

Múltiplos Critérios de Apoio à Decisão em SIG para a Promoção de Sistemas Orgânicos de Produção Agropecuária no Município de Arroio do Meio - RS

Mara Regina Arend¹
Glauco Schultz¹
Rafael Rodrigo Eckhardt¹
Claudete Rempel¹
Felipe Goldmeyer¹

¹ Centro Universitário UNIVATES

Rua Avelino Tallini 171, Lajeado / RS, CEP:95900-000- RS, Brasil.
mara82@ibest.com.br, glauco@bownet.com.br, {rafare, crempel}@univates.br,
fgoldmeyer@bol.com.br

Abstract. Organic agriculture is a holistic production management system, sustainable development, which promotes balance of the agricultural ecosystem and is an alternative to enable small farms. The introduction of agriculture production organic systems allows the provision of health food, enabling producers and consumers to enjoy a better quality diet and life. The municipality of Arroio do Meio/RS presents 1,100 properties that develop traditional farming systems, with a small proportion develops organic production systems. This paper aims to indicate potential places for to promote organic production systems. Decision support routines were explored in this study, being used resources of GIS, RapidEye satellite images and a cartographic information digital database, extracted from topographic maps in 1:50,000 scale, to assess the potential areas for growing organic foods. The proposed methodology is based on the choice of suitability criteria and restriction criteria. The restrictions are absolute barriers, as permanent preservation areas defined in environmental laws. The suitability factors consider the importance of environmental and economic characteristics to organic systems implementation. The suitability factors considered were: slope, land use classes, distance do native forest patches, distance to roads and distance do urban area. The results indicated that the Arroio do Meio municipality has potential to increase the places with organic agriculture. The higher fitness places are situated on flat slopes, adjacent of roads, near of forest areas and in actual traditional agriculture areas.

Palavras-chave: Organic agriculture, decision support, land use planning, geoprocessing;

1. Introdução

A agricultura sofreu profundas transformações logo após a segunda guerra mundial, caracterizadas pela intensificação, especialização, padronização e internacionalização dos produtos e dos processos produtivos, constituindo a base da chamada Revolução Verde (FAO, 1995). Mas o desenvolvimento da agricultura durante a Revolução Verde foi desigual nos diferentes produtores, causando concentração da renda e da produção de alimentos nos países desenvolvidos e um aumento da pobreza e da dependência por alimentos nos subdesenvolvidos, além dos sérios danos ambientais causados pelo esgotamento dos recursos naturais e a contaminação do ambiente pela liberação excessiva de resíduos químicos.

Em virtude das crescentes críticas que este modelo vem recebendo, abordagens alternativas têm surgido e se difundido ao longo dos últimos anos para que a agricultura se torne sustentável. Agricultura sustentável, especificamente, é considerada como sendo a "habilidade de um sistema agrícola manter a produção através do tempo, face os distúrbios ecológicos e pressões socioeconômicas de longo prazo" (Altieri, 1987 apud Almeida e Navarro, 1998). Desta maneira, a sustentabilidade não depende somente de um, mas sim, de um conjunto de fatores ecológicos e socioeconômicos atuando interativamente.

Apresentam-se assim os sistemas orgânicos de produção agropecuária, que são um segmento do mercado de alimentos em expansão, em todo o mundo, que possui origem em grupos de produtores rurais com diversas críticas em relação ao paradigma da agricultura convencional. Segundo Altieri (1998), que foi um dos precursores da defesa da agroecologia como ciência, a agricultura orgânica é uma nova abordagem que integra os princípios

agronômicos, ecológicos e socioeconômicos à compreensão e à avaliação do efeito das tecnologias sobre os sistemas agrícolas e a sociedade como um todo.

Os sistemas orgânicos de produção agropecuária oportunizam a revisão das relações de cooperação e de competitividade no agronegócio brasileiro, possibilitando, desta forma, o estabelecimento de um relativo equilíbrio de forças entre os agentes das cadeias produtivas de alimentos, por meio de estratégias associadas às mudanças nos padrões de consumo e da conscientização ecológica. As significativas taxas de crescimento da produção orgânica no Brasil e em outras partes do mundo se explicam devido ao estabelecimento de várias relações institucionais e de políticas públicas de apoio e promoção a este segmento do agronegócio.

Uma vez que os paradigmas da agricultura orgânica visam conciliar um sistema de produção econômico, mas com a promoção do equilíbrio do ecossistema agrícola e o fomento dos ciclos biológicos, a implantação de sistemas orgânicos de produção atuará como um sistema fundamental de planejamento ambiental, planejamento do sistema de produção e ocupação racional da propriedade rural para atingir os pressupostos acima elencados. Os sistemas orgânicos de produção agropecuária podem consistir em alternativas para viabilizar a pequena propriedade rural da maioria dos municípios do Rio Grande do Sul. Como principal mérito desse sistema tem-se a diversificação da produção, a conservação dos elementos naturais e uma melhor qualidade nos alimentos consumidos e comercializados.

1.1 Planejamento ambiental e Geoprocessamento

O planejamento ambiental surgiu como uma resposta adversa ao desenvolvimento tecnológico, puramente materialista, buscando o desenvolvimento como um estado de bem-estar humano, ao invés de um estado de economia nacional. O planejamento ambiental auxilia na resolução de conflitos que possam ocorrer entre as metas da conservação ambiental e do planejamento tecnológico (Santos, 2004). A carência de informações consistentes dentro das administrações públicas e a crescente demanda por integração dos processos de coleta de dados levaram um grande número de municípios a buscar na tecnologia da informação. O uso desta tecnologia deve ser visto como um meio para um fim social devendo contribuir tanto para a promoção de intervenções políticas adequadas, como para a avaliação das mesmas, uma vez que os governos municipais têm um papel destacado na melhoria da qualidade de vida e no incentivo ao desenvolvimento local (Domingues e França, 2008).

Nos últimos 20 anos, o foco da representação de cidades e regiões moveu-se quase inteiramente para o âmbito digital, por meio dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), nos quais os dados podem ser inseridos, armazenados, analisados, visualizados e disseminados (Batty, 2007). Os SIGs são aceitos como sendo tecnologias que possuem o ferramental necessário para realizarem análises com dados espaciais e, oferecerem, ao serem implementadas, alternativas para o entendimento da ocupação e utilização do meio físico, compondo o chamado universo da Geotecnologia (Silva, 1999; Fitz, 2008).

1.2 Sistemas de Apoio à Decisão

A tomada de decisão sempre estará presente quando se busca atingir uma perspectiva de trabalho de cunho gerencial. De acordo com Fitz (2005), os responsáveis pelo andamento das ações virtualmente acabam assumindo os riscos das decisões tomadas ao longo do processo. Tal viés aponta para uma direção sem sempre bem definida, o que tende a dificultar o trabalho dos gestores. Estes, em função da pressão sofrida, acabam agindo, muitas vezes, de maneira pouco eficaz. A tomada de decisão consiste, basicamente, na escolha de uma opção entre diversas alternativas existentes, seguindo determinados passos previamente estabelecidos e culminando na resolução de um problema de modo correto ou não (Binder, 1994). A necessidade de uma sistemática para tratar tais questões levou à construção dos Sistemas de Apoio à Decisão (DSS - *Decision Support System*).

Os estudos com Sistemas de Apoio à Decisão apontam para dois enfoques em termos de metodologias multicritério. As Metodologias Multicritério em Apoio à Decisão (MCDA - *Multicriteria Decision Aid*), vinculados aos preceitos construtivistas (visam gerar conhecimento aos decisores), e Metodologias Multicritério de Tomada de Decisão (MCDM - *Multicriteria Decision Making*), vinculadas ao racionalismo (visam encontrar uma solução ótima a todos os decisores envolvidos) (Montibeller Neto, 1996; Ensslin et al., 2001).

De acordo com Ensslin et al. (2001), a maioria dos pesquisadores de metodologias multicritério de língua inglesa adotam o paradigma racionalista, explicando a larga utilização de técnicas baseadas na escola racionalista por parte dos pesquisadores dispersos em todo mundo. A integração dos sistemas de apoio à decisão e SIGs ocorre, preferencialmente, segundo a abordagem racionalista (Barredo, 1996). Os planos de informações gerados nos SIGs consistem nas informações de entrada para a análise multicritério (Fitz, 2005).

No presente estudo, foram utilizadas rotinas multicritério de apoio à decisão em SIG objetivando auxiliar na determinação de locais aptos para a promoção de Sistemas Orgânicos de Produção Agropecuária (SOPA) no município de Arroio do Meio, baseado na análise de múltiplos critérios. As rotinas de apoio à decisão para a promoção da referida atividade basearam-se na escolha de critérios de aptidão (fatores) e de restrição (barreiras). São exemplos de restrições, as Áreas de Preservação Permanente (APPs) definidas na legislação ambiental (Brasil, 1965). Os fatores de aptidão levam em conta as características ambientais e econômicas importantes para implantação de sistemas orgânicos de produção, indicando uma medida contínua de aptidão. Os fatores de aptidão considerados na análise foram: declividade do terreno, as classes de uso da terra, distância dos fragmentos florestais, distância das estradas e distância do centro consumidor.

A área de estudo compreende o município de Arroio do Meio, localizado na região geopolítica do Vale do Taquari, na região Centro-Leste do estado do Rio Grande do Sul (Figura 1). O município tem sua economia baseada na atividade primária, principalmente na atividade agropecuária de cunho familiar. No que se refere à produção agropecuária orgânica, Arroio do Meio apresenta várias iniciativas de agricultores na implantação de sistemas orgânicos de produção agropecuária, principalmente de hortaliças orgânicas.

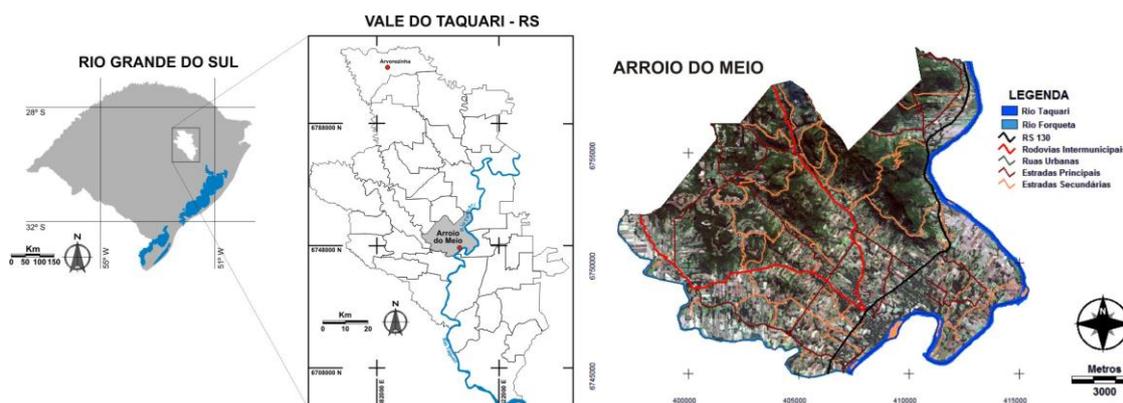


Figura 1. Localização do município de Arroio do Meio.

2. Metodologia de trabalho

2.1 Materiais

- Imagem ortorretificada do satélite RapidEye, com 5 bandas espectrais (440 μm - 850 μm), datada de 01 de novembro de 2009 e com resolução espacial de 5 metros;
- Cartas topográficas em escala 1:50.000;
- GPS Garmim Etrex Venturi;
- SIG Idrisi Andes.

2.2 Procedimentos metodológicos

Para o desenvolvimento do estudo, inicialmente, realizou-se atividades exploratórias de campo em toda a área do município de Arroio do Meio com o objetivo de demarcar as coordenadas geográficas com GPS de navegação dos tipos de uso e cobertura da terra existentes na área de estudo. As informações das classes de uso da terra, obtidos em campo, foram utilizados como verdade terrestre para a classificação da imagem de satélite *RapidEye* e a obtenção do cenário de uso e cobertura da terra do município.

Para a execução do estudo proposto no município de Arroio do Meio foi elaborada uma base cartográfica digital de informações, envolvendo o uso de cartas topográficas elaboradas pela Diretoria do Serviço Geográfico do Exército em escala 1/50.000. As cartas topográficas, em formato analógico, foram convertidas para o formato digital por *scanner* de mesa, georreferenciadas no SIG Idrisi Andes e vetorizadas as curvas de nível, a malha rodoviária e a rede hidrográfica. A base cartográfica digital serviu de base para compor um conjunto de mapas temáticos utilizados para a implementação da análise de apoio à decisão por multicritérios para a promoção de sistemas orgânicos de produção agropecuária. A análise de apoio à decisão padronizou os mapas dos cinco fatores utilizados no formato Byte (valores de 0-255), os quais foram comparados de forma pareada na matriz de comparação pareada (AHP - *Analytic Hierarchy Process*) e os pesos finais resultantes foram integrados pelo método da combinação linear ponderada da rotina de avaliação por múltiplos critérios (MCE - *Multi Criteria Evaluation*). A Figura 2 apresenta o fluxograma dos procedimentos metodológicos do estudo proposto.

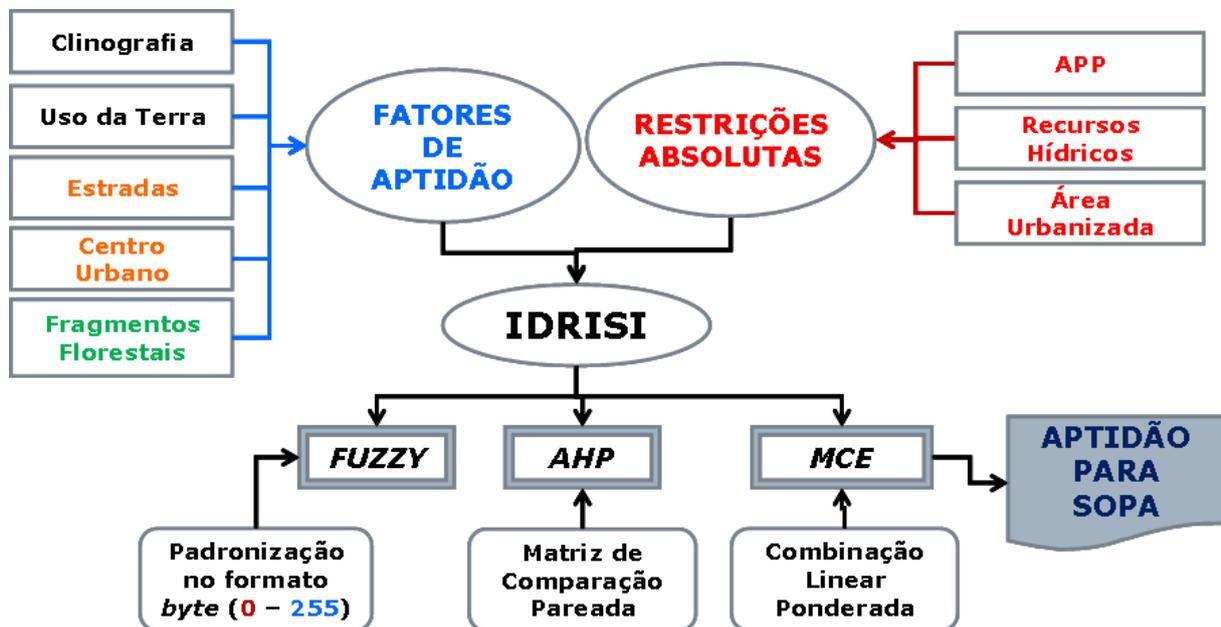


Figura 2. Fluxograma das etapas metodológicas.

Uma vez que as unidades naturais dos fatores utilizados nas rotinas de apoio à decisão são diferentes, faz-se necessária a padronização desses fatores. A padronização dos fatores foi realizada utilizando a lógica da incerteza *Fuzzy*, sendo realizada no formato byte (0-225), onde os valores próximos a 0 (zero) indicam baixa aptidão e os valores próximos a 255 indicam os locais de maior aptidão para a promoção de sistemas orgânicos de produção agropecuária. As Figuras de 3 a 7 apresentam a padronização dos cinco fatores e a Figura 8 apresenta o mapa com as restrições absolutas utilizadas no estudo.

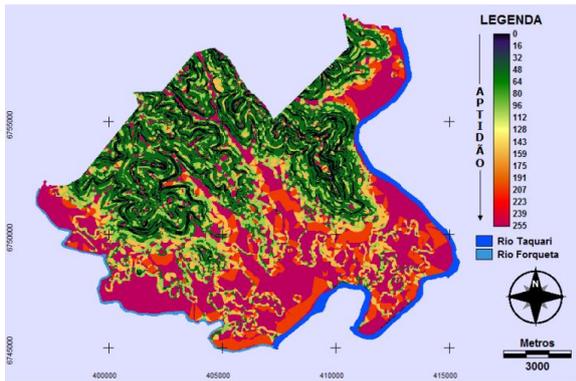


Figura 3. Declividade Padronizada.

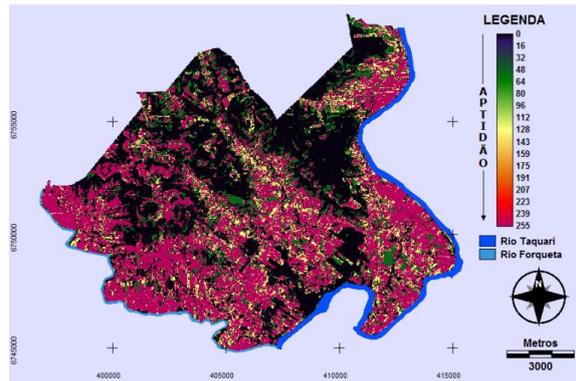


Figura 4. Uso da terra padronizado.

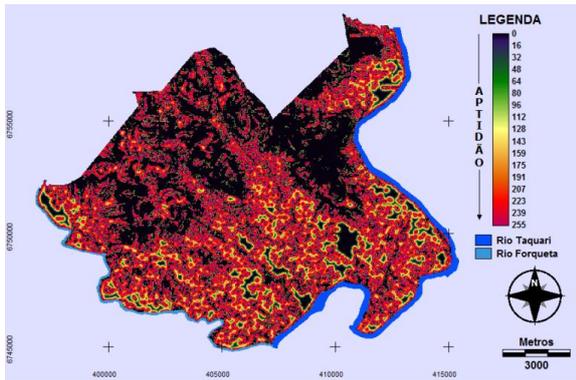


Figura 5. Distâncias dos fragmentos florestais.

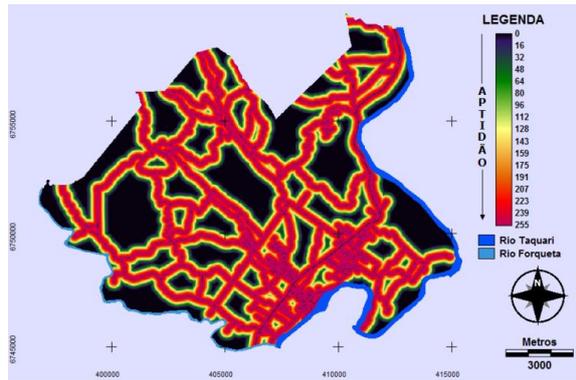


Figura 6. Distâncias das estradas padronizadas.

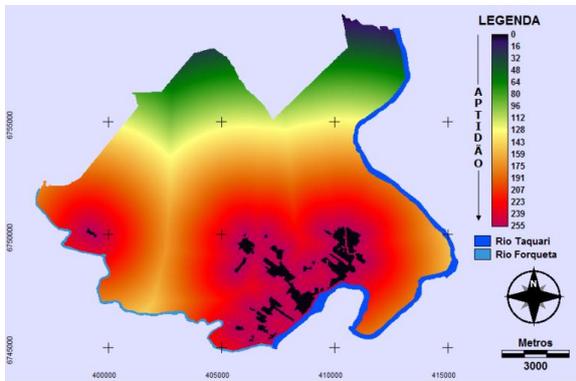


Figura 7. Distâncias do centro urbano.

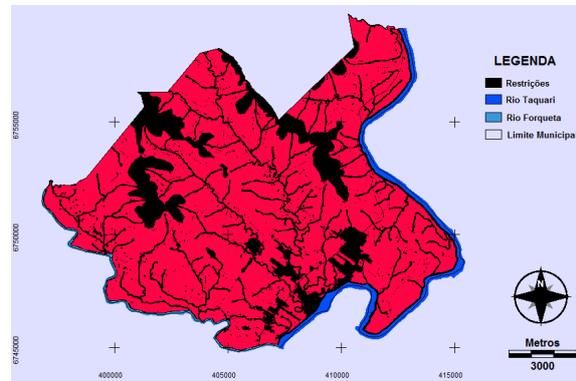


Figura 8. Máscara com as restrições absolutas.

Uma vez padronizados os mapas dos fatores ambientais e econômicos utilizados para a promoção dos SOPAs, foi realizada a comparação quantitativa de cada fator de forma pareada com o outro na matriz de comparação pareada. Por essa técnica, cada fator é comparado com os demais, indicando-se uma relação de importância de cada fator com os demais (Tabela 1).

Tabela 1. Matriz de comparação pareada dos critérios de aptidão.

Fatores	Padr Clin	Padr Uso	Padr Frag	Padr Estr	Padr Urb
Padr_Clin ¹	1				
Padr_Us ²	1,50	1			
Padr_Frag ³	2,00	1,50	1		
Padr_Estr ⁴	0,80	0,60	0,50	1	
Padr_Urb ⁵	0,50	0,25	0,15	1,00	1

¹ Padronização da declividade do terreno; ² Padronização das Classes de Uso e Cobertura da Terra; ³ Padronização das Distâncias dos Fragmentos Florestais Nativos; ⁴ Padronização das Distâncias das Estradas; ⁵ Padronização das Distâncias da Área Urbanizada.

Os pesos pareados foram discutidos pela equipe interdisciplinar e colaboradores que integram o presente estudo. Quando a matriz de comparação pareada é completada é possível calcular os pesos finais resultantes de cada fator (Tabela 2), bem como efetuar uma avaliação de consistência da mesma.

Tabela 2. Pesos finais obtidos a partir da matriz de comparação pareada.

Fatores	Pesos
Clinografia do Terreno	0,1653
Uso e Cobertura da Terra	0,2524
Distâncias dos Fragmentos Florestais	0,3680
Distância da Área Urbanizada	0,0811
Distância das Estradas	0,1332
TOTAL	1,00

A implementação da rotina de avaliação por múltiplos critérios foi finalizada pela multiplicação do peso de cada fator, calculado na matriz de comparação pareada, pelo respectivo mapa padronizado de cada fator (valores de 0 a 255) e pelo mapa contendo as barreiras absolutas (máscara) através da rotina denominada MCE (Figura 9).

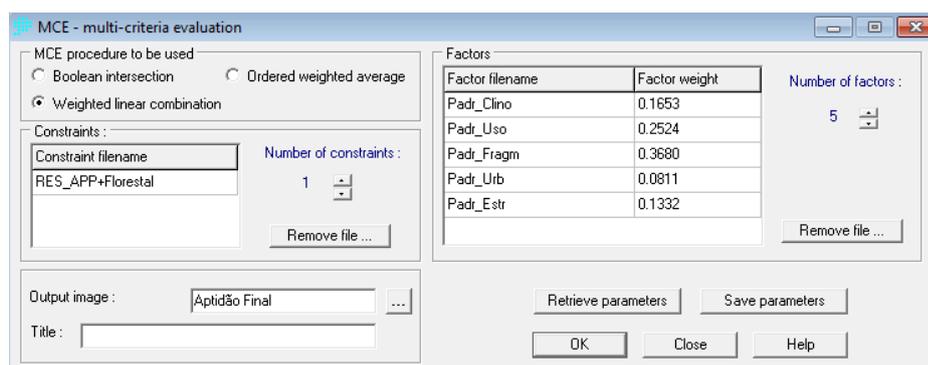


Figura 9. Módulo de combinação linear ponderada da rotina de avaliação por múltiplos critérios com os fatores, pesos e restrições.

3. Resultados e Discussão

O resultado da rotina de avaliação por múltiplos critérios consiste em um mapa da aptidão relativo (0 - 255) para a promoção de Sistemas Orgânicos de Produção Agropecuária (SOPA) em Arroio do Meio. Os valores próximos a 255 apresentam a maior aptidão, os valores próximos a 0 apresentam a menor aptidão e o valor 0 indica ausência absoluta de aptidão, ou seja, são locais que apresentam restrições absolutas à promoção dos SOPAs (Figura 10).

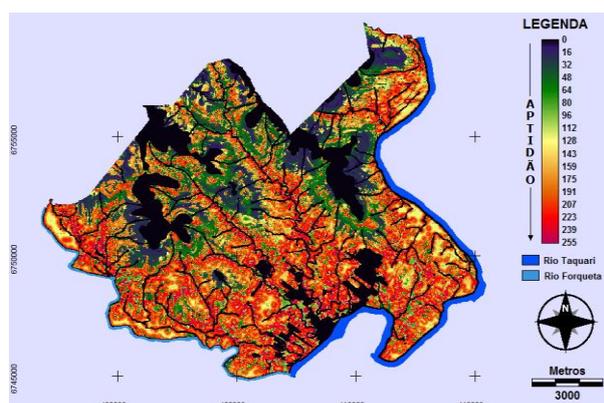


Figura 10. Mapa da aptidão relativa para a promoção de SOPA no município de Arroio do Meio.

Os valores contínuos de aptidão para a promoção dos sistemas orgânicos de produção agropecuária em Arroio do Meio, obtidos a partir da avaliação por múltiplos critérios, foram reclassificados para classes temáticas de aptidão em intervalos iguais. Os resultados estão apresentados na Figura 11 e Tabela 3.

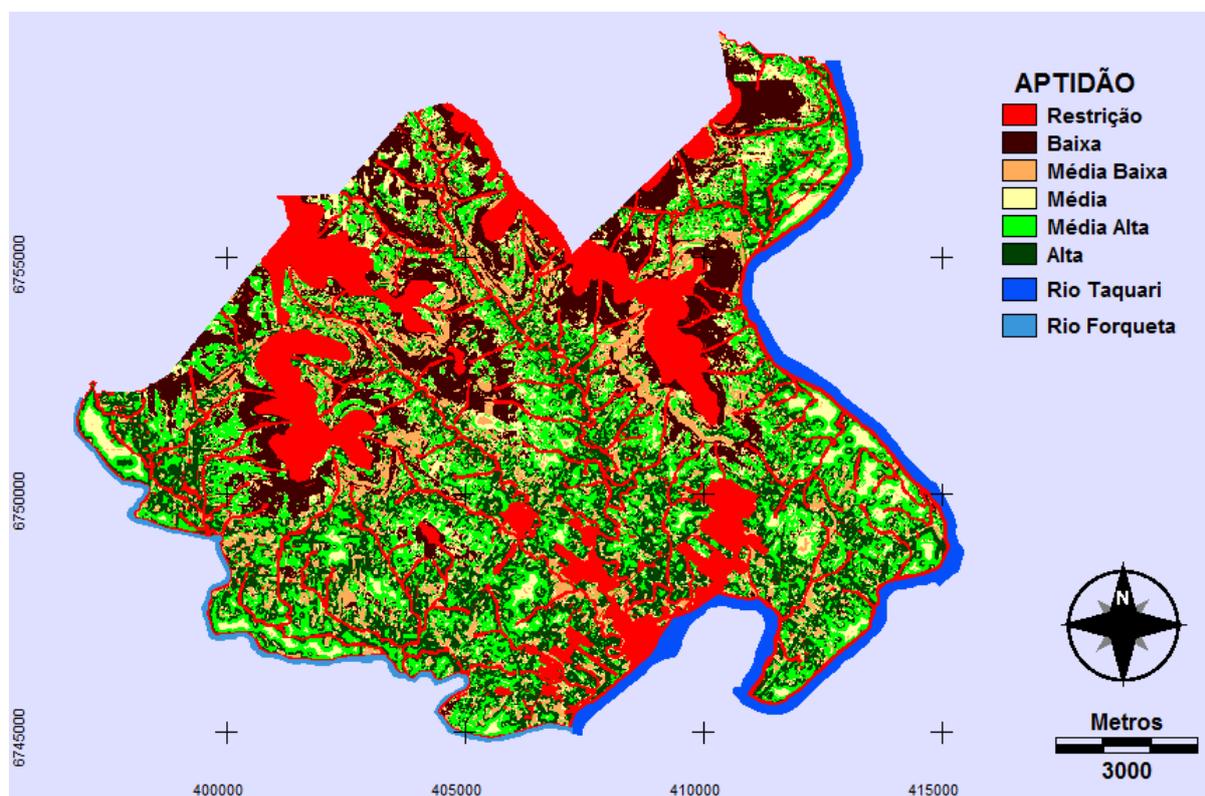


Figura 11. Mapa com as classes de aptidão para a promoção de Sistemas Orgânicos de Produção Agropecuária no município de Arroio do Meio.

Tabela 3. Classes de aptidão para a promoção dos SOPAs em Arroio do Meio.

Aptidão	Valores	Área Total (km ²)	%
Sem Aptidão	-	42,41	27,51
Baixa	1 -51	22,64	14,69
Média Baixa	51 - 102	15,66	10,16
Média	102 - 153	13,12	8,51
Média Alta	153 - 204	32,03	20,78
Alta	204 - 255	28,28	18,35
Total	-	154,14	100,00

Conforme pode ser observado na Tabela 3 e nas Figuras 10 e 11, a área de estudo apresenta cerca de 40% do seu território apresentando características de média alta a alta aptidão para a promoção de sistemas orgânicos de produção agropecuária. Essas áreas mais aptas são indicadas para o plantio de culturas orgânicas temporárias e permanentes. As áreas com aptidão média a baixa, que representam 33,36% da área do município, são indicadas somente para a implantação de sistemas agroflorestais consorciados com a vegetação nativa e

atividades como a apicultura. As áreas que apresentam restrições absolutas representam 27,51% da área e não são indicadas para o desenvolvimento de qualquer atividade antrópica.

4. Conclusões

As áreas que foram classificadas como apresentando maior aptidão são as áreas prioritárias para que ocorra a promoção de novas áreas de produção de alimentos orgânicos no município de Arroio do Meio e representam 18,38% do município. Uma vez que estão consideradas variáveis ambientais, econômicas e sociais na avaliação de apoio à decisão, os resultados apontam para as melhores áreas para a transição efetiva de áreas que atualmente apresentam usos agropecuários tradicionais para sistemas de produção orgânicos.

Agradecimentos

Agradecemos à FAPERGS - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul pelo auxílio financeiro disponibilizado através dos Editais de Auxílio PROCOREDES e RECÉM DOUTOR. Também agradecemos ao Centro Universitário UNIVATES pela disponibilização dos espaços e a viabilização de horas de pesquisa aos pesquisadores autores.

Referências Bibliográficas

Altieri, M. A. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1998.

Altieri, M., Masera, O. Desenvolvimento rural sustentável na América Latina: construindo de baixo para cima. *In: Almeida, J., Navarro, Z. (Coord.). Reconstruindo a agricultura: ideias e ideais na perspectiva do desenvolvimento rural sustentável*. Porto Alegre: Editora UFRGS, 1998.

Barredo, J. I. **Sistemas de Información Geográfica y evaluación multicritério en la ordenación del territorio**. Madrid:RA-MA, 1996.

Batty, M. Apresentação. *In: Geoinformação em urbanismo: cidade real X cidade virtual*. Almeida, C. M. de; Câmara, G.; Monteiro, A. M. V. (Org.). São Paulo: Oficina de Textos, 2007, p. 5-10.

Binder, F. V. **Sistemas de Apoio à Decisão**. São Paulo: Érica, 1994.

Brasil. **Lei Federal 4.771**, de 15 de setembro de 1965. Novo Código Florestal. D.O.U. 16/09/1965.

Domingues, C. V.; Françoso, M. T. Aplicação de geoprocessamento no processo de modernização da gestão municipal. **Revista Brasileira de Cartografia**. nº. 60/01, p. 71-78, abril, 2008.

FAO. **Ensenanzas de la revolucion verde: hacia una nueva revolucion verde**. Roma : FAO, 1995a. 19p. Texto provisional.

Fitz, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008, 160 p.

Fitz, P. R. **Geração de múltiplos critérios para apoio à decisão em dados geoprocessados. Um estudo de caso: a microbacia hidrográfica de Inhandava, em Maximiliana de Almeida, RS**. 2005. 197 p. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Porto Alegre, 2005.

Montibeller Neto, G. **Mapas cognitivos: uma ferramenta de apoio à estruturação de problemas**. 1996. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1996.

Santos, R. F. dos. **Planejamento Ambiental** - teoria e prática. São Paulo: Oficina de Textos, 2004, 184 p.

Silva, A. B. **Sistemas de Informações Geo-referenciadas: conceitos e fundamentos**. Campinas: Unicamp, 1999. 236 p. (Coleção Livro-Texto).