elevado, muitos círculos podem não ser encontrados na detecção.
- “param1”: Limite superior para o detector de bordas Canny, no caso de se utilizar o Hough Gradient como método de detecção.
- “param2” : Limite para a detecção dos centros dos círculos, quanto menor esse valor, mais círculos falsos podem ser detectados.
- “minRadius”: Raio mínimo para um círculo detectado.
- “maxRadius”: Raio máximo para um círculo detectado.

A tabela 01 mostra os valores dos parâmetros adotados na função “cv.HoughCircles()” da biblioteca OpenCV.

Tabela 1. Valores dos parâmetros usados no método “cv.HoughCircles()”.

Parâmetro	Valor
Imagem	Area01.tif
Método	HOUGH_GRADIENT
Dp	1,0
MinDist	(Nº de colunas)/32
param1	50
param2	30
Raiomin	1
Raiomax	125

Fonte: autor (2021).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após executar o script em Python contendo o algoritmo de detecção, obteve-se como resultado a imagem mostrada na figura 02, com os círculos detectados destacados em rosa.

Figura 2. Áreas circulares de pivô detectados (em rosa).



Fonte: autor (2021).

O ajuste dos valores dos parâmetros mostrados na tabela 01 foi feito de maneira empírica, até se encontrar a sensibilidade adequada que possibilitasse a detecção do maior número de círculos verdadeiros, isto é, que representam áreas irrigadas. Para analisar a qualidade da combinação de parâmetros escolhida, utilizou-se os indicadores adotados por Araújo et. al. (2015), que são os seguintes: Exatidão Global (EG), dado pela equação 01; Erro A, expresso pela equação 02; e Erro B, calculado por meio da equação 03.

$$EG = \left(\frac{AC}{DM} \right) \times 100 \quad (1)$$

$$Erro A = \left(\frac{ND}{DM} \right) \times 100 \quad (2)$$

$$Erro B = \left(\frac{DE}{DA} \right) \times 100 \quad (3)$$

sendo:

EG – Exatidão Global (em %);

AC – a quantidade de áreas circulares de pivô corretamente detectadas pelo algoritmo;

DM – o número de pivôs detectados manualmente;

ND – a quantidade de pivôs não detectados pelo algoritmo;

DE – o número de pivôs incorretamente detectados pelo algoritmo;

DA – a quantidade de pivôs detectados de maneira automática pelo algoritmo.

A Exatidão Global (EG, em %), conforme mostra a equação 01, é dada pela razão entre o número de áreas corretamente detectadas (AC) pelo algoritmo (círculos verdadeiros) e a quantidade de pivôs contabilizados de forma manual (DM). O Erro A é um percentual dado pela razão entre o quantitativo de áreas irrigadas não detectadas (ND) e o total de pivôs contados manualmente, conforme está expresso na equação 02. O Erro B (equação 03) é um valor em porcentagem expresso pela quantidade de pivôs localizados de forma errônea pelo algoritmo (DE - círculos falsos), dividido pelo total de áreas irrigadas contabilizadas de maneira automática pelo programa (DA - círculos verdadeiros e falsos). A tabela 02 mostra os valores calculados para os indicadores de desempenho adotados.

Tabela 2. Indicadores de desempenho do algoritmo de detecção.

Parâmetro	Valor
AC	19
DM	36
ND	16
DE	12
DA	31
EG	52,78%

Erro A (%)	44,44%
Erro B (%)	38,71%

Fonte: autor (2021).

Os resultados expressos na tabela 02 referem-se a um teste preliminar feito com uma porção da área total selecionada no EarthExplorer (figura 01). A imagem espectral dessa fração de área foi composta em uma imagem colorida usando-se a ferramenta QGIS. O resultado da composição RGB foi utilizado como entrada para o algoritmo de detecção, o qual aplica a Transformada de Hough. Conforme consta na tabela 02, o algoritmo conseguiu uma Exatidão Global de 52,78 %, detectando corretamente 19 áreas irrigadas de um total de 31 círculos localizados automaticamente. Contabilizou-se as formas circulares também de modo manual, totalizando 36 áreas. O algoritmo não detectou 16 pivôs e localizou erroneamente 12 círculos, obtendo-se um Erro A de 44,44% e um Erro B de 38,71%.

Como se trata de um teste preliminar ainda necessita-se testar o algoritmo em outras partes da área total selecionada para estudo. Também precisa-se adotar outros valores de sensibilidade e gradiente para a Transformada de Hough e comparar os resultados. Além disso também é possível combinar outras bandas espectrais e compor outros tipos de imagem, como as bandas NIR (Infravermelho Próximo) e pancromática, e combinar outros parâmetros para Transformada de Hough, tal como feito por Araújo et. al. (2015).

CONCLUSÃO

O presente estudo teve o objetivo de localizar áreas irrigadas a pivô central no Estado de Goiás. O algoritmo de detecção obteve um índice de acerto (Exatidão Global) de 52,78% e apresentou erro de omissão (Erro A) de 44,44% e erro de superestimação (Erro B) de 38,71%. A Exatidão Global pode ser aumentada e os valores dos referidos erros podem ser diminuídos ajustando-se os parâmetros da Transformada de Hough, bem como melhorando a qualidade da imagem ao se adicionar outras bandas espectrais na composição desta. Também é necessário avaliar outras áreas irrigadas e comparar os resultados de detecção destas.

REFERÊNCIAS

- ANA, EMBRAPA. Agência Nacional de Águas, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Levantamento da Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais no Brasil. Brasília: ANA, 2019. 47 p.
- ANA. Agência Nacional de Águas. Atlas Irrigação: Uso da Água na Agricultura Irrigada. 2ª edição. Brasília – DF: ANA, 2021. 125 p.
- Araújo, G. L.; Mantovani, E. C.; Luppi, A. S. L.; Klippel, A. H. Algoritmo para detecção automática de pivôs centrais. Revista da Faculdade de Ciências Gerenciais de Manhaçu – FACIG (ISSN 1808 – 6136). Pensar Acadêmico, Manhaçu, MG, v. 13, n. 2, p. 34 – 42, julho – dezembro, 2015.
- Landau, E. C.; Guimarães, D. P.; Reis, R. J. Mapeamento das Áreas Irrigadas por Pivôs Centrais no Estado de Goiás e no Distrito Federal – Brasil. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento/Embrapa Milho e Sorgo. ISSN 1679-0154. Sete Lagoas – MG: 2013. 36 p.
- OPENCV. Open Source Computer Vision. OpenCV – About Disponível em: <https://opencv.org/about/>. Acesso em: 03 de junho de 2021.
- OPENCV. Open Source Computer Vision. Hough Circle Transform. Disponível em: https://docs.opencv.org/3.4/d4/d70/tutorial_hough_circle.html. Acesso em: 03 de junho de 2021.
- Rogan, J.; Chen, D. Remote Sensing Technology for Mapping and Monitoring Land-Cover and Land-Use Change. Progress in Planning, vol. 61, nº 4, pp. 301 – 325, mai. 2004.
- Solem, J. E. Programming Computer Vision with Python: Tools and Algorithms for Analyzing Images. 1ª ed. O'Reilly, 2012. 247 p.
- Souza, F. B.; Ruhoff, A. L. Detecção de Áreas Agrícolas com Irrigação por Pivô Central Usando Sensoriamento Remoto e Visão Computacional. In: Ladwig, N. I; Campos, J. B. (org). Planejamento e Gestão Territorial – Inovação, Tecnologia e Sustentabilidade. Criciúma: Unesc, 2020. Cap. 6. p. 153 – 163. DOI: [http:// dx.doi.org/10.18616/plansus06](http://dx.doi.org/10.18616/plansus06).
- USGS. United States Geological Survey. Earth Explorer Help Tutorial. Disponível em: https://lta.cr.usgs.gov/EEHelp/ee_help. Acesso em: 11 de maio de 2021.
- Zhang, C.; Yue, P.; Di, L.; Wu, Z. Automatic Identification of Center Pivot Irrigation Systems from Landsat Images Using Convolution Neural Networks. MDPI Journal – Agriculture, vol. 8, nº 147, 19 p, set. 2018.