

Análise Multicritério para identificação de áreas prioritárias para irrigação, por meio de indicadores socioeconômicos, no contexto da Bacia Tocantins-Araguaia, Região Centro-Oeste do Brasil

Multicriteria Analysis for identification of priority areas for irrigation, through socio-economic indicators, in the context of the Tocantins-Araguaia Basin, Central-West Region of Brazil

Análisis Multicriterio para la identificación de áreas prioritarias de riego, mediante indicadores socioeconómicos, en el contexto de la Cuenca de Tocantins-Araguaia, Región Centro-Oeste de Brasil

Maria das Dores Saraiva de Loreto¹

Aline Oliveira Silva¹

Luan Peroni Venâncio¹

Camile Arêdes Moraes¹

Giovana Franco Valadão¹

Recebido em: 15/12/2021; revisado e aprovado em: 19/04/2022; aceito em: 19/09/2022

DOI: <http://dx.doi.org/10.20435/inter.v23i4.3601>

Resumo: Este artigo teve como objetivo identificar as áreas mais adequadas à implantação de sistemas de irrigação, na porção Centro-Oeste da Bacia do Tocantins-Araguaia, por meio da aplicação de Análise Multicritério, considerando indicadores socioeconômicos dos 178 municípios que compõem essa região. Metodologicamente, a partir da pesquisa bibliográfica e documental, os indicadores socioeconômicos foram selecionados em uma amplitude que permitisse uma caracterização econômica, demográfica, social e ambiental da bacia e, ao mesmo tempo, para delimitar áreas passíveis para projetos de irrigação, por meio de entrevistas com especialistas do campo da irrigação e Análise Multicritério. Os resultados evidenciaram que a bacia possui 29,2% da sua área com restrição à implantação de sistemas de irrigação. Por outro lado, mais de 70% da área da bacia apresentou uma classe alta e muito alta de aptidão, verificando-se que a região de maior aptidão se encontra, principalmente, na Região de Planejamento do Nordeste Goiano, considerada estratégica para investimentos, visando à minimização dos desequilíbrios regionais. Nesse sentido, é possível concluir que o método de Análise Multicritério se mostrou satisfatório para este estudo, facilitando a tomada de decisão, em consonância com os objetivos da Política Nacional de Irrigação, que visam promover o desenvolvimento local e regional, com prioridade para as regiões com baixos indicadores sociais e econômicos. Ou seja, os resultados podem contribuir para subsidiar as decisões sobre investimentos a serem realizados, dentro da perspectiva da responsabilidade social e do desenvolvimento sustentável, por meio do direcionamento àquelas áreas de maior vulnerabilidade e exclusão social.

Palavras-chave: Análise Multicritério; indicadores socioeconômicos; irrigação.

Abstract: This article aimed to identify the most suitable areas for the implementation of irrigation systems, in the Central-West portion of the Tocantins-Araguaia Basin, through the application of Multicriteria Analysis, considering socioeconomic indicators of the 178 municipalities that make up this region. Methodologically, from the bibliographic and documental research, the socioeconomic indicators were selected, in an amplitude that allowed an economic, demographic, social and environmental characterization of the basin and, at the same time, to delimit areas that could be used for irrigation projects, through interviews with experts in the field of irrigation and Multicriteria Analysis. The results showed that the basin has 29.2% of its area with restrictions on the implementation of irrigation systems; on the other hand, more than 70% of the area of the basin presented a high and very high class of aptitude, being able to verify that the region of greater aptitude is found, mainly, in the Planning Region of the Northeast of Goiás, considered strategic for investments, aiming at minimizing regional imbalances. In this sense, it is possible to conclude that the Multicriteria Analysis method proved to be satisfactory for this study, facilitating decision-making, in line with the National Irrigation Policy objectives, which aim to promote local and regional development, with

¹ Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, Minas Gerais, Brasil.



priority for the regions with low social and economic indicators. In other words, the results can contribute to support decisions on investments to be made, within the perspective of social responsibility and sustainable development, by targeting those areas of greater vulnerability and social exclusion.

Keywords: Multicriteria Analysis; socioeconomic indicators; irrigation.

Resumen: Este artículo tuvo como objetivo identificar las áreas más adecuadas para la implementación de sistemas de riego, en la porción Centro-Oeste de la Cuenca Tocantins-Araguaia, a través de la aplicación del Análisis Multicriterio, considerando indicadores socioeconómicos de los 178 municipios que componen esta región. Metodológicamente, a partir de la investigación bibliográfica y documental, se seleccionaron los indicadores socioeconómicos, en una amplitud que permitiera una caracterización económica, demográfica, social y ambiental de la cuenca y, al mismo tiempo, para delimitar áreas que pudieran ser aprovechadas para proyectos de riego, por medio de entrevistas con especialistas del campo de riego y Análisis Multicriterio. Los resultados mostraron que la cuenca tiene el 29,2% de su superficie con restricciones para la implementación de sistemas de riego. Por otra parte, más del 70% del área de la cuenca presentó una clase de aptitud alta y muy alta, pudiéndose verificar que la región de mayor aptitud se encuentra, principalmente, en la Región de Planificación del Nordeste de Goiás, considerada estratégica para las inversiones, con el objetivo de minimizar los desequilibrios regionales. En este sentido, es posible concluir que el método de Análisis Multicriterio resultó satisfactorio para este estudio, facilitando la toma de decisiones, en línea con los objetivos de la Política Nacional de Riego, que apuntan a promover el desarrollo local y regional, con prioridad para las regiones con bajos indicadores sociales y económicos. En otras palabras, los resultados pueden contribuir a sustentar las decisiones de inversión a realizar, en la perspectiva de la responsabilidad social y el desarrollo sostenible, focalizándose en áreas de mayor vulnerabilidad y exclusión social.

Palabras clave: Análisis Multicriterio; indicadores socioeconómicos; riego.

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos últimos anos, conforme explana Melo (2021), tem sido observada uma série de mudanças generalizadas e, possivelmente, irreversíveis nos processos básicos do sistema terrestre, como a escassez de água, o clima extremo, a deterioração das condições para a produção de alimentos, a perda de ecossistemas, dentre outras, que podem ameaçar o desenvolvimento e desencadear crises humanitárias, com implicações na sustentabilidade planetária ou comunitária e na sustentabilidade das corporações.

Na visão da referida autora, a responsabilidade social das corporações ou das empresas tem sido um tema muito debatido e pleiteado em todas as esferas da sociedade, a partir de uma perspectiva de desenvolvimento sustentável, exigindo-se a introdução de variáveis tanto ambientais quanto socioeconômicas e de governança como potenciais fatores-chave para o processo de tomada de decisão de investimentos. Dessa forma, busca-se o equilíbrio entre os fatores socioeconômicos e os sistemas ecológicos, visto como uma prerrogativa essencial para a sustentabilidade social, ambiental e econômica mais multifacetada, objetivando-se estabelecer um plano de ação para as pessoas, o planeta e o bem-estar econômico, social e ambiental.

Essa perspectiva é contemplada pela Política Nacional de Irrigação, instituída pela Lei n. 12.787/2013, que visa organizar o marco legal para a gestão de projetos de irrigação. Tem como principal diretriz a indução à eficiência no uso de recursos hídricos, para o setor, que promovam estratégias para o desenvolvimento dos sistemas de irrigação², em termos do aumento

² De acordo com Santoro (2021), o sistema de irrigação está associado ao conjunto de equipamentos e técnicas necessários à realização da irrigação, cujos métodos podem ser: superficiais (ou por superfície), por aspersão, localizados e por subsuperfície (ou subterrânea). A escolha por determinado método dependerá do tipo de solo, terreno, clima e a cultura em questão. A irrigação superficial envolve a cobertura gradual do solo com a água, por ação da gravidade, com duas possibilidades de sistema: o de inundação e o de sulcos. Na irrigação por aspersão, os aspersores expelem a água, simulando a chuva numa área de lavoura, existindo os sistemas convencionais (motobombas, tubulações e aspersores fixos ou móveis) e os mecanizados, os quais consistem em *sprays* montados

da produtividade, de forma sustentável; isto é, contribuindo tanto para o desenvolvimento econômico quanto social e ambiental (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL [MDR], 2021).

Silva e Neves (2020) destacam a importância e as contribuições da irrigação, ressaltando que:

o sistema de irrigação apresenta outros benefícios, como, por exemplo, o aumento da produtividade em três vezes mais em relação à agricultura de sequeiro, isso pode variar dependendo do tipo de cultura, outra vantagem é a redução do custo por unidade de produção, pode-se utilizar o solo durante o ano inteiro colhendo até três safras ao ano, isso vai gerar aumento na oferta dos produtos e aumento nos lucros, vai determinar preços mais favoráveis para o produtor rural e para o consumidor, com isso, tendo um padrão de qualidade dos produtos agrícolas, buscando aberturas de novos mercados, para distribuir essa produção de alimentos fazendo com que o aumento da renda do produtor rural seja alcançada através desse trabalho feito com responsabilidade e conhecimento dos sistemas de manejo da irrigação adequada, buscando sempre a melhoria na agricultura. (ANA; EMBRAPA, 2016, *apud* SILVA; NEVES, 2020, p. 282).

Além da importância da temática proposta, autores como Cansi (2011) e Fonseca e Aguiar (2019) também destacam a preocupação relacionada ao aprimoramento conceitual e metodológico de instrumentos mais específicos de quantificação e de qualificação das condições de vida e outras dimensões da realidade social, com o propósito de subsidiar o diagnóstico socioambiental e apoiar o processo de formulação, implementação, monitoramento e avaliação das políticas e programas de desenvolvimento regional. E, nesse contexto, emergem os indicadores socioeconômicos, que podem permitir que se obtenha um quadro das condições de vida de determinadas/determinados áreas/grupos sociais, bem como possibilitam aos gestores a formulação de novas estratégias e desenvolvimento de planos de ação, mostrando-se como um caminho adequado para influenciar o processo de tomada de decisões e a formulação de políticas públicas.

Esse posicionamento é também defendido por Jannuzzi (2014), ao afirmar que:

Qualquer profissional, técnico ou gestor que atue no setor público ou em áreas próximas, que queira compreender melhor o debate atual sobre desemprego, pobreza, desenvolvimento econômico local, impactos ambientais ou que precise formular e implementar programas, projetos e ações nessas áreas necessita entender mais profundamente o que são os Indicadores Socioeconômicos, para que servem, como são construídos e como podem ser usados na elaboração de diagnósticos e em outras atividades do Planejamento Governamental e da Gestão Pública. (JANNUZZI, 2014, p. 9).

O autor acrescenta que o emprego de indicadores socioeconômicos tem se tornado uma necessidade frequente para justificar a demanda de recursos para um determinado projeto e para auxiliar no processo de tomada de decisões sobre investimentos a serem realizados, como é o caso da carteira de projetos de irrigação. Considera que os indicadores oferecem os insumos básicos para a elaboração de diagnósticos, ao reconstituírem “um retrato aproximado de determinadas

em estruturas metálicas, que se movimentam pela lavoura (como os pivôs centrais e carretéis). Por outro lado, na irrigação localizada, a água é aplicada de forma localizada, próxima ao sistema radicular das plantas, por meio do gotejamento ou da microaspersão. Por fim, o método da irrigação por subsuperfície consiste em aplicar água diretamente ou abaixo do sistema radicular das plantas, por meio de dois sistemas possíveis: o de gotejamento subterrâneo e a elevação do lençol freático.

dimensões da realidade social vivenciada”, ou seja, permitem uma “modelização” da realidade social ou sua representação simplificada. Enfim, “todo indicador é, em si, uma tentativa de síntese da realidade” (JANNUZZI, 2014, p. 23), que subsidia a tomada de decisão.

Conforme Pimenta *et al.* (2019), o processo de tomada de decisão, considerando muitas variáveis, torna os problemas cada vez mais complexos e, simultaneamente, mais dados se tornam disponíveis. Problemas dessa natureza demandam, em geral, a avaliação de critérios que representam atributos espaciais que podem assegurar uma decisão mais adequada à realidade local.

Os supracitados autores ressaltam que a análise de problemas para a tomada de decisão gera um elevado número de variáveis ou de atributos que, durante o processo de avaliação, necessitam de critérios aos quais devem ser atribuídos pesos e valores. Assim, cria-se uma hierarquia, em que, para facilitar a tomada de decisão, priorizam-se os que detiverem maior peso e significância.

Assim, para dar suporte à tomada de decisão, com possibilidade de análise comparativa de fatores ou atributos, de múltiplos cenários, surgiu, a partir da década de 1960, os Métodos de Análise Multicritério (MAM), bastante utilizados em análises comparativas de projetos alternativos ou múltiplos objetivos (PIMENTA *et al.*, 2019). Os MAM agregam um valor significativo à tomada de decisão, na medida em que não só permitem a abordagem de problemas considerados complexos, como também conferem ao processo de tomada de decisão uma clareza e, conseqüentemente, transparência não disponível, quando esses procedimentos ou outros métodos de natureza monocritério são utilizados (MARINS; SOUZA; BARROS, 2009).

Segundo Pimenta *et al.* (2019), dentre os MAM mais difundidos e utilizados globalmente, situa-se o Processo Analítico Hierárquico ou, em inglês, *Analytic Hierarchy Process* (AHP), que foi desenvolvido por Thomas L. Saaty, na década de 1980, nos Estados Unidos. O método AHP analisa matematicamente comparações pareadas entre fatores em conjunto aos julgamentos e pesos de especialistas para obtenção de critérios qualitativos ou intangíveis.

Assim, são identificados fatores ou atributos que, quando selecionados, são organizados hierarquicamente descendentes, de modo geral, até o objetivo ou solução do(s) problema(s), considerando critério, subcritério e alternativas em diversos níveis. Nessa abordagem, os atributos são administrados e tratados em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), em que dados vetoriais ou matriciais convergem para a produção de um mapa (ou produto) final, que evidenciará as potencialidades ou fragilidades para o embasamento da solução do problema (SAATY, 1990; 2005).

Nesse contexto, este artigo teve como objetivo identificar áreas mais adequadas à implantação de sistemas de irrigação na porção Centro-Oeste da Bacia Tocantins-Araguaia, por meio da aplicação de Análise Multicritério, considerando indicadores socioeconômicos dos 178 municípios que fazem parte dessa região.

Considera-se que os resultados da pesquisa podem subsidiar o processo de tomada de decisão dos investimentos a serem realizados, dentro da perspectiva da responsabilidade social e do desenvolvimento sustentável. Outrossim, o trabalho contribui para o avanço de conhecimentos, uma vez que há a escassez de pesquisas que analisem o processo de tomada de decisão sobre investimentos em irrigação considerando a Análise Multicritério, o que demonstra sua importância e originalidade.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este estudo configura-se como uma pesquisa quantitativa, de natureza macro e de caráter exploratório e descritivo. A execução envolveu uma sequência lógica de atividades para a caracterização do cenário, no caso específico, o território da Bacia do Tocantins-Araguaia, no contexto da Região Centro-Oeste do Brasil. A partir da pesquisa bibliográfica e documental, os indicadores socioeconômicos, tanto simples quanto compostos, foram selecionados em uma amplitude que permitisse uma caracterização econômica, demográfica, social e ambiental da bacia e que possibilitasse a delimitação de áreas passíveis para projetos de irrigação, utilizando a Análise Multicritério.

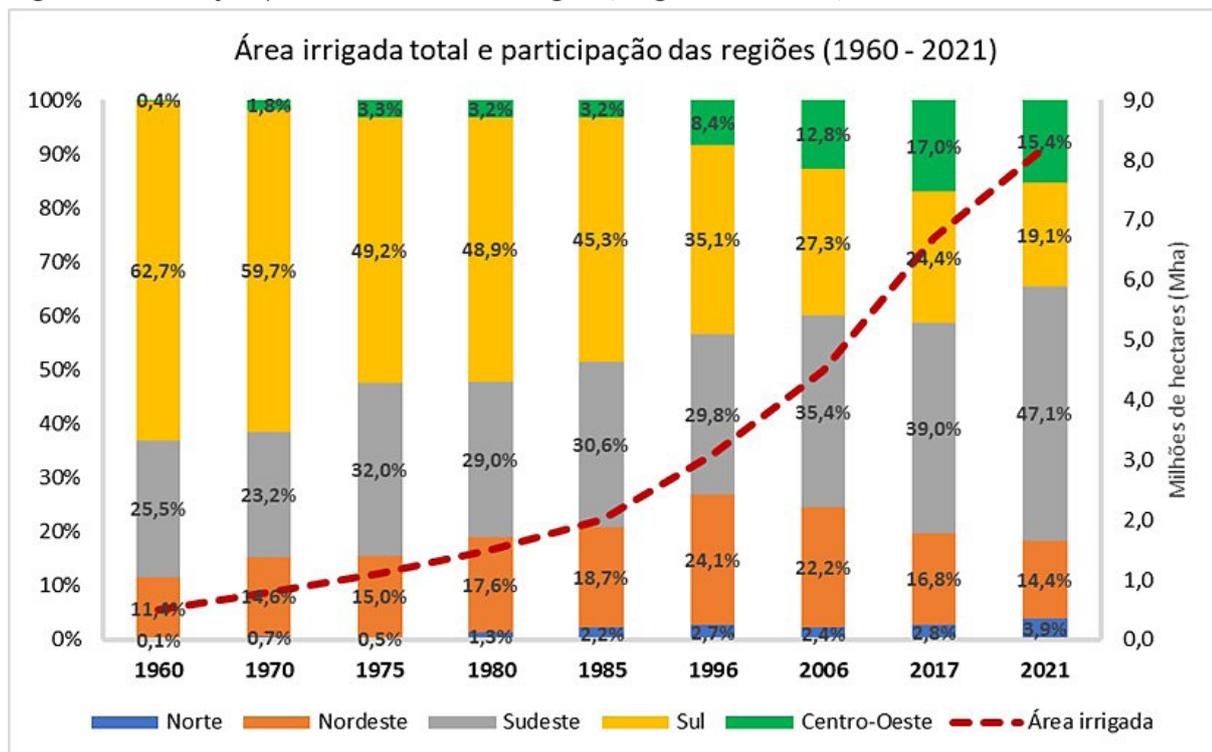
2.1 Área de estudo

A área de estudo refere-se, portanto, à porção Centro-Oeste da Bacia Tocantins-Araguaia. Segundo Bezerra (*s.d.*), a Região Centro-Oeste é a segunda maior região do país em extensão territorial, com uma área de 1.606.399.509 km², a qual corresponde a 18,86% do território nacional. Abriga os estados (Mato Grosso e Goiás), além do Distrito Federal (DF). Sua posição central permite ligação com todas as outras regiões brasileiras, além de fazer fronteira com dois países sul-americanos, Bolívia e Paraguai.

A partir da década de 1970, a Região Centro-Oeste experimentou um acelerado processo de expansão agrícola, com investimentos em tecnificação e modernização agropecuária, sendo considerada atualmente a maior região produtora de *commodities* do Brasil, com grandes áreas de produção agrícola e de pecuária, além de possuir cerca de 5% do estoque bovino mundial (VILPOUX; GONZAGA; PEREIRA, 2021).

A referida região também passou a incorporar áreas irrigadas, de forma mais expressiva, a partir dos anos 1990. Segundo informações do Atlas de Irrigação da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2021), a região foi uma das que mais cresceu sua participação em área irrigada no país nas últimas décadas, passando de 3,2% de participação na área total irrigada do Brasil, em 1985, para 15,4%, em 2021, com cerca de 1,3 milhão de hectares irrigados atualmente, sendo que o estado de Goiás respondeu pela maior parte desse aumento (Figura 1, abaixo). Ou seja, no cenário atual, o Brasil tem cerca de 8,2 milhões de hectares irrigados, com destaque para os seguintes percentuais regionais: Sudeste (47,1%), Sul (19,1%) e Centro-Oeste (15,4%).

Figura 1 – Evolução percentual da área irrigada, regiões do Brasil, 1960-2021



Fonte: ANA (2021).

Considerando a aptidão dos solos, a disponibilidade de água e o atendimento à legislação ambiental, dados do Atlas de Irrigação (ANA, 2021) estimam uma expansão da área de agricultura irrigada no Brasil de 13,7 milhões de hectares, concentrando-se esse potencial de crescimento no Centro-Oeste (45,0%), Sul (31,0%) e Sudeste (19,0%), sendo que, dentre os estados do Centro-Oeste que mais poderão contribuir sobre o potencial, estão Mato Grosso (28,7%) e Goiás (10,3%).

No contexto da Região Centro-Oeste, destaca-se a Bacia Hidrográfica do Tocantins-Araguaia, que ocupa uma área de aproximadamente 967.059 km², drenando aproximadamente 9,5% do território nacional. É considerada a maior bacia hidrográfica inteiramente brasileira, tendo sido selecionada como unidade empírica de análise do estudo, por suas condições socioeconômicas e espaciais. Em sua porção Centro-Oeste, área do estudo em questão, a bacia é composta por 178 municípios, sendo 138 pertencentes ao estado de Goiás, 39 a Mato Grosso, mais o Distrito Federal.

2.2 Definição dos indicadores socioeconômicos e das variáveis

Conforme estudos de caracterização da Bacia Tocantins-Araguaia, nos âmbitos social e econômico, foram delimitados 13 indicadores: Indicadores Demográficos; Indicador de Desenvolvimento Humano (IDH); Indicadores de Educação; Indicadores de Mercado de Trabalho; Indicadores de Renda e Desigualdade; Indicadores de Pobreza; Indicadores de Vulnerabilidade Social; Indicadores de Saúde; Indicador de Segurança; Indicadores de Infraestrutura de Saneamento Básico; Indicadores de Capacidade Institucional; Indicadores de Produção; e Logística de Transporte, gerando um total de 39 índices.

Desses 39 índices, foram selecionados 12, considerando aqueles associados às forças e às fraquezas dos sistemas de irrigação, como aproveitamento da disponibilidade de área

agrícola para irrigação, baixa taxa de ocupação formal e situação de desemprego, além de suas potencialidades e ameaças, como a criação da estratégia Polos de Produção Irrigada, no âmbito da Política Nacional de Irrigação, objetivando amenizar a ameaça do êxodo rural e as vulnerabilidades social e econômica dos produtores agropecuários. Nesse sentido, os indicadores utilizados para o mapeamento de áreas aptas à implantação de sistemas de irrigação estavam relacionados com a produção, com aspectos sociais, demográficos, econômicos (mercado de trabalho, infraestruturas) e ambientais (condições do saneamento básico), sendo, assim, delimitados:

→ **Indicadores de Produção**, disponíveis em IBGE (2017), compreendendo as seguintes variáveis:

- PIB *Per Capita*: um importante índice para avaliar a riqueza de uma região, sendo, de certa forma, um indicador do padrão de vida;
- Participação da Indústria na Economia: representa um fator determinante para a delimitação dos investimentos. Ou seja, a produção agropecuária não é mais assegurada unicamente pela agricultura, que passa a adquirir mais produtos industriais para melhorar sua produtividade e intensificar a sua produção, bem como fornece matérias-primas às indústrias de transformação e também produtos às empresas comerciais intermediárias, constituindo a economia agroindustrial;
- Índice de Ocupação Agrícola: refere-se à relação entre a área destinada às culturas (temporárias e permanente) e a área total dos estabelecimentos agropecuários. A importância desse índice está na indicação da capacidade de ocupação da área dos imóveis rurais, que poderia ser uma alternativa para a produção irrigada, considerando a vocação agrícola. Em outras palavras, haveria áreas agrícolas irrigadas em imóveis com baixa taxa de ocupação de terras, contribuindo para ampliar a disponibilidade de produção;
- Índice de Ocupação Pecuária: obtido pela relação entre a área destinada à pecuária (pastagens naturais e plantadas) e à área total dos estabelecimentos agropecuários;
- Índice de Área Irrigada: diz respeito à relação entre a área destinada à irrigação e à área total dos estabelecimentos agropecuários. O conhecimento e a escolha desse índice se fazem relevantes, pois, de acordo com a FAO (2017), a proximidade de áreas que já utilizam irrigação demonstra uma vocação regional para a atividade e sugere a presença de mão de obra adequadamente treinada para diversas práticas relacionadas com a exploração agrícola irrigada. Associada à existência dessa mão de obra, há a consequente necessidade de escolas, mercados, postos de saúde e outros equipamentos sociais, o que está direta ou indiretamente relacionado aos custos operacionais da atividade agrícola, sendo necessário levar em consideração, no momento da análise, a viabilidade econômica de um determinado empreendimento.

→ **Indicadores Sociais**, apresentados pelo Atlas do Desenvolvimento Humano (PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO [PNUD]; FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO [FJP]; INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA [IPEA], 2013) e Ministério do Desenvolvimento Social (MDS, 2020), incluindo Indicador de Extrema Pobreza, Indicador Médio de Vulnerabilidade Social e Indicador de Desenvolvimento Humano (IDH). A priorização dos referidos indicadores está em consonância com um dos objetivos da Política Nacional de Irrigação, ao destacar que a irrigação deve incentivar o desenvolvimento local e regional, com prioridade às áreas que possuam baixos indicadores sociais e econômicos. São estes:

- Indicador de Extrema Pobreza: concerne às famílias com uma renda *per capita* mensal de R\$

0,00 a R\$ 89,00, caracterizando os segmentos socialmente mais vulneráveis da população, principal alvo da intervenção do Programa Bolsa Família do governo federal, atual Auxílio Brasil;

- Indicador Médio de Vulnerabilidade Social: constituído pelos valores médios de 7 variáveis, que são: famílias monoparentais (sem ensino fundamental e com filhos menores de 5 anos); proporção de pessoas vulneráveis na família, dependentes da renda dos idosos; presença de crianças fora da escola; ocorrência da gravidez precoce; situação de trabalho precário e informal; situação de pobreza ou percentual de vulneráveis à pobreza e ao serviço de saneamento inadequado;
- Indicador de Desenvolvimento Humano (IDH), que mede o bem-estar de uma população, por meio dos seguintes indicadores: IDH-E (educação), IDH-L (longevidade) e IDH-R (renda), cuja média aritmética simples resulta no IDH-M, que varia de 0 a 1, sendo 1 a posição correspondente aos melhores valores.

→ **Indicador Demográfico**, cujo índice selecionado foi a taxa de urbanização (IBGE, 2020b), por considerar-se que o crescimento populacional e a rápida urbanização, com consequente aumento da demanda por alimentos, têm pressionado por uma maior garantia de produção, o que pode ter como alternativa a irrigação, que permite ampliar o número de safras, passando-se a cultivar em diferentes épocas e com a possibilidade de colheitas na entressafra, além do fato de que a produção da irrigação é, em média, de 3,0 a 3,5 vezes superior à da agricultura de “sequeiro” (RODRIGUES; DOMINGUES, 2017; TESTEZLAF; MATSURA; CARDOSO, 2002).

→ **Indicador de Mercado de Trabalho**, dimensionado pela taxa de desemprego (IBGE, 2020a), considerada uma informação essencial e prioritária, em termos de investimentos, caso o interesse seja a redução das vulnerabilidades sociais e a promoção dos desenvolvimentos humano e socioeconômico da bacia. Além disso, dentro das diretrizes da Política Nacional de Irrigação, está previsto o aumento da competitividade do agronegócio brasileiro, com o intento de promover a geração de emprego e de renda.

→ **Indicador de Infraestrutura ou Logística de Transporte**, sendo levadas em consideração as modalidades: a) terrestre: rodoviário, ferroviário e dutoviário; b) aquaviário: marítimo e hidroviário; c) aéreo, além da forma (unimodal ou multimodal), registradas por *Google Maps* (2020). De acordo com a FAO (2017), a existência de infraestrutura apropriada é fundamental no processo de seleção de áreas para o estabelecimento da agricultura irrigada sustentável em uma determinada região, uma vez que a proximidade com boas estradas, portos, ferrovias, hidrovias, disponibilidade de energia e unidades de armazenamento são fatores altamente desejáveis para a implantação da agricultura irrigada.

→ **Indicador de Saneamento Básico**³, dimensionado pelo Índice Médio de Saneamento Básico, constituído pela média aritmética dos valores de abastecimento de água, esgotamento

³ Para o cálculo do Indicador de Saneamento Básico, foi feito uso da fórmula retirada do documento “Índice de Desempenho dos Municípios Goianos IDM – 2018” (IMB, 2019):

$$Iij = (Ij - \text{Mínimo}(i)) / (\text{Máximo}(i) - \text{Mínimo}(i)) \times 10$$

Em que: Iij → indicador padronizado da variável i para o município j

Ij → valor observado da variável i para o município j

$\text{Mínimo}(i)$ → valor mínimo para a variável i

$\text{Máximo}(i)$ → valor máximo para a variável i

A fórmula para obtenção de Iij assegura que o índice fique entre zero e dez. Assim, quanto mais o índice tende para o valor dez, melhor o desempenho. A média, obtida após o cálculo dos índices, correspondeu ao indicador médio de cada município, classificado em baixo (0,0 a 5,0), médio (5,01 a 7,0) e alto (7,01 a 10,0).

sanitário e destino do lixo (IBGE, 2010). O Indicador Médio de Saneamento Básico foi selecionado para compor o estudo da análise territorial, por sua associação direta com a água, principal recurso da irrigação. Com o crescimento populacional e os múltiplos usos da água para fins doméstico (10%), industrial (21%) e de irrigação (69%), esse recurso tem se tornado cada vez mais limitante, não apenas pela sua quantidade, mas principalmente pela sua qualidade. Segundo Ecycle (s.d.), além de 1/6 da população mundial não ter acesso à água potável, falta saneamento básico a 2/6 dela, resultando na poluição dos cursos d'água e em doenças de veiculação hídrica.

2.3 Análise Multicritério

A Análise Multicritério tem sido utilizada no apoio à tomada de decisão nas mais diversas áreas do conhecimento (LONGARAY *et al.*, 2016). Belton e Stewart (2002) definem os métodos da Análise Multicritério de Decisão (AMD) como ferramentas científicas que oferecem suporte ao processo de tomada de decisão, que possui diversos objetivos, em situações complexas. De maneira ampla, isso ocorre pela decomposição dos objetivos em critérios, que recebem valores de importância e têm alternativas de decisão avaliadas em cada um dos critérios estabelecidos. Os critérios são subdivididos em fatores e restrições. O fator é um critério que acentua ou diminui a aptidão de uma determinada alternativa para o objetivo em causa. Por outro lado, a restrição é o que limita as alternativas em consideração na análise (EASTMAN ; WEI – GEIN ; PETER, 1995). Dessa forma, o mapeamento das áreas aptas à implantação de sistemas de irrigação foi realizado tendo como base o método AHP ou Método de Análise Hierárquica proposto por Saaty (1977; 1987).

2.3.1 Normalização dos fatores

A normalização, também chamada de ponderação dos fatores, foi feita para uma escala comum, com variação de 0 a 1, no formato matricial (*raster*), o que permitiu a aplicação de operações matemáticas entre eles. Por se tratar de dados qualitativos, a normalização desses dados foi realizada por especialistas⁴, sendo que as notas fornecidas se restringiram ao intervalo entre 0 e 1.

2.3.2 Ponderação dos fatores

Foi considerado que os fatores apresentaram uma importância diferenciada diante do objetivo do trabalho. Assim, por se tratar de indicadores compostos por mais de uma variável, foi realizada uma média ponderada, em que os pesos, de 0 a 10, foram atribuídos, considerando o nível de importância de cada variável dentro do indicador. Para a definição dos pesos de cada fator, foi adotada a metodologia AHP, considerando-se a Matriz de Comparação Pareada, apresentada na Tabela 1, a seguir.

⁴ A escolha dos 5 especialistas que participaram do estudo foi realizada levando-se em conta a formação acadêmica, atuação e experiência em pesquisas utilizando dados socioeconômicos. A participação se deu por meio do preenchimento de formulários no *Google Forms*, em que se distribuíram notas de 0 a 1 às classes de cada variável, tendo em vista a prioridade para a implementação de projetos de irrigação nos municípios em estudo. A nota final foi resultante da média aritmética das notas dadas pelos cinco especialistas.

Tabela 1 – Matriz de Comparação Pareada

	F1	F2	F3	F4	F5	F6
F1	f1/f1	f1/f2	f1/f3	f1/f4	f1/f5	f1/f6
F2	f2/f1	f2/f2	f2/f3	f2/f4	f2/f5	f2/f6
F3	f3/f1	f3/f2	f3/f3	f3/f4	f3/f5	f3/f6
F4	f4/f1	f4/f2	f4/f3	f4/f4	f4/f5	f4/f6
F5	f5/f1	f5/f2	f5/f3	f5/f4	f5/f5	f5/f6
F6	f6/f1	f6/f2	f6/f3	f6/f4	f6/f5	f6/f6

Legenda: F1: Indicador de Produção; F2: Indicador Social; F3: Indicador de Mercado de Trabalho; F4: Logística de Transporte; F5: Indicador de Saneamento Básico e F6: Indicador Demográfico.

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Para a realização da Comparação Pareada, foi necessária a utilização da escala Saaty, apresentada na Tabela 2, abaixo, sendo seguidas duas regras: a primeira diz que a matriz deve ser recíproca, ou seja, $a_{ij} = 1/a_{ji}$; enquanto a segunda pontua que todo fator, quando comparado a ele mesmo (diagonal da matriz), recebe o valor 1 da escala, significando igual importância. Com isso, $a_{ii} = 1$, para todo i (SAATY, 1977; 1987).

Tabela 2 – Escala de valores para a Comparação Pareada

1	Dois fatores são igualmente importantes para o objetivo
3	Um fator é moderadamente importante sobre outro para o objetivo
5	Um fator é fortemente importante sobre outro para o objetivo
7	Um fator é muito fortemente importante sobre outro para o objetivo
9	Um fator é extremamente importante sobre outro para o objetivo
2, 4, 6, 8	Valores intermediários

Fonte: Adaptado de Saaty (1987).

Após o preenchimento da matriz, foi calculado o vetor de pesos w , em que, para cada fator, foi obtido um peso w_i , conforme a Equação 1, a seguir apresentada:

$$w_i = \frac{(\sum_{j=1}^n a_{ij})}{\sum_{i=1}^n [(\sum_{j=1}^n a_{ij})]} \quad (1)$$

Em que w_i representa o peso para o fator f_i ; e n o número de fatores.

Após a obtenção dos pesos, foi calculado o autovalor máximo ($\lambda_{m\acute{a}x}$), fazendo uso da Equação 2, a seguir.

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \left(\frac{w'_1}{w_1} + \frac{w'_2}{w_2} + \dots + \frac{w'_n}{w_n} \right) \quad (2)$$

Conforme Saaty (1987), $\lambda_{m\acute{a}x}$ deve ser maior ou igual a n para uma matriz recíproca e positiva, sendo os valores de w' obtidos pela multiplicação da matriz $A = [a_{ij}]$ pelo vetor de pesos w (Equação 3, abaixo).

$$w' = A \times w \quad (3)$$

Para determinar o grau de consistência com que a Matriz de Comparação Pareada foi preenchida, Saaty (1977) propôs o cálculo do Índice de Consistência (*CI*), o qual foi obtido por meio da Equação 4, a seguir.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (4)$$

De posse do valor de *CI*, foi calculada a Razão de Consistência (*RC*), conforme Equação 5, abaixo, que relaciona o valor de *CI* com um Índice de Aleatoriedade (*RI*), obtido por meio da Tabela 3, a seguir, como proposto por Saaty (1977, 1987).

$$RC = \frac{CI}{RI} \quad (5)$$

Tabela 3 – Índice de Aleatoriedade de Acordo com o Número de Fatores (*n*)

<i>n</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>RI</i>	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Fonte: Adaptado de Saaty (1987).

Segundo Saaty (1987), valores inferiores a 0,1 indicam que a matriz está consistente e os pesos obtidos podem ser utilizados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Matriz de Comparação Pareada e peso dos fatores

A Matriz de Comparação Pareada e os respectivos pesos para cada fator em estudo podem ser visualizados na Tabela 4, a seguir.

Tabela 4 – Matriz de Comparação Pareada e os Pesos dos Indicadores

	FATOR 1	FATOR 2	FATOR 3	FATOR 4	FATOR 5	FATOR 6	PESOS
FATOR 1	1,00	3,00	3,00	3,00	3,00	5,00	0,322
FATOR 2	0,33	1,00	1,00	5,00	3,00	3,00	0,239
FATOR 3	0,33	1,00	1,00	3,00	3,00	3,00	0,203
FATOR 4	0,33	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	0,069
FATOR 5	0,33	0,33	0,33	1,00	1,00	3,00	0,107
FATOR 6	0,20	0,33	0,33	1,00	0,33	1,00	0,057

Legenda: F1: Indicador de Produção; F2: Indicador Social; F3: Indicador de Mercado de Trabalho; F4: Logística de Transporte; F5: Indicador de Saneamento Básico; e F6: Indicador Demográfico.

Fonte: Dados da Pesquisa (2021).

Compreende-se que cada indicador apresentou pesos diferentes, sendo o maior peso verificado o do Indicador de Produção (0,322), enquanto o menor foi o do Indicador Demográfico (0,057).

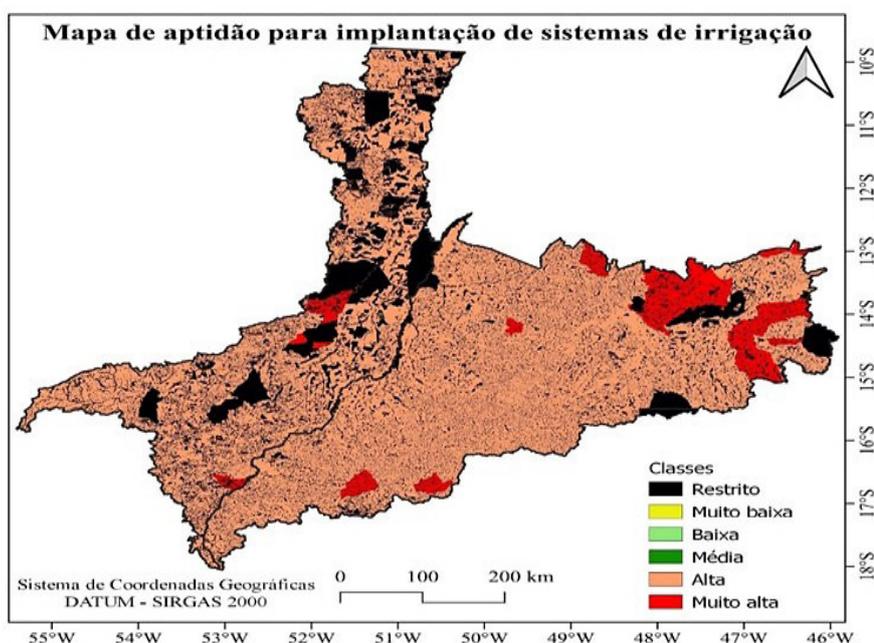
3.2 Mapa de aptidão para implantação de sistemas de irrigação

A metodologia proposta pela Análise Multicritério possibilitou a geração de um mapa síntese de caracterização socioeconômica da área, na Porção Centro-Oeste da Bacia Tocantins-Araguaia.

O mapa final, apresentado na Figura 2, abaixo, foi reclassificado em categorias, em relação à priorização das áreas, considerando os dados socioeconômicos dos 178 municípios da referida bacia. As classes de prioridades foram definidas em cinco classes de mesma amplitude, sendo elas: muito baixa (0,0 – 0,2), baixa (0,2 – 0,4), média (0,4 – 0,6), alta (0,6 – 0,8) e muito alta (0,8 – 1,0). Essas classes significam o nível de aptidão, sendo que quanto mais próximo de 1,0, maior a aptidão, e quanto mais próximo de 0, menor a aptidão.

Verificou-se no mapa uma predominância das classes altas (vermelho claro), muito alta (vermelho escuro) e restrita (preto). As grandes áreas restritas⁵ estão concentradas, em sua maior parte, no estado de Mato Grosso. Por outro lado, em Goiás, as restrições se distribuem espacialmente na porção mais para o nordeste.

Figura 2 – Mapa de Aptidão, conforme atributos socioeconômicos, para implantação de sistemas de irrigação na Bacia Tocantins-Araguaia, Região Centro-Oeste do Brasil



Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Cabe ressaltar que foi observada a presença de áreas contíguas para a classe de aptidão alta (cor vermelho claro), o que favorece a implementação de polos de irrigação, uma vez que áreas muito fragmentadas poderiam ser prejudiciais para este fim. Assim, conforme os valores dos fatores socioeconômicos, é possível ter uma visão geral de como a área da bacia se comporta em termos de aptidão à implantação de sistemas de irrigação, entre os municípios da porção Centro-Oeste da Bacia Tocantins-Araguaia.

Os dados da Tabela 5, abaixo, evidenciam a área (km²) ocupada por cada uma das seis classes de aptidão, bem como suas respectivas porcentagens.

⁵ Cumpre destacar que algumas áreas neste estudo foram definidas como restritas, tendo como base os dados da Agência Nacional de Águas (ANA), da Fundação Nacional do Índio (FUNAI), do Ministério do Meio Ambiente (MMA) e do Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR).

Tabela 5 – Valores de área (km²) e o respectivo percentual dos níveis de aptidão e restrição para irrigação, na Bacia Tocantins-Araguaia, Região Centro-Oeste do Brasil

Nível de aptidão	Área (km ²)	Percentual (%)
Restrito	96.808,8	29,2%
Muito baixo	0,0	0,0%
Baixo	0,0	0,0%
Médio	0,0	0,0%
Alto	216.653,8	65,3%
Muito Alto	18.434,4	5,5%
Total	331.897,00	100

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Nesse sentido, conjugando as informações da Tabela 5 com o exposto na Figura 2, ambas acima, evidencia-se que a bacia tem 29,2% da sua área com restrição à implantação de sistemas de irrigação. Conforme Jales, Silva e Vasconcelos (2013, p. 4626), a classe especial, identificada como Área de Uso Restrito, é definida no Art. 10 do Código Florestal (Lei n. 4.771, de 15 de setembro de 1965), que determina como não permitida a derrubada de florestas situadas em áreas de inclinação entre vinte e cinco e quarenta e cinco graus, só sendo tolerada a extração de toros, quando em regime de utilização racional, que vise rendimentos permanentes.

Por outro lado, observou-se que mais de 70% da área da bacia apresenta classe alta e muito alta de aptidão para irrigação, de acordo com os atributos socioeconômicos. Foi possível verificar ainda que a região de aptidão muito alta para implementação de projetos de irrigação está contemplada, principalmente, na Região de Planejamento do Nordeste Goiano. Esta região está delimitada, conforme Instituto Mauro Borges (IMB, 2018), em função de sua homogeneidade, devido às condições socioeconômicas e espaciais, sendo considerada como estratégica para o planejamento de investimentos, tendo em vista o objetivo relativo à minimização dos desequilíbrios regionais. Segundo Campos, Brito de Sá e Carvalho (2019), essa área é considerada a mais pobre do estado de Goiás, com atividades econômicas concentradas basicamente no setor agropecuário, de baixa expressividade e pouca dinâmica interna, possuindo mais de 11% do território e concentrando aproximadamente 2,8% da população estadual.

Cumprir dizer que os três municípios com os maiores indicadores foram: Simolândia, Cavalcante e Buritinópolis, respectivamente, sendo seus valores de indicadores finais apresentados na Tabela 6, a seguir.

Tabela 6 – Indicadores dos três municípios mais aptos à irrigação

Indicadores	Simolândia	Cavalcante	Buritinópolis
De Produção	0,82275	0,8875	0,8315
Sociais	0,96	0,91	0,902
De Mercado de Trabalho	1	1	1
De Saneamento Básico	0,7	0,7	0,7
De Infraestrutura ou Logística de Transporte	0,6	0,6	0,6
Demográficos	1	0,5	0,6

Fonte: Dados da Pesquisa (2021).

Todos os três municípios pertencem à Região de Planejamento do Nordeste Goiano e possuem os indicadores de produção, sociais e de mercado de trabalho muito altos. Além disso, eles têm um indicador de infraestrutura e logística de transporte de 0,6, que é o limiar entre as classes média e baixa, indicando que pode haver problemas no escoamento da produção das culturas irrigadas. No entanto, isso abre oportunidades para o aumento da produção resultante do uso da irrigação, o que pode estimular a economia local e servir de impulso para a ampliação da atual infraestrutura, auxiliando no desenvolvimento da região.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados, em ambiente de SIG, demonstraram que a bacia tem mais de 70% da área com aptidão alta e muito alta, sendo a Região de Planejamento do Nordeste Goiano a mais apta. Portanto, ela é estratégica para o planejamento de investimentos, por possuir baixos indicadores sociais e econômicos.

Pode-se concluir que a metodologia se mostrou satisfatória para o estudo em questão, em termos de identificação de áreas para investimentos irrigáveis; que se encontra em consonância com os objetivos da Política Nacional de Irrigação, os quais buscam o alcance do desenvolvimento local e regional, priorizando as regiões de maior vulnerabilidade social. Considera-se, dessa forma, que os resultados contribuem para subsidiar o processo de tomada de decisão sobre investimentos a serem realizados, dentro da perspectiva da responsabilidade social e do desenvolvimento sustentável, pelo direcionamento das ações àquelas áreas de maior exclusão social, contribuindo para a redução do desequilíbrio regional.

APOIO FINANCEIRO

A pesquisa conta com o apoio financeiro da Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF), em convênio com a Universidade Federal de Viçosa (UFV), MG.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO [ANA]. *Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada*. 2. ed. Brasília: ANA, 2021.

BELTON, V.; STEWART, T. *Multiple criteria decision analysis: an integrated approach*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2002.

BEZERRA, J. Região Centro-Oeste. *Toda Matéria*, [s.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/regiao-centro-oeste/>. Acesso em: 20 ago. 2022.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR). *Implementação da Política Nacional de Irrigação apoia o desenvolvimento regional em todo o Brasil*. Brasília, DF, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/noticias/implementacao-da-politica-nacional-de-irrigacao-apoia-o-desenvolvimento-regional-em-todo-o-brasil>. Acesso em: 3 dez. 2021.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Social [MDS]. *Brasil*. Brasília, DF, 2020. Disponível em: <https://aplicacoes.mds.gov.br/sagi/Riv3/geral/relatorio.php#Cadastro%20%C3%9Anico>. Acesso em: 27 out. 2021.

BRASIL. *Lei n. 4771*, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. Brasília, DF, 1965.

CAMPOS, F. R.; BRITO DE SÁ, Ê. K. B.; CARVALHO, C. R. R. Desequilíbrios regionais em Goiás: o caso da região de planejamento nordeste goiano. *Revista Formação*, Cidade, v. 26, n. 47, p. 51–71, jan./abr., 2019.

CANSI, D. Z. *A utilização dos indicadores socioeconômicos na formulação de estratégias para gestão em saúde*. 2011. 22 f. Monografia de Especialização (Curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Gestão de Organização Pública em Saúde) – Centro de Educação Superior Norte do Rio Grande do Sul (CESNORS); Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, 2011.

EASTMAN, J. R. ; WEI-GEIN, Gin ; PETER, A. Raster procedures for multi-criteria/multi-objective decisions. *Photogrammetry Engineering & Remote Sensing*, [s.l.], v. 61, n. 5, p. 539–47, 1995.

ECYCLE. Usos da água: tipos e fatores que influenciam demanda. *eCycle*, Monções, [s.d.]. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/3223-usos-da-agua.html>. Acesso em: 20 ago. 2022.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION [FAO]. *Agricultura irrigada sustentável no Brasil: identificação de áreas prioritárias*. Brasília, DF: FAO, 2017.

FONSECA, S. F.; AGUIAR, H. H. Autocorrelação espacial entre indicadores socioeconômicos nos vales do Jequitinhonha e Mucuri. *Geosp – Espaço e Tempo*, São Paulo, v. 23, n. 3, p. 619–39, dez. 2019.

IBGE. Desemprego aumenta em 12 estados no primeiro trimestre. *Portal do IBGE*, Rio de Janeiro, 2020a. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/27708-desemprego-aumenta-em-12-estados-no-primeiro-trimestre>. Acesso em: 27 out. 2021.

IBGE. População Rural e Urbana. *Portal do IBGE*, Rio de Janeiro, 2020b. Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/populacao/18313-populacao-rural-e-urbana.html>. Acesso em: 27 out. 2021.

IBGE. Censo Agropecuário. *Portal do IBGE*, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/>. Acesso em: 18 mar. 2021.

IBGE. Características da População e dos Domicílios. *Portal do IBGE*, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/>. Acesso em: 18 mar. 2021.

INSTITUTO MAURO BORGES. *Índice de Desempenho dos Municípios Goianos – IDM – 2018*. Goiânia: IMB, 2019.

INSTITUTO MAURO BORGES. *Mapas das Regiões de Planejamento do Estado de Goiás*. Goiânia: IMB, 2018. Disponível em: http://www.imb.go.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=97&catid=32&Itemid=179. Acesso em: 27 out. 2021.

JALES, L. F.; SILVA, L. G. N. V.; VASCONCELOS, F. M. Análise multicritério para definição de áreas prioritárias para implantação de projeto de Pagamento por Serviços Ecossistêmicos no município de Brumadinho, MG. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO – SBSR*, 16., 13 a 18 abr. 2013, Foz do Iguaçu. *Anais [...]*. Foz do Iguaçu: INPE, 2013.

JANNUZZI, P. M. *Indicadores socioeconômicos na gestão pública*. 3. ed. Florianópolis: UFSC, 2014.

LONGARAY, A. A; MUNHOZ, P. R. DA S.; TONDOLO; V. A. G.; QUADRO, R. C. Análise multicritério de decisão e sua aplicação na gestão da saúde: uma proposta de revisão sistemática da literatura. *Exacta*, [s.l.], v. 14, n. 4, p. 609–18, 2016.

MARINS, C. S.; SOUZA, D. O.; BARROS, M. S. O uso do método de análise hierárquica (AHP) na tomada de

decisões gerenciais – um estudo de caso. *In: Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional – SBPO, 41., 2009, Porto Seguro. Anais [...]. Porto Seguro: SBPO, 2009.*

MELO, L. S. A. *Sustentabilidade das empresas listadas na B3: uma análise com base no Framework Integrated Reporting, ODS e ESG.* 2021. 109 f. Projeto de Tese (Doutorado em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais) – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, 2021.

PIMENTA, L. B.; BELTRÃO, N. E. S.; GEMAQUE, A. M. DA S.; TAVARES, P. A. Processo Analítico Hierárquico (AHP) em ambiente SIG: temáticas e aplicações voltadas à tomada de decisão utilizando critérios espaciais. *Interações, Campo Grande, MS, v. 20, n. 2, p. 407–20, abr./jun. 2019.*

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO [PNUD]; FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO [FJP]; INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA [IPEA]. *Atlas do desenvolvimento humano no Brasil.* Brasília, DF, 2013. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/2013/>. Acesso em: 27 out. 2021.

RODRIGUES, L. N.; DOMINGUES, A. F. *Agricultura Irrigada desafios e oportunidades para o desenvolvimento sustentável.* Brasília, DF: INOVAGRI, 2017.

SAATY, T. L. The analytic hierarchy and analytic network processes for the measurement of intangible criteria and for decision-making. *In: FIGUEIRA, J.; GRECO, S.; EHRGOTT, M. (Ed.). Multiple criteria decision analysis: state of the art – surveys.* Boston/Dordrecht/London: Kluwer Academic Publishers, 2005.

SAATY, T. L. How to make a decision: the analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research, [s.l.], v. 48, n. 1, p. 9-26, 1990.* Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0377221790900571>. Acesso em: 27 out. 2021.

SAATY, T. L. The analytical hierarchy process: what it is and how it is used. *Math Modelling, Kidlington, v. 9, n. 3-5, p. 161–76, 1987.*

SAATY, T. L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology. Maryland Heights, [s.l.], v. 15, p. 234–81, 1977.*

SANTORO, M. *Tudo o que você precisa saber sobre os tipos de irrigação na agricultura para acertar na escolha.* São Paulo, 2021. Disponível em: <https://blog.aegro.com.br/tipos-de-irrigacao-na-agricultura/>. Acesso em: 20 ago. 2022.

SILVA, S. N.; NEVES, E. Importância do manejo da irrigação. *Enciclopédia. Biosfera, Centro Científico Conhecer, Jandaia-GO, v. 17 n. 34, p. 271–88, 2020.*

TESTEZLAF, R.; MATSURA, E. E.; CARDOSO, J. L. *Importância da irrigação no desenvolvimento do agronegócio.* Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2002.

VILPOUX, O. F., GONZAGA, J. F.; PEREIRA, M. W. G. Agrarian reform in the Brazilian Midwest: difficulties of modernization via conventional or organic production systems. *Land Use Policy, [s.l.], v. 103, n. 2, p. 105327, 2021.* DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105327>

Sobre os autores:

Maria das Dores Saraiva de Loreto: Pós-Doutora em Família e Meio Ambiente pela *University of Guelph*, Canadá. Professora titular da Universidade Federal de Viçosa (UFV), *Campus Viçosa*, Minas Gerais. **E-mail:** mdora@ufv.br. **Orcid:** <https://orcid.org/0000-0001-7418-2669>

Aline Oliveira Silva: Pós-doutora em Ciências Sociais Aplicadas pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Doutora, mestre e graduada em Economia Doméstica pela UFV. **E-mail:** aline.o.silva@ufv.br, **Orcid:** <https://orcid.org/0000-0002-1970-0694>

Luan Peroni Venâncio: Pós-doutorando no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Doutor em Engenharia Agrícola pela UFV. Engenheiro Agrônomo e Mestre em Produção Vegetal pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). **E-mail:** luan.venancio@ufv.br, **Orcid:** <https://orcid.org/0000-0002-5544-8588>

Camile Arêdes Moraes Pós-doutoranda no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Doutora e Mestra em Sistemas de Energia Elétrica pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Engenheira Eletricista e Engenheira de Segurança do Trabalho pela UFJF. **E-mail:** camile.moraes@ifsudestemg.edu.br, **Orcid:** <https://orcid.org/0000-0001-8094-6485>

Giovana Franco Valadão: Mestranda em Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Viçosa (UFV), *Campus* Viçosa. Graduada em Engenharia Mecatrônica pelo Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais (IF SUDESTE MG), *Campus* Juiz de Fora. **E-mail:** giovana.valadao@ufv.br, **Orcid:** <https://orcid.org/0000-0003-0288-253X>

