

Modelo Multicritério de Decisão de Grupo para Regularização Fundiária no Brasil

João Batista Sarmento dos Santos-Neto¹, Maria Luísa Vieira Mello De Oliveira Castro²,
Carolina Lino Martins³, Kassia Tonheiro Rodrigues⁴, Nadya Kalache⁵ e Saulo Gomes
Moreira⁶

Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS)

Cidade Universitária, Av. Costa e Silva - Pioneiros, MS, 79070-900

joao.sarmiento@ufms.br¹, maria.luisa.mello@ufms.br², carolina.lino@ufms.br³, kassia.tonheiro@ufms.br⁴,
nadya.kalache@ufms.br⁵ e saulo.gomes@ufms.br⁶

RESUMO

A reforma agrária começou a ser discutida pelo governo no Brasil no final da década de 1950. Atualmente, o Programa Nacional de Reforma Agrária (PNRA) busca viabilizar o acesso à terra por parte dos pequenos agricultores, distribuindo terras públicas divididas em áreas. Nesse contexto, é necessário, no âmbito das políticas públicas de governança territorial e fundiária, utilizar modelos para definir prioridades na ocupação da terra no país. Portanto, este estudo propõe um modelo de decisão em grupo multicritério para classificar as famílias candidatas interessadas em ingressar na PNRA para selecionar beneficiários para políticas públicas alinhadas aos objetivos estratégicos sociais, ambientais e econômicos do governo federal. Para isso, aplicou-se o método Multicritério PROMETHEE II para ranqueamento dos beneficiários utilizando a função Group Decision Support System (GDSS) do software Visual PROMETHEE. Em seguida, analisamos os resultados e realizamos uma análise de sensibilidade.

PALAVRAS CHAVE: Multicritério; Reforma agrária; PROMETHEE.

Tópicos (ADM – Apoio à Decisão Multicritério, AG&MA – PO na Agricultura e Meio Ambiente)

ABSTRACT

The agrarian reform began to be discussed by the government in Brazil in the late 1950s. Currently, the National Agrarian Reform Program (PNRA) seeks to enable access to land by small farmers by distributing public lands divided into areas. In this context, it is necessary within the scope of public policies for territorial and land governance to use models to define priorities in the occupation of the land in the country. Therefore, this study proposes a multicriteria group decision model to rank the candidate families interested in joining the PNRA to select beneficiaries for public policies aligned with the federal government's strategic social, environmental, and economic goals. For this, we applied the Multicriteria method PROMETHEE II for ranking the beneficiaries using the Group Decision Support System (GDSS) function of the Visual PROMETHEE software. After this, we analyzed the results and performed a sensitivity analysis.

KEYWORDS: Multicriteria; Agrarian Reform; PROMETHEE.

1. Introdução

Regularização fundiária é o termo usado para descrever as iniciativas governamentais destinadas a conceder a posse da terra e reconhecer direitos de propriedade a pessoas que residem em assentamentos não oficiais. Para melhorar as condições de vida e proporcionar o acesso a serviços básicos para terras informais, recomenda-se que essas medidas sejam incorporadas aos planos de urbanização rural (Araújo et al., 2022). A aquisição de terras informais inviabiliza o desenvolvimento das cidades e de seus moradores. De acordo com Childress et.al (2021), essa prática impõe altos ônus aos cidadãos e custos ao governo, como o acesso ilegal à posse da terra e a falta de serviços governamentais relacionados à infraestrutura, além de custos indiretos com programas sociais voltados à saúde, educação, moradia e violência criminal. O poder público utiliza a regularização fundiária como alternativa para minimizar as consequências negativas decorrentes dos assentamentos irregulares decorrentes desses fatores.

Os conflitos sobre o uso e propriedade da terra são comuns na América do Sul e geram confrontos frequentes entre povos indígenas, pequenos agricultores e grandes produtores agrícolas. No Brasil, o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) é responsável por todas as políticas relacionadas à regularização fundiária. Um aspecto da questão fundiária brasileira é a priorização de beneficiários para ocupação e uso da terra. Em 2022, o Tribunal de Contas da União (TCU) publicou um relatório que identificou os principais riscos associados à administração pública que comprometem a qualidade dos serviços públicos e a efetividade das políticas promovidas pelo poder público. O relatório destaca a falta de integração entre as instituições governamentais e a complexidade e fragmentação das leis atuais como razões para o conhecimento limitado sobre a ocupação e a capacidade de uso da terra no Brasil. Ainda nesse relatório, o TCU informa que foram identificados indícios de irregularidades nos critérios de seleção das famílias dentro do Programa Nacional de Reforma Agrária (PNRA), com inúmeros prejuízos financeiros para o país.

Os Modelos de Decisão de Grupo Multicritério permitem esse tipo de análise incorporando múltiplos tomadores de decisão e suas diversas perspectivas sobre um dado problema. O autoconhecimento é crucial para a tomada de decisões em grupo de forma eficaz, pois cada indivíduo traz pontos fortes e fracos únicos para a mesa. Seghezze et al. (2016) realizaram um estudo sobre conflitos de posse e uso da terra no Chaco região de Salta, Argentina. O estudo utilizou um modelo de avaliação participativa e multicritério que identificou diversas variáveis que explicaram direta ou indiretamente uma proporção significativa dos conflitos. Os achados do estudo são corroborados pela literatura. Nyeko (2012) relata que a tomada de decisão multicritério baseada em Sistemas de Informações Geográficas (SIG) tem um alto potencial de aplicação no planejamento do uso do solo. No entanto, há uma lacuna na literatura no que se refere a estudos voltados para o planejamento da adequação do uso da terra na zona rural. Gebre et al. (2021) concluíram que há poucos estudos na área de planejamento inteligente do uso do solo. Portanto, pesquisas são necessárias para desenvolver o campo de estudo sobre o papel da alocação de terras rurais.

Assim, este estudo propõe um modelo multicritério de decisão em grupo para o ranqueamento de beneficiários do Programa de Reforma Agrária Brasileira. O modelo está alinhado aos objetivos estratégicos sociais, ambientais e econômicos do governo federal. Para tanto, o estudo utiliza o método PROMETHEE II para decisão em grupo, uma vez que essa estratégia proporciona uma análise completa, por meio de variações nos parâmetros do modelo, resultantes de diferentes cenários e preferências. De acordo com Maria-Paraskevi et al. (2022), o método é altamente adaptável devido à sua simplicidade, que satisfaz os decisores. Esta pesquisa contribui ao demonstrar como os decisores influenciam o ranqueamento em relação à metodologia existente adotada pelo INCRA. O ranking é baseado em cenários estabelecidos, pois os decisores são direcionados a escolher entre 'preferência' ou 'indiferença' entre alternativas. Esse método permanece claro, simples e estável, como observado por Lorena et al. (2022).

2. Modelos para planejamento do uso de terra

A alocação de terra tem sido um tópico de importante discussão nos estudos sobre planejamento do uso da terra. É observado que a atribuição de terras envolve diferentes atividades que abrangem análise de multi-atributos a serem geridos em busca da maximização de benefícios (Gebre, et al., 2021). Os decisores enfrentam diversos problemas associados a como otimizar a alocação de terras e, ao mesmo tempo, minimizar as compensações conflitantes existentes na análise de decisão. Assim, os métodos de tomada de decisão multicritério (MCDM) se tornam importantes alternativas para otimizar problemas de alocação de terras,

considerando variáveis de decisão, objetivos e critérios conflitantes.

Nesse sentido, García et al. (2017) desenvolveram um modelo multiobjetivo para alocação sustentável do uso da terra conhecido como MAUSS (sigla em espanhol para “Modelo de Asignación de Uso Sostenible de Suelo”). O modelo foi desenvolvido utilizando a abordagem de algoritmo genético (NSGA-II) e foi aplicado às Planícies de San Juan, Puebla, México, que está atualmente em processo de um rápido processo de industrialização. O principal objetivo do modelo é gerar alocações de uso da terra que levem a um equilíbrio territorial dentro das regiões de três maneiras principais: maximizando a renda, minimizando a pressão ambiental sobre a água e o ar através de avaliações específicas do uso da água e das emissões de CO₂, e minimizando o déficit alimentar. O MAUSS proporcionou uma alocação de uso da terra mais sustentável em comparação com a atual distribuição do uso da terra em termos de rendimento mais elevado.

Wotlolan, Lowry e Glencross (2021) propuseram um modelo baseado em GIS e MCDM para avaliar a adequação da terra para um conjunto de sete culturas agroflorestais para atingir diferentes objetivos de benefícios para o Vale Sigatoka, Fiji. Utilizaram o método AHP para identificar a importância relativa de cinco tipos de benefícios. Os pesos dos critérios AHP foram utilizados para mapear as culturas mais importantes para diferentes objetivos agroflorestais. O modelo proposto baseado em GIS-MCDA de análise de adequação da terra se mostrou eficiente ao objetivo de investigar e avaliar espacialmente a adequação do uso da terra para múltiplas culturas. Como resultado, concluíram que o modelo descrito pode ser adaptado a iniciativas agroflorestais e outras aplicações semelhantes de adequação do uso da terra na região do Pacífico e em outros contextos geográficos.

Em um outro exemplo Bostian et al. (2015) realizaram um estudo para avaliar o equilíbrio entre a produção agrícola e a qualidade da água, tanto na escala da bacia hidrográfica, quanto na escala da fazenda, usando um algoritmo genético híbrido econômico-biofísico integrado e otimização multiobjetivo. Aplicaram um modelo de maximização de lucro com múltiplas entradas e múltiplas saídas a dados detalhados de produção em nível agrícola do objeto foco do estudo para prever a resposta de cada produtor a uma política fiscal de fertilizantes direcionada. Os autores encontraram uma variação considerável nos valores de compensação em toda a bacia, que poderiam ser usados para direcionar incentivos para reduzir a carga tributária aos produtores agrícolas.

Demetriou, See e Stillwell (2012) desenvolveram um modelo multicritério baseado em sistemas de informação geográfica (GIS) para avaliar soluções alternativas de redistribuição de terras. A metodologia foi então demonstrada através de um estudo de caso de um projecto de consolidação de terras em Chipre. O modelo de avaliação representou uma nova ferramenta para a avaliação de planos alternativos de redistribuição de terras. Além disso, foram introduzidas duas novas variáveis: o coeficiente de concentração de parcelas para medir a dispersão das parcelas, e a taxa de satisfação dos proprietários, para prever a aceitação do plano de redistribuição de terras pelos proprietários em termos da localização das parcelas recentemente atribuídas.

Groot, Oomen e Rossing (2013) apresentaram um modelo chamado de FarmDESIGN que avalia o desempenho produtivo, econômico e ambiental de fazendas, baseado em algoritmo de otimização multiobjetivo. O modelo foi implementado em uma fazenda orgânica mista de 96ha, localizada nos Países Baixos, que representa uma complexidade relevante ao compreender diversas rotações de culturas, pastagens permanentes e gado leiteiro. A otimização teve como objetivo maximizar o lucro operacional e o balanço de matéria orgânica, e minimizar a necessidade de mão de obra e as perdas de nitrogênio do solo. Os resultados do modelo mostraram que existiam compromissos entre vários objetivos e, ao mesmo tempo, identificaram um conjunto de configurações alternativas de explorações agrícolas com melhor desempenho para todos os quatro objetivos quando comparadas com as explorações agrícolas originais.

Em um estudo de alocação de terra, Keller, Fournier e Fox (2015) utilizaram análise multicritério em uma abordagem espacial para desenvolvimento de um modelo para minimizar os impactos das mudanças no uso da terra. Os autores aplicaram algoritmo heurístico multicritério para selecionar locais com menor impacto aos serviços ecossistêmicos, incluindo um critério espacial (separação entre locais). Como resultado, um estudo de caso foi desenvolvido e o algoritmo para minimização de impacto foi aplicado para selecionar 25 locais potenciais de desenvolvimento em um conjunto de 204 alternativas dentro de uma propriedade de 24.000ha.

Klein et al. (2013) desenvolveram um estudo com o objetivo de desenvolver um modelo de otimização multiobjetivo para identificar adaptações ideais de gestão do uso da terra às alterações climáticas. Os autores executaram a otimização multiobjetivo e integraram um modelo genérico de cultivo considerando dois cenários climáticos para 2050 em uma bacia hidrográfica para o planalto central Suíço, o qual possui recursos hídricos já limitados. Os resultados indicam que será necessária adaptação na área de estudo para lidar com um aumento adequado na produtividade em 0–10%, um aumento na perda de solo em 25–35% e um aumento

na lixiviação de nitrogênio em 30–45%. Segundo os autores, as opções de adaptação identificadas apresentam conflitos entre a produtividade e os objetivos ambientais, mas são possíveis compromissos.

Conforme observado nos trabalhos relatados, estudos buscam explorar o planejamento do uso da terra para avaliação ou alocação da terra ao considerar múltiplos objetivos. Entretanto, existe uma escassez de pesquisas que abordem a distribuição de terras sob o olhar de múltiplos decisores, o que justifica o assunto explorado por este estudo.

3. Um modelo de tomada de decisão em grupo para ranqueamento dos beneficiários do programa de regularização fundiária

A tomada de decisão em grupo é o processo de convergência de diversas preferências individuais em uma única preferência coletiva, visando alcançar um consenso de preferências provenientes de um conjunto de decisores em uma organização (Causil e Moraes, 2021). Para o contexto deste estudo, utilizam-se o método PROMETHEE II (Método de Organização de Ranking de Preferência para Avaliação de Enriquecimento;) e o PROMETHEE GDSS, por serem métodos de fácil compreensão para decisores e permitirem a obtenção de classificações individuais e coletivas considerando múltiplos objetivos, respectivamente. Além disso, o método ROC (Rank Order Centroid) é implementado para estimar o valor dos pesos.

De acordo com Brans e Vincke (1985), o método PROMETHEE estabelece uma relação de sobreclassificação de valores. Isso acontece por meio das alternativas pré-estabelecidas, mediante critérios relevantes para o decisor e pode ser representada pelos pesos dos critérios, que assumem a noção de grau de importância, uma vez que não há uma transformação de escalas de avaliações intracritérios para uma escala de avaliação global (Moraes et al., 2015). A intensidade da preferência pela opção ‘a’ sobre a opção ‘b’ $\pi(a, b)$ é descrita por uma função da diferença nos níveis de desempenho neste critério para as duas alternativas, ou seja, em $z1(a) - z1(b)$. Essa função assume valores entre 0 e 1.

Para resolver a ordenação coletiva, o GDSS PROMETHEE é usado para gerar uma ordenação a partir da avaliação individual (Causil e Moraes, 2021). Assim, tanto a ordenação individual quanto a de equipe, o procedimento do método PROMETHEE calcula a intensidade da preferência de uma alternativa sobre a outra para cada critério e para cada par de alternativas; posteriormente, é calculado o índice de preferência para cada par de alternativas; e então, os fluxos positivos e negativos. Por fim, o fluxo líquido que indica o desempenho geral de cada um de acordo com a preferência do tomador de decisão é calculado subtraindo o fluxo positivo e negativo para cada alternativa (Brans e Vincke, 1985).

Sobre a aplicação no cenário da regularização fundiária, no Brasil, para ser beneficiado como assentado, o trabalhador rural precisa participar de um processo seletivo, por meio de edital, que avalia o conjunto de candidatos com notas medidas por parâmetros definidos pelo INCRA. Para incorporar as preferências dos decisores no processo de seleção, foi proposto um modelo de decisão e, posteriormente, testado, em seis etapas, como mostra a Figura 1.

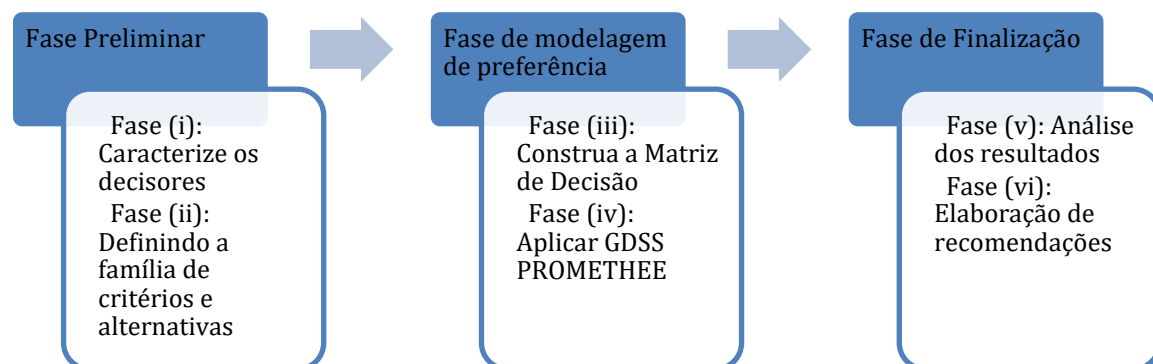


Figura 1: Modelo proposto para a classificação dos beneficiários.

Passo 1. Caracterizar os Decisores: O decisor é a pessoa responsável pela decisão e por estabelecer relações, constrangimentos, preferências e julgamento de valores que influenciam o processo decisório (YOSHIURA et al., 2023). Nessa etapa, seleciona-se uma equipe interdisciplinar como responsável pela análise do problema considerando os múltiplos objetivos do contexto.

Passo 2. Definindo a família de critérios e alternativas: A definição da família de critérios pode ocorrer a partir da estruturação do problema junto aos decisores. Neste caso, optou-se por utilizar no modelo os mesmos critérios propostos pelo INCRA, os quais foram validados com os decisores e serão apresentados na seção 3.

Passo 3. Construa Matriz de Decisão: Para construir a matriz de decisão simulamos dados para uma avaliação intracritério. Para isso, geramos dados aleatórios para uma distribuição uniforme.

Passo 4. Aplicar GDSS PROMETHEE: Para aplicar o GDSS PROMETHEE, utilizou-se a função GDSS do software Visual Promethee. Visual PROMETHEE é uma ferramenta computacional que permite explorar recursos numéricos e gráficos.

Passo 5. Análise dos Resultados: Nesta etapa, para análise dos resultados, foi feita uma análise de sensibilidade. Para isso, os parâmetros do modelo devem ser alterados para observar possíveis variações nos resultados do modelo. Foi realizada uma análise de sensibilidade modificando os valores de peso dos critérios em uma faixa de 20%.

Passo 6. Elaboração de recomendações: Na etapa 6, foi recomendada a classificação final dos beneficiários.

4. Aplicação real

Uma aplicação real foi desenvolvida para avaliar a aplicabilidade do modelo proposto. Na fase preliminar, caracterizamos os tomadores de decisão (DM) e definimos os critérios de avaliação e o conjunto de alternativas para o problema de decisão. Nessa fase, uma equipe interdisciplinar foi responsável pela análise do problema: um político que costuma trabalhar com questões da agricultura familiar (DM1), um diretor de uma agência pública de apoio agrário (DM2), um pesquisador da área de agricultura familiar com diversas publicações em periódicos especializados (DM3), beneficiários do programa (DM4) e, como supradecisor (SDM), foi selecionado o superintendente regional do INCRA.

Para definição do conjunto de critérios, validou-se com os DM's os critérios adotados pelo INCRA no processo de avaliação dos beneficiários. A Tabela 1 descreve os sete critérios utilizados para avaliar as alternativas. Para testar esse modelo, o conjunto de alternativas foi definido como um conjunto hipotético de 10 beneficiários.

Tabela 1. Definição dos critérios

Critério	Definição	Objetivo	Intervalo
I - Tamanho da família e força de trabalho	Tamanho da família e sua força de trabalho.	Maximização	0-15
II – Tempo de residência no município	Critério aplicado à unidade familiar com maior tempo de residência no município em que o assentamento está localizado.	Maximização	0-15
III – Família chefiada por mulheres	Família em que a mulher é responsável pela maior parte da renda.	Maximização	0 ou 1
IV – Membro do acampamento familiar ou individual	Unidade familiar ou membro individual de um acampamento localizado no Município em que o assentamento está localizado.	Maximização	0 ou 1
V - Família de Trabalhadores Rurais Agregados	Unidade familiar de trabalhador rural residente na propriedade destinada ao projeto de assentamento.	Maximização	0 ou 1
VI - Tempo de Atividade Agrícola	O critério aplicava-se ao tempo comprovado de exercício da atividade agrária pela unidade familiar.	Maximização	0-15
VII – Renda Familiar Mensal	O critério aplicava-se à renda familiar mensal, graduada nos termos declarados no Cadastro Único de Programas Sociais do Governo Brasileiro.	Minimização	0-5

Em seguida, na fase de modelagem de preferências, simulamos dados para uma avaliação intracritério para a construção da matriz de decisão. Para isso, geramos dados aleatórios para uma distribuição uniforme. Na etapa 4, utilizou-se o método multicritério PROMETHEE II para ranqueamento dos beneficiários. Para isso, utilizou-se a função GDSS do software Visual PROMETHEE. A Tabela 2 mostra o desempenho de cada atributo para cada resultado na matriz de decisão.

Tabela 2. Matriz de Decisão

Critério	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
I	13,70	12,60	11,20	9,70	7,00	10,00	9,90	12,80	8,50	8,50
II	7,00	7,00	6,00	2,00	7,00	4,00	12,00	1,00	0,00	8,00
III	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00
IV	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
V	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00
VI	12,00	1,00	5,00	10,00	5,00	15,00	4,00	4,00	10,00	14,00
VII	4,00	3,00	3,00	5,00	2,00	5,00	4,00	5,00	1,00	2,00

Para a aplicação do PROMETHEE, os valores de peso dos critérios e as funções de preferência foram diferentes para cada DM. The Rank-Order Centroid (ROC) método utilizado para estimar os valores de peso dos critérios, que fornece apenas uma ordenação dos atributos por DM's. ROC é um método importante para o procedimento de elicitação que consiste diretamente em ordenar dos objetivos ou critérios mais importantes para os menos importantes da decisão de atribuição de pesos de critérios (CAUSIL e MORAIS, 2021). Para definir os limiares de preferência ou indiferença (p e q, respectivamente), são necessárias algumas funções que foram estabelecidas com os DM's com o apoio do Visual PROMETHEE. Como exemplo, a Tabela 3 mostra os parâmetros utilizados para aplicar o modelo para o tomador de decisão 1. Os mesmos parâmetros foram estabelecidos para os demais DM's do problema.

Tabela 3. Peso, Objetivos e Funções de Preferência por DM1

Critério	Peso	Mira	Função de preferência	Parâmetros
I	0,07	Maximização	Linear	P = 2,00; Q = 1,00
II	0,11	Maximização	Usual	Não aplicável
III	0,04	Maximização	Usual	Não aplicável
IV	0,16	Maximização	Usual	Não aplicável
V	0,23	Maximização	Linear	P = 2,00; Q = 1,00
VI	0,37	Maximização	Usual	Não aplicável
VII	0,02	Minimização	Linear	P = 2,00; Q = 1,00

As Figuras 2, 3, 4 e 5 ilustram a classificação individual dos beneficiários com base no PROMETHEE II para as preferências dos tomadores de decisão. Há uma clara semelhança de comportamento entre DM 1 e 2 e entre DM 3 e 4. Essa semelhança é explicada pela forma como os DM's classificaram os critérios. Por exemplo, o candidato 10 apresentou bom desempenho nos critérios "tempo gasto em atividade agrícola" e "família ou indivíduo que mora em assentamento", que apresentam maiores valores de peso para DM's 1 e 2. Por outro lado, o candidato 1 teve um desempenho muito bom nos critérios "renda familiar mensal" e "tamanho da família e força de trabalho", que têm o maior peso para os tomadores de decisão 3 e 4.

Rank	action		Phi	Phi+	Phi-
1	Candidato 10		0,4402	0,5048	0,0646
2	Candidato 1		0,2945	0,4530	0,1585
3	Candidato 6		0,2831	0,4333	0,1503
4	Candidato 4		0,0915	0,3276	0,2362
5	Candidato 7		-0,0731	0,2114	0,2845
6	Candidato 5		-0,1294	0,1765	0,3059
7	Candidato 9		-0,1306	0,2470	0,3776
8	Candidato 2		-0,2127	0,1894	0,4021
9	Candidato 3		-0,2164	0,1611	0,3775
10	Candidato 8		-0,3469	0,1179	0,4649

Figura 2: Classificação individual por decisor 1

Rank	action		Phi	Phi+	Phi-
1	Candidato 4		0,1478	0,2579	0,1101
2	Candidato 10		0,1449	0,2659	0,1210
3	Candidato 1		0,0959	0,2696	0,1737
4	Candidato 6		0,0712	0,2469	0,1756
5	Candidato 3		0,0348	0,2031	0,1683
6	Candidato 2		0,0128	0,2059	0,1931
7	Candidato 9		-0,0270	0,1877	0,2147
8	Candidato 5		-0,0838	0,1513	0,2351
9	Candidato 7		-0,1676	0,1118	0,2794
10	Candidato 8		-0,2289	0,1466	0,3755

Figura 3: Classificação individual por decisor 2

Rank	action		Phi	Phi+	Phi-
1	Candidato 1		0,3754	0,3981	0,0227
2	Candidato 6		0,2595	0,3688	0,1093
3	Candidato 4		0,2074	0,3240	0,1166
4	Candidato 8		0,1979	0,3769	0,1789
5	Candidato 7		0,0742	0,2225	0,1483
6	Candidato 2		0,0481	0,2531	0,2050
7	Candidato 3		-0,1184	0,1698	0,2882
8	Candidato 10		-0,1988	0,1382	0,3370
9	Candidato 5		-0,4023	0,0547	0,4570
10	Candidato 9		-0,4432	0,0661	0,5093

Figura 4: Classificação individual por decisor 3

Rank	action		Phi	Phi+	Phi-
1	Candidato 1		0,3627	0,4175	0,0548
2	Candidato 7		0,2266	0,3479	0,1213
3	Candidato 8		0,1514	0,3836	0,2322
4	Candidato 2		0,1454	0,3178	0,1724
5	Candidato 6		0,1389	0,3482	0,2093
6	Candidato 4		0,0985	0,3152	0,2167
7	Candidato 3		-0,0534	0,2349	0,2883
8	Candidato 10		-0,1730	0,1802	0,3532
9	Candidato 5		-0,3261	0,1193	0,4454
10	Candidato 9		-0,5709	0,0426	0,6135

Figura 5: Classificação individual por decisor 4

Finalmente, na fase final, foi realizada a análise de sensibilidade para verificar a robustez do método. Para isso, foram feitos ajustes nos parâmetros para examinar possíveis variações nos resultados do modelo. Especificamente, a análise de sensibilidade foi realizada variando-se os valores de peso dos critérios dentro de

uma faixa de 20%. A Figura 6 mostra a sensibilidade da ordenação às mudanças nos pesos atribuídos aos DM's, e não aos critérios. Não houve diferença significativa nos resultados para nenhum dos DM's.

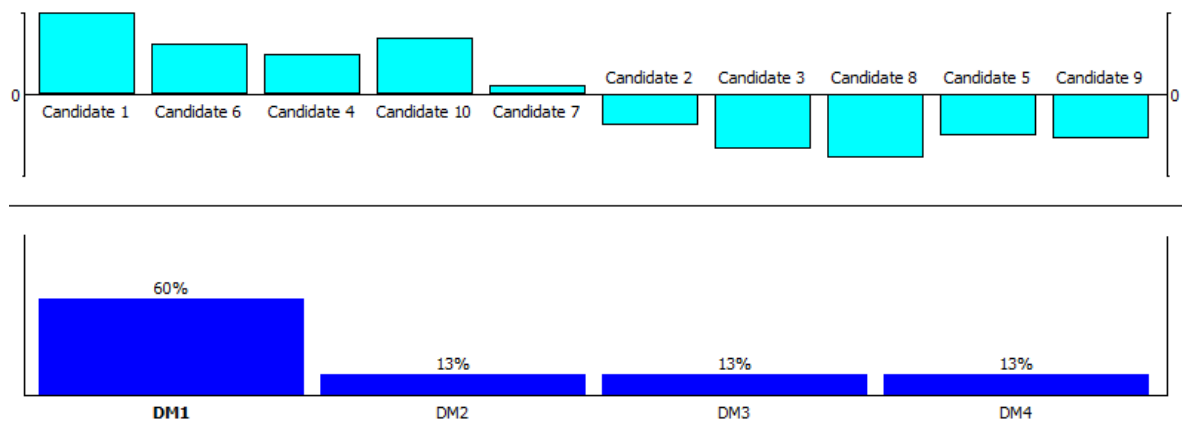


Figura 6: Análise de sensibilidade para o tomador de decisão 1

A Figura 7 mostra a classificação coletiva final dos candidatos. Percebe-se que o Candidato 1 obteve o melhor desempenho, devido aos seus excelentes resultados individuais em todos os DM's. A aplicabilidade do modelo de decisão em grupo é evidente, pois permite a determinação da alternativa com melhor resultado considerando o desempenho individual dos candidatos para cada tomador de decisão e levando em conta a decisão final do SDM. No modelo de decisão grupal, o SDM não toma a decisão final, mas é responsável pela obtenção do consenso grupal. Nesse contexto, o principal papel do SDM foi fornecer uma perspectiva de agregação, garantindo resultados que incorporem de forma abrangente os pontos de vista de todos os tomadores de decisão. O SDM foi responsável por agregar o resultado obtido, valendo-se de sua expertise e compreensão holística do assunto.

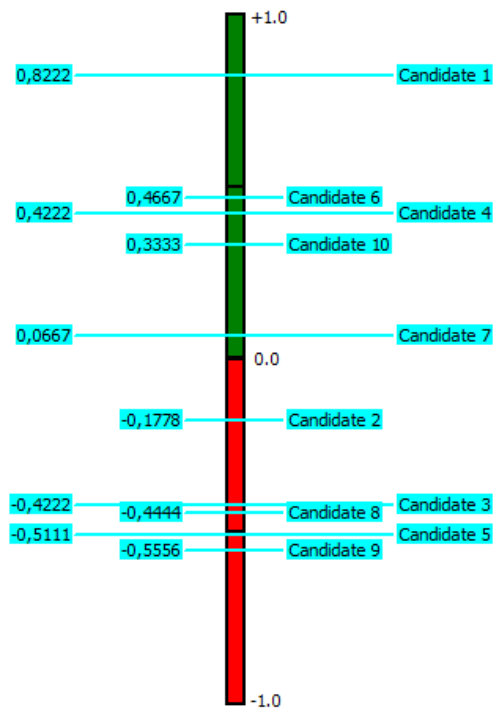


Figura 7: Classificação coletiva pelo SDM

A estrutura proposta integra considerações teóricas e práticas e fornece uma abordagem simplificada para

a tomada de decisões complexas na distribuição de terras agrícolas. Ao abordar os desafios da alocação limitada de recursos e da equidade social, o modelo visa melhorar a eficiência da gestão de projetos de reforma agrária.

Esta contribuição à literatura fornece uma ferramenta prática para os gestores de projetos de reforma agrária que promove a tomada de decisão transparente e baseada em dados. A abordagem multicritério agiliza a identificação e seleção de famílias, promovendo eficiência em diferentes contextos. As implicações da gestão incluem otimização de recursos, minimização de conflitos e distribuição equitativa de oportunidades, em linha com os objetivos do Programa Nacional de Reforma Agrária (PNRA). O modelo facilita a seleção de beneficiários com base em critérios definidos, garantindo a alocação eficiente de recursos para a PNRA e direcionando aqueles necessitados com potencial de uso produtivo da terra. Além disso, por meio da implementação de critérios objetivos e transparentes, pode mitigar disputas e conflitos associados à distribuição de terras e recursos agrícolas. Consequentemente, promove uma distribuição mais equitativa das oportunidades de acesso à terra e aos recursos agrícolas, levando em conta variáveis como origem social e ocupacional, estrutura familiar, engajamento em atividades agrícolas, entre outras.

O INCRA possui um regulamento de pontuação sistematizado para a seleção de beneficiários da PNRA, com base em critérios que também foram incorporados ao modelo apresentado neste estudo. Apesar de possuir critérios e escores bem definidos, esse método não incorpora as perspectivas dos DM's em sua modelagem. Como resultado, decisões que não são adequadas podem ser tomadas e consideradas soluções subestimas. Além disso, os DM's podem não subsidiar os resultados obtidos, gerando resistência à implementação das ações e falta de comprometimento com os resultados. A incorporação das preferências de DM aumenta a robustez do modelo proposto, que supera seu antecessor ao incorporar múltiplas perspectivas. Essa abordagem inclusiva permite uma representação mais abrangente das complexidades da seleção de famílias para assentamentos agrários, fortalecendo a adaptabilidade do modelo a nuances e considerações multifacetadas. O modelo resultante se alinha aos objetivos da PNRA, permanece fiel às preferências do DM e aborda questões específicas.

5. Conclusões

Por meio deste estudo, propusemos e testamos um modelo de decisão em grupo multicritério útil que poderia ser usado para o Programa de Reforma Agrária Brasileira. Um modelo multicritério foi proposto e aplicado na seleção das famílias beneficiárias que ocuparão os latifúndios em projetos de assentamento destinados à PNRA. Essa metodologia reforçou a importância de considerar as diferentes perspectivas dos DM's desde suas preferências em relação aos critérios serviram de base para a determinação dos rankings individuais. Como principais contribuições, inovamos na definição de um modelo com 6 etapas para o ranqueamento dos beneficiários para a localização do terreno, levando em consideração as preferências de um grupo de DM's utilizando o PROMETHEE II e o GDSS PROMETHEE implementados com o ROC.

Agradecimentos

Este estudo foi apoiado pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário e Agricultura Familiar (MDA), Instituto Nacional de Reforma Agrária (INCRA), Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) e Fundação de Apoio à Pesquisa, ao Ensino e à Cultura (FAPEC).

Referências

Araújo, R. P. Z. de, Moura, A. C. M., & Nogueira, T. D. A. (2022). *Creating Collaborative Environments for the Development of Slum Upgrading and Illegal Settlement Regularization Plans in Belo Horizonte, Brazil* (pp. 86–112). <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-9090-4.ch005>

Brans, J. P., & Vincke, P. (1985). Note—A Preference Ranking Organisation Method: (The PROMETHEE Method for Multiple Criteria Decision-Making). *Management science*, 31(6), 647-656.

Bostian, M., Whittaker, G., Barnhart, B., Färe, R., & Grosskopf, S. (2015). Valuing water quality tradeoffs at different spatial scales: An integrated approach using bilevel optimization. *Water Resources and Economics*, 11, 1-12.

Causil, O. M., & Morais, D. C. (2021, December). A Multicriteria Group Decision-making Model for Selecting a Perishable Food Packaging System Using an Outranking Method. In *2021 IEEE International Conference on Industrial*

Engineering and Engineering Management (IEEM) (pp. 467-471). IEEE.

Childress, M., Carter, S., & Barki, E. (2021). Fit-for-Purpose, Private-Sector Led Land Regularization and Financing of Informal Settlements in Brazil. *Land*, 10(8), 797. <https://doi.org/10.3390/land10080797>

Demetriou, D., See, L., & Stillwell, J. (2012). A spatial multi-criteria model for the evaluation of land redistribution plans. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 1(3), 272-293.

García, A. G., Palacios Rosas, E., García-Ferrer, A., & Montesinos Barrios, P. (2017). Multi-objective spatial optimization: Sustainable land use allocation at sub-regional scale. *Sustainability*, 9(6), 927.

Gebre, S. L., Cattrysse, D., Alemayehu, E., & Van Orshoven, J. (2021). Multi-criteria decision making methods to address rural land allocation problems: A systematic review. *International Soil and Water Conservation Research*, 9(4), 490-501.

Groot, J. C., Oomen, G. J., & Rossing, W. A. (2012). Multi-objective optimization and design of farming systems. *Agricultural Systems*, 110, 63-77.

Keller, A. A., Fournier, E., & Fox, J. (2015). Minimizing impacts of land use change on ecosystem services using multi-criteria heuristic analysis. *Journal of Environmental Management*, 156, 23-30.

Klein, T., Holzkämper, A., Calanca, P., Seppelt, R., & Fuhrer, J. (2013). Adapting agricultural land management to climate change: a regional multi-objective optimization approach. *Landscape ecology*, 28, 2029-2047.

Lorena, A. L. F., Costa, P. C. S., Lima, E. S., Lima, T.B. ERM-POP Model: improving government initiatives towards Enterprise Risk Management implementation. ICDSSST 2022 Proceedings – online version the EWG-DSS 2022 International Conference on Decision Support System Technology. p. 127. Maio, 2022.

Maria-Paraskevi, B., Jason, P., Aikaterini, G. and George, A. Multi-criteria Decision making for a green and more sustainable nanotechnology and nanoproducs. ICDSSST 2022 Proceedings – online version the EWG-DSS 2022 International Conference on Decision Support System Technology, pp. 80, 2022.

Morais, D. C. (2015) "PROMETHEE-ROC Model for Assessing the Readiness of Technology for Generating Energy." *Mathematical Problems in Engineering* 2015.1 (2015): 530615.

Nyeko, M. (2012). GIS and multi-criteria decision analysis for land use resource planning. *Journal of Geographic Information System*, 4(4). <https://doi.org/10.4236/jgis.2012.44039>

Seghezzo, L., Venencia, C., Buliubasich, E. C., Iribarnegaray, M. A., & Volante, J. N. (2017). Participatory, multi-criteria evaluation methods as a means to increase the legitimacy and sustainability of land use planning processes. The case of the Chaco region in Salta, Argentina. *Environmental management*, 59, 307-324.

Wotlolan, D. L., Lowry, J. H., Wales, N. A., & Glencross, K. (2021). Land suitability evaluation for multiple crop agroforestry planning using GIS and multi-criteria decision analysis: A case study in Fiji. *Agroforestry systems*, 95(8), 1519-1532.

Yoshiura, L. J. M., Martins, C. L., Costa, A. P. C. S., & Santos-Neto, J. B. S. D. (2023). A multicriteria decision model for risk management maturity evaluation. *Pesquisa Operacional*, 43, e270186.