



MODELAGEM PARA AVALIAÇÃO DE LOCAIS ADEQUADOS PARA A INSTALAÇÃO DE USINAS FOTOVOLTAICAS

Autores: Graciele Rediske; Julio Cezar Mairesse Siluk; Gilberto Cugler



Mapa da apresentação da pesquisa

1. Introdução

**2. Referencial
Teórico**

3. Metodologia

**4. Resultados e
Discussão**

Identificação das Alternativas

Definição dos Fatores
Determinantes

Ponderação dos Fatores
Determinantes

Avaliação e Classificação das
Alternativas

5. Conclusões

Considerações Finais

Limitações da Pesquisa

Trabalhos Futuros

Conclusão

1. Introdução

- A energia solar tem um papel fundamental na evolução da participação de fontes alternativas na matriz energética;
- Desde 2004 a ANEEL está responsável pela regularização e realização dos leilões de energia;
- Alguns pontos cruciais devem ser observados no momento de implementar ou adquirir novos projetos;
- O local em que é desenvolvido e instalado a usina solar é um dos fatores determinantes para a viabilização e atratividade do empreendimento;

1.1 Problema de pesquisa

Como identificar onde estão os locais mais adequados para construir usinas com geração de energia solar em larga escala?

1.2 Objetivo Geral

Propor uma modelagem para indicar a melhor localização para implantação de projetos de energia fotovoltaica de larga escala.

1.2.1 Objetivos Específicos

- Descrever o cenário da energia fotovoltaica no Brasil, dando ênfase a geração centralizada;
- Identificar os fatores restritivos que permitem reduzir a área de estudo descartando os locais que impedem a implantação de plantas de energia renovável;
- Identificar os fatores que mais influenciam a capacidade de escolha de um local adequado;
- Ponderar os fatores determinantes identificados conforme sua importância na tomada de decisão;
- Testar a modelagem proposta revelando as potenciais áreas para instalação de uma planta solar de larga escala.

1.3 Justificativa e Importância

- Exploração de fontes de energia renovável para atender a crescente demanda por energia elétrica;
- Uma fonte de energia classificada como limpa utilizada por muitos países é a hidráulica;
- Grande parte da energia elétrica gerada no Brasil é produzida por usinas hidrelétricas;
- Expansão da capacidade instalada de outras fontes renováveis de energia;

1.3 Justificativa e Importância

- A energia solar é a que mais cresce a nível mundial;
- Embora o Brasil se encontre entre os países que apresentam os maiores índices de irradiação do mundo, sua capacidade instalada não apresenta grande relevância para a matriz energética nacional;
- Potencial estimado solar é significativamente reduzido quando fatores econômicos, sociais e ambientais para a implantação de sistemas de energia solar são considerados (SINDHU; NEHRA; LUTHRA, 2017).

Mapa da apresentação da pesquisa

1. Introdução

2. Referencial
Teórico

3. Metodologia

4. Resultados e
Discussão

Identificação das Alternativas

Definição dos Fatores
Determinantes

Ponderação dos Fatores
Determinantes

Avaliação e Classificação das
Alternativas

5. Conclusões

Considerações Finais

Limitações da Pesquisa

Trabalhos Futuros

Conclusão

2.1 Energia Fotovoltaica

- ✓ Estima-se que a capacidade instalada de geração solar chegue a 8.300 MW em 2024 (EPE, 2015);
 - Geração Centralizada = 7.000 MW;
 - Geração Distribuída = 1.300 MW.

- ✓ Vantagens do Brasil;

2.2 Sistema de Informação Geográfica

- Software que organiza os dados geográficos;
- Amplamente aplicada na detecção e avaliação de localização (XIAO et al., 2013);
- gvSIG
 - Desenvolvido pelo Ministério das Infra-Estruturas e Transportes de Valência em 2004;
 - Código aberto;
 - Dados de tipo vetorial e raster;

2.3 Métodos Multicritérios de Apoio a Decisão

- Auxílio no processo decisório;
- A tomada de decisões multicritério envolve um processo de estágio múltiplo de:
 - Definição de objetivos;
 - Escolha dos fatores para medir o objetivo;
 - Definição das alternativas;
 - Atribuição de pesos aos fatores;
 - Aplicação do algoritmo matemático apropriado para classificar alternativas.

- AHP (Analytic Hierarchy Process):
 - Comparações pareadas para obter os pesos de importância dos critérios de decisão.

- TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution):
 - Avalia o desempenho de alternativas através de similaridade com a solução ideal.

2.4 Fatores Determinantes

- Revisão Sistemática
- 28 fatores relevantes
- **Fatores Determinantes**
 - Uso da Terra
 - ~~Distância das Linhas de Transmissão~~
 - Distância das Estradas Principais
 - Distância das Áreas Urbanas
 - Irradiação Solar
 - Declividade

2.4 Fatores Determinantes

- Revisão Sistemática
- 28 fatores relevantes
- **Fatores Determinantes**
 - ➡ Capacidade Agrológica
 - Uso da Terra
 - ➡ Distância das Subestações com Capacidade
 - Distância das Estradas Principais
 - Distância das Áreas Urbanas
 - Irradiação Solar
 - Declividade

Mapa da apresentação da pesquisa

1. Introdução

2. Referencial
Teórico

3. Metodologia

4. Resultados e
Discussão

Identificação das Alternativas

Definição dos Fatores
Determinantes

Ponderação dos Fatores
Determinantes

Avaliação e Classificação das
Alternativas

5. Conclusões

Considerações Finais

Limitações da Pesquisa

Trabalhos Futuros

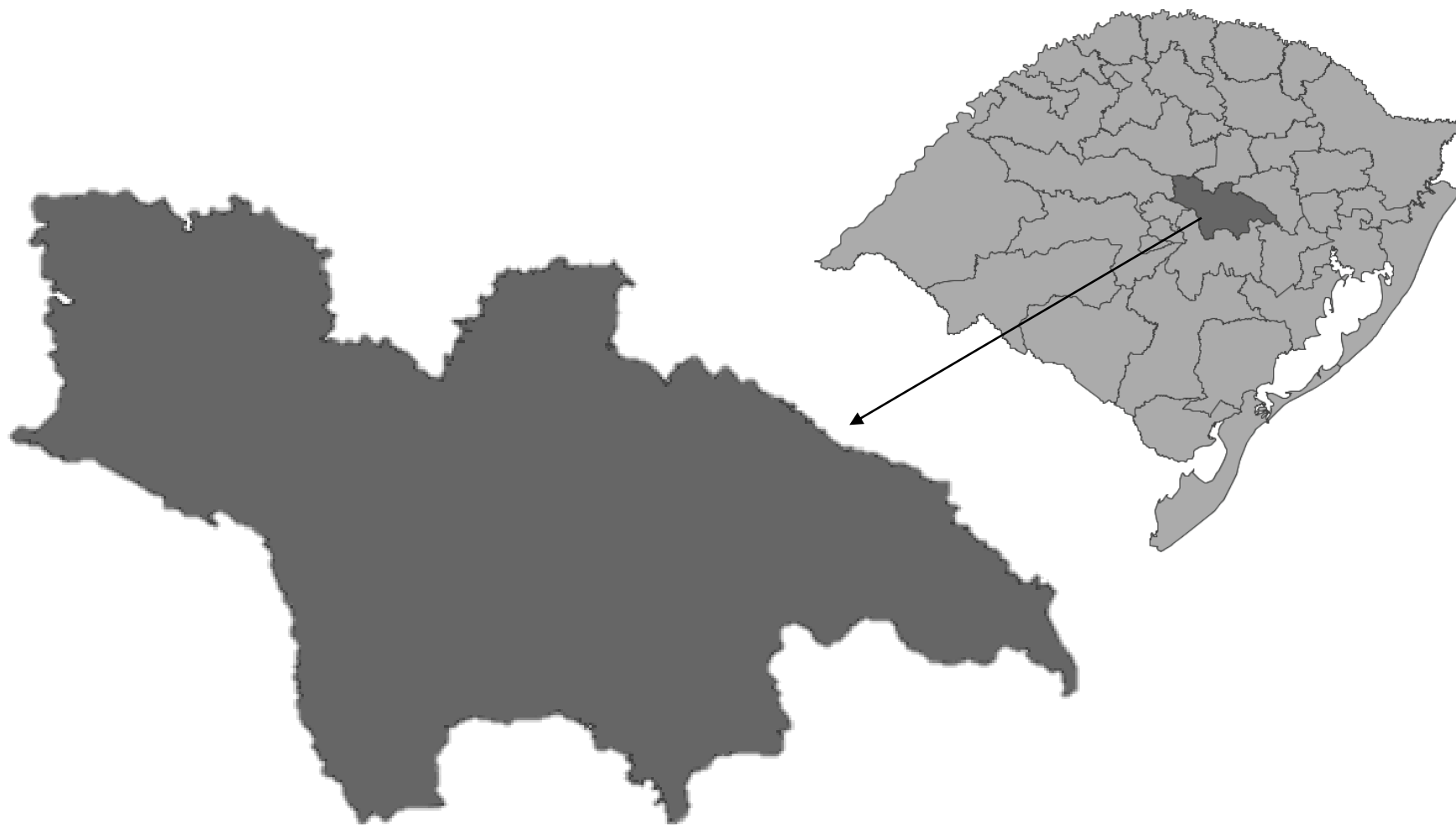
Conclusão

3.1 Cenário

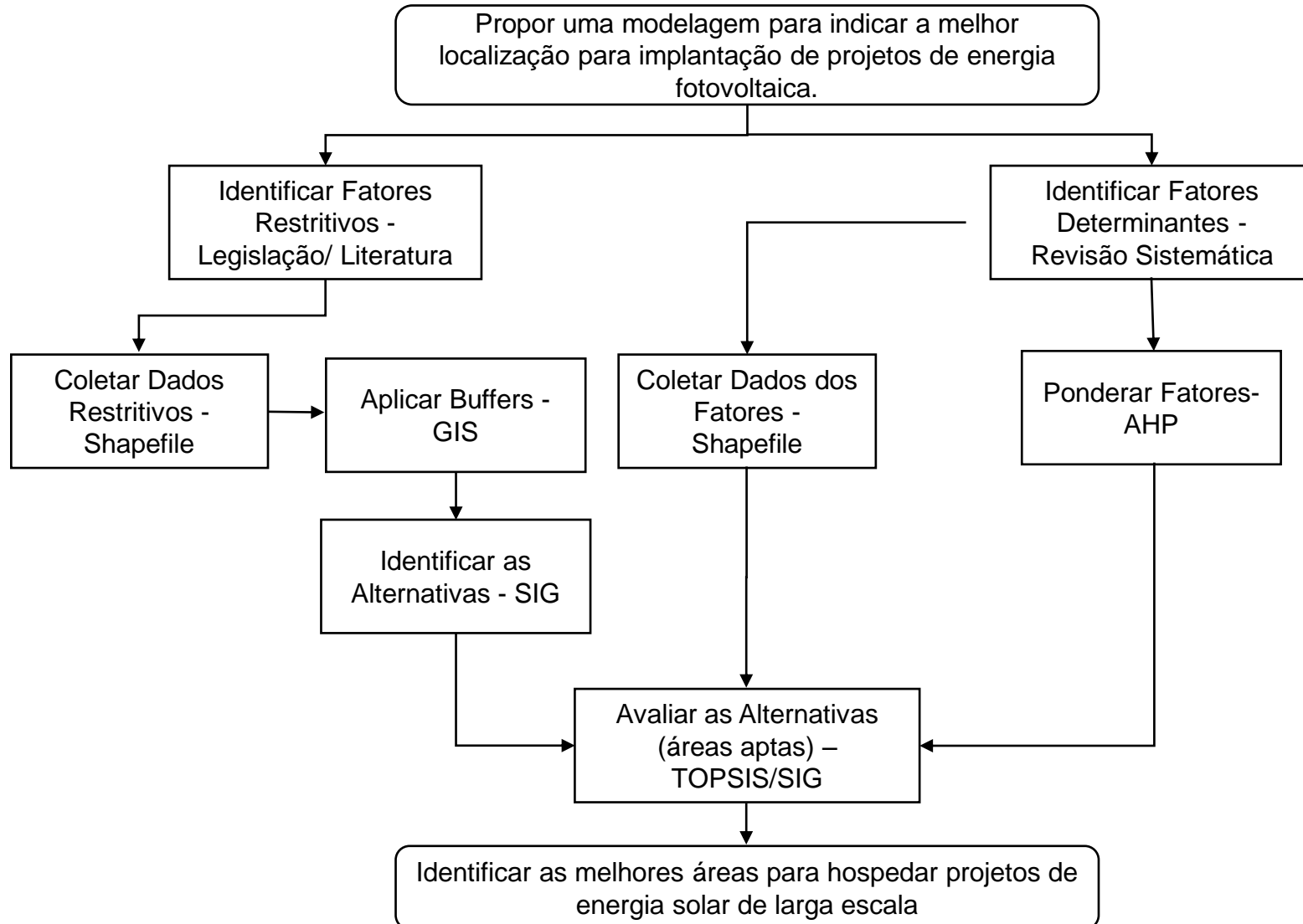
- Modelagem proposta:
 - Brasil

- Aplicação do estudo:
 - Microrregião de Santa Cruz do Sul
 - 16 municípios;
 - 5.564 km²

3.1 Cenário



3.2 Procedimentos Metodológicos



Mapa da apresentação da pesquisa

1. Introdução

2. Referencial
Teórico

3. Metodologia

4. Resultados e
Discussão

Identificação das Alternativas

Definição dos Fatores
Determinantes

Ponderação dos Fatores
Determinantes

Avaliação e Classificação das
Alternativas

5. Conclusões

Considerações Finais

Limitações da Pesquisa

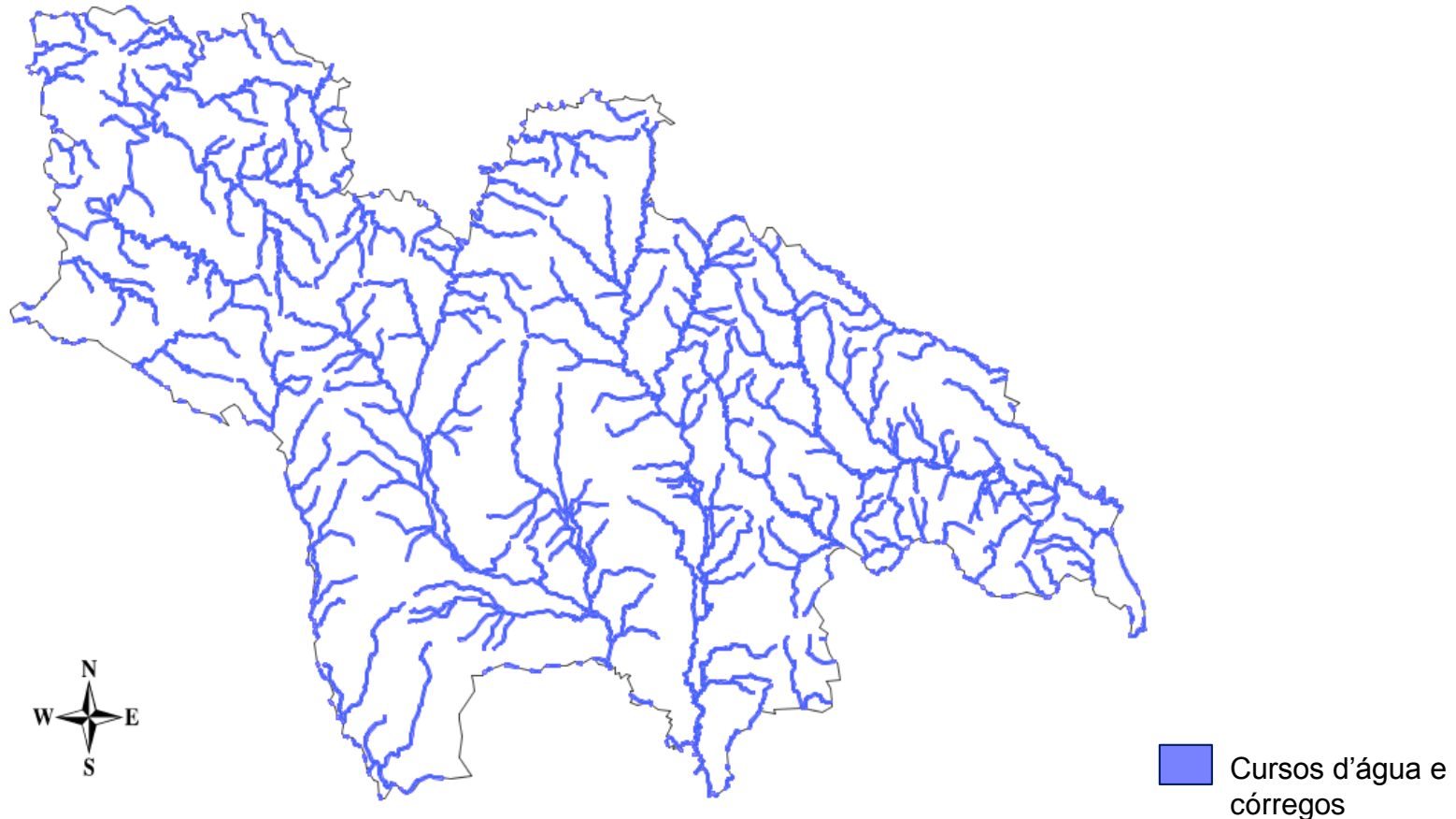
Trabalhos Futuros

Conclusão

4.1 Identificação das Alternativas

Camadas	Provedor
Cursos d'água e córregos	Fundação Estadual de Proteção Ambiental – FEPAM
Redes Viárias	
Ferrovias	
Terras Urbanas	
Terras Protegidas	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM
Áreas com inclinação >5° (Declividade)	Laboratório de Geoprocessamento do Centro de Ecologia - UFRGS

4.1 Identificação das Alternativas



Cursos d'água e córregos– 200 metros

4.1 Identificação das Alternativas



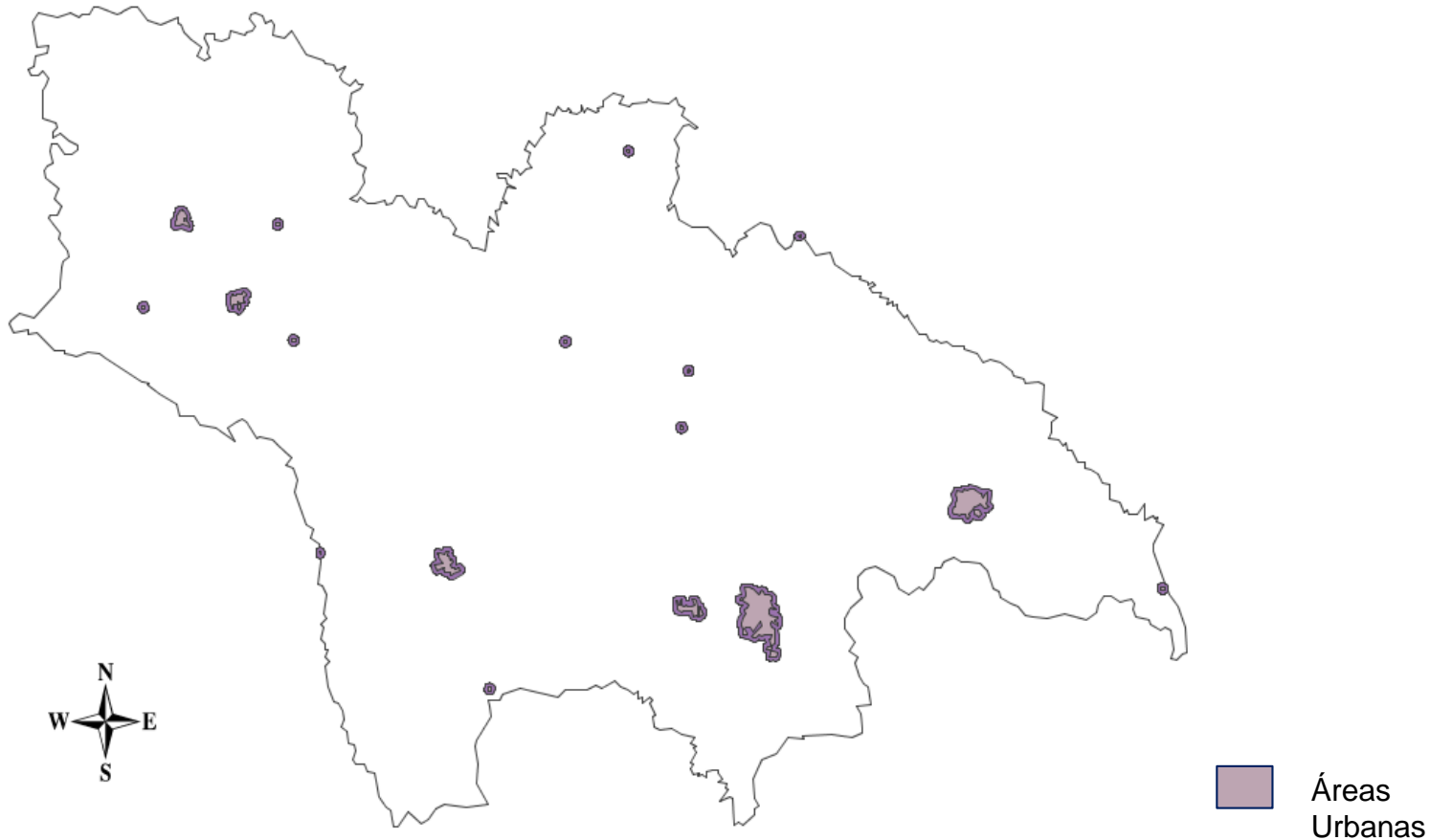
Rodovias – 100 metros

4.1 Identificação das Alternativas



Ferrovias – 15 metros

4.1 Identificação das Alternativas



Áreas Urbanas— 500 metros

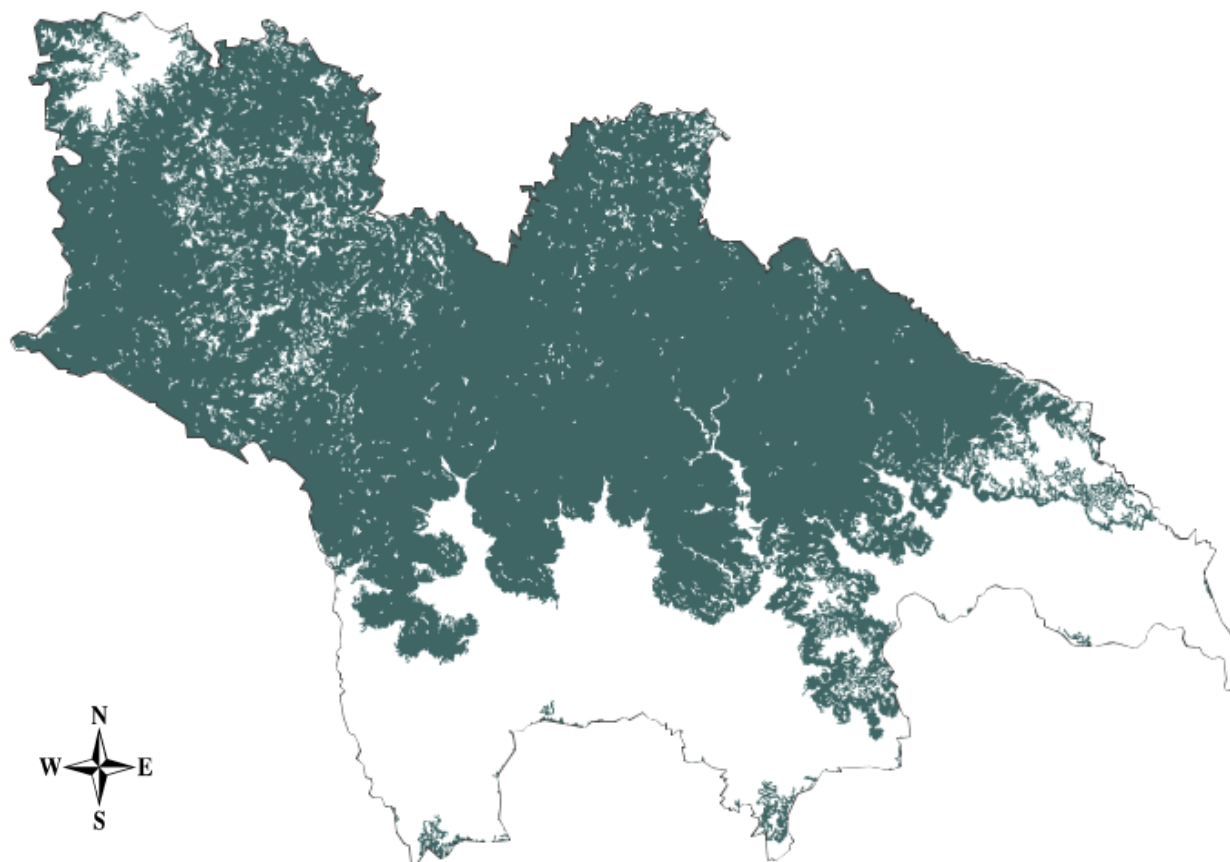
4.1 Identificação das Alternativas



■ Áreas Protegidas

Áreas de Proteção – 500 metros

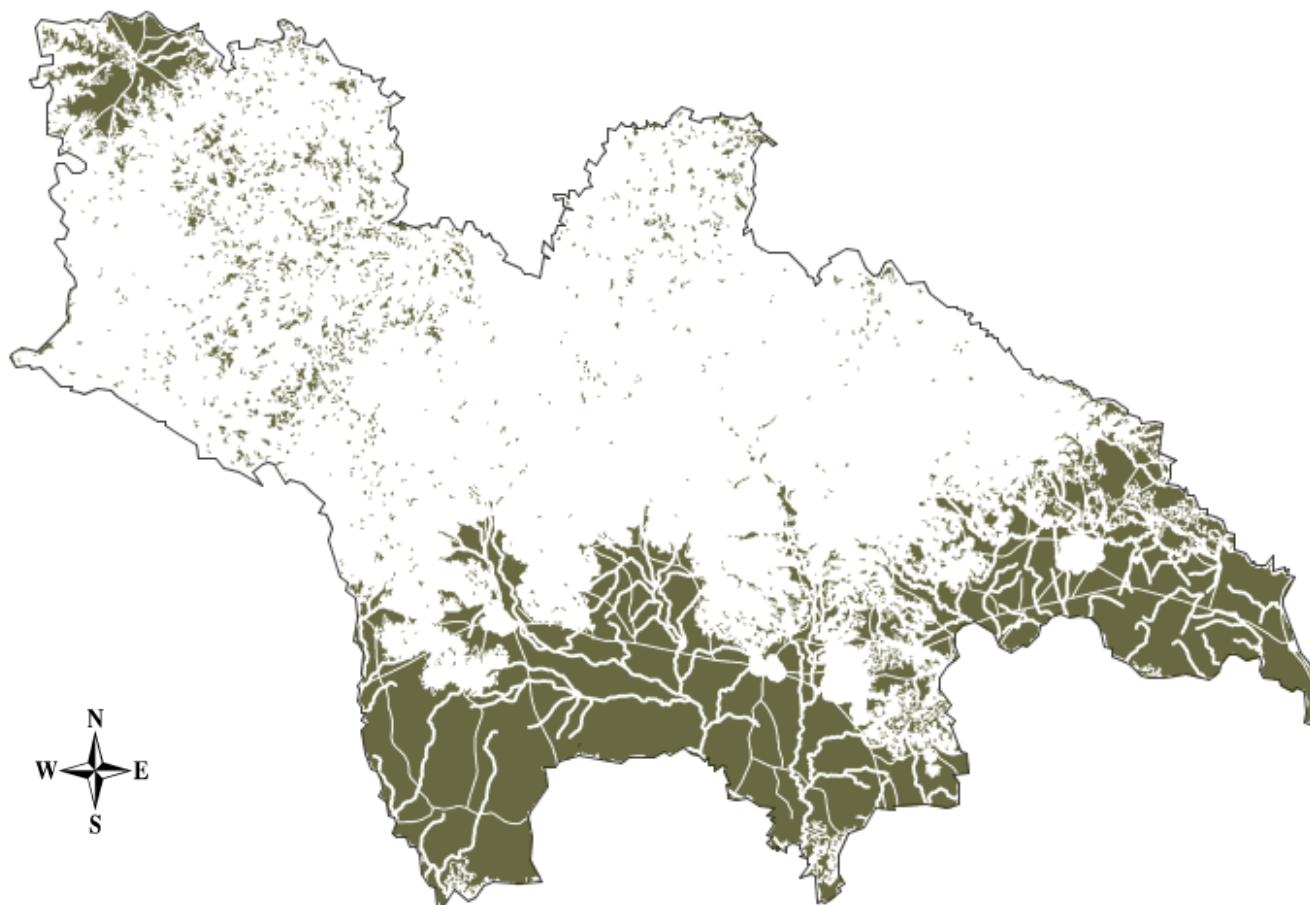
4.1 Identificação das Alternativas



■ Declive > 5°

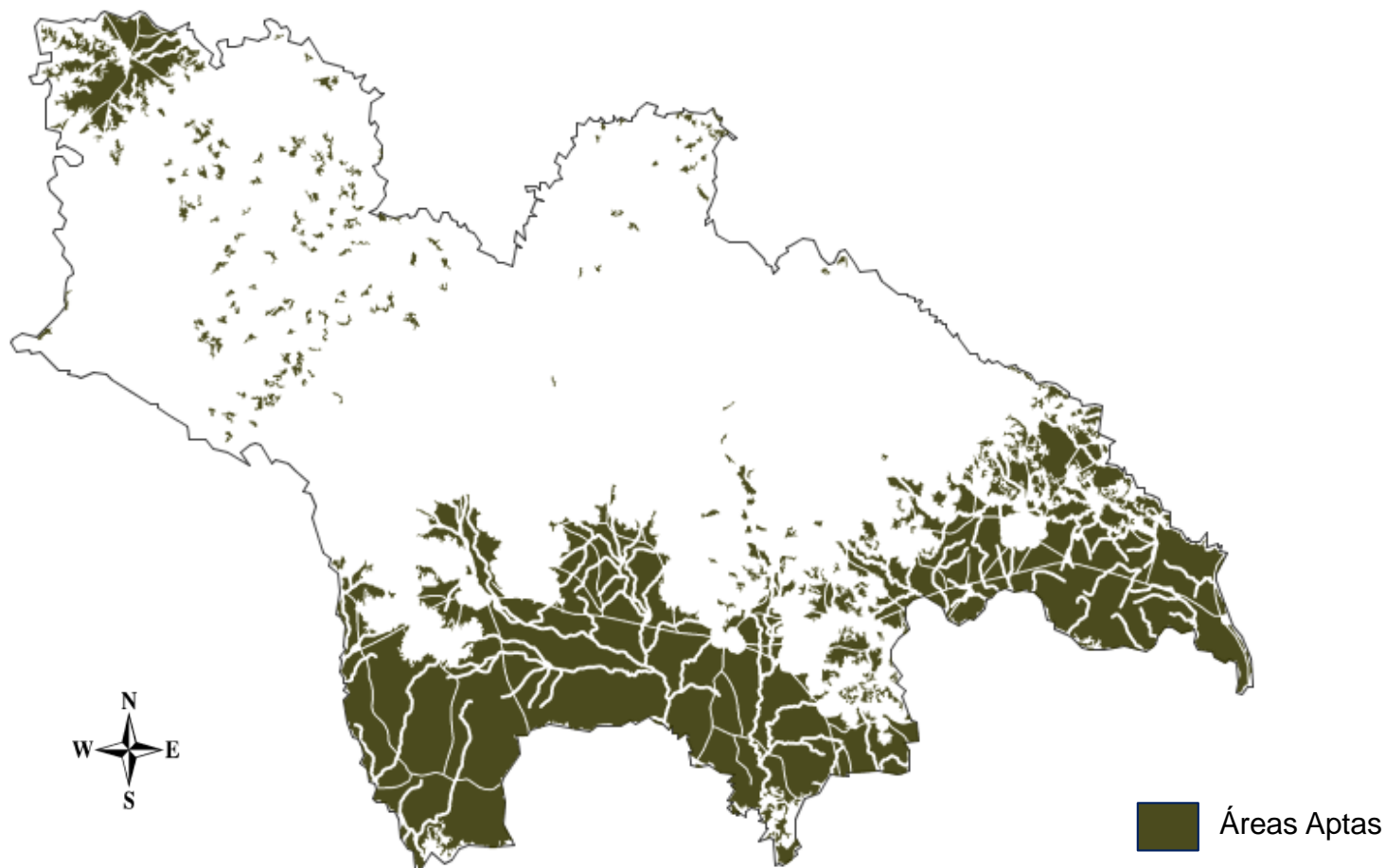
Declive – maior 5°

4.1 Identificação das Alternativas



Exclusão Fatores Restritivos e Buffers

4.1 Identificação das Alternativas



Áreas Aptas – 453 Alternativas

Mapa da apresentação da pesquisa

1. Introdução

2. Referencial
Teórico

3. Metodologia

4. Resultados e
Discussão

Identificação das Alternativas

**Definição dos Fatores
Determinantes**

Ponderação dos Fatores
Determinantes

Avaliação e Classificação das
Alternativas

5. Conclusões

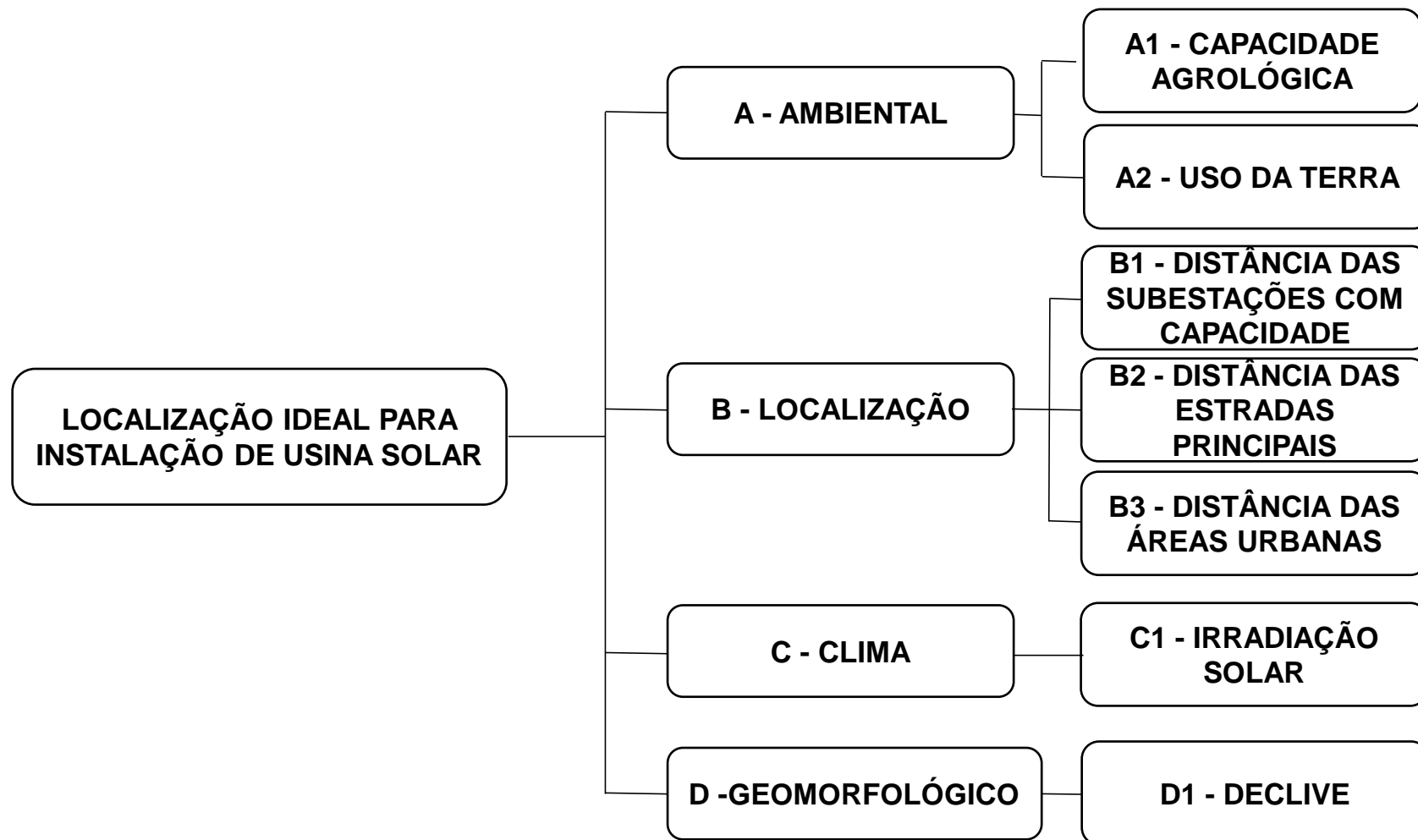
Considerações Finais

Limitações da Pesquisa

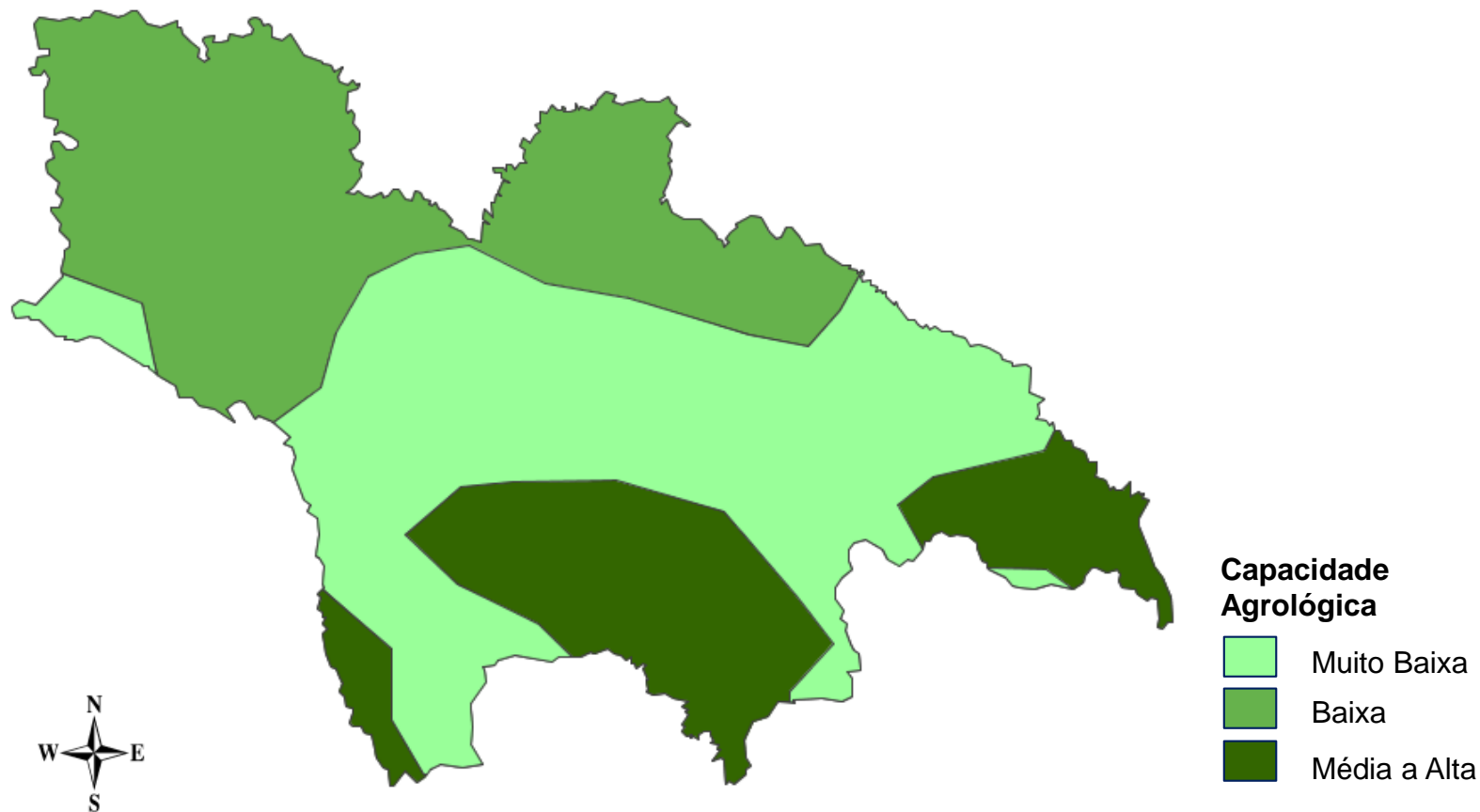
Trabalhos Futuros

Conclusão

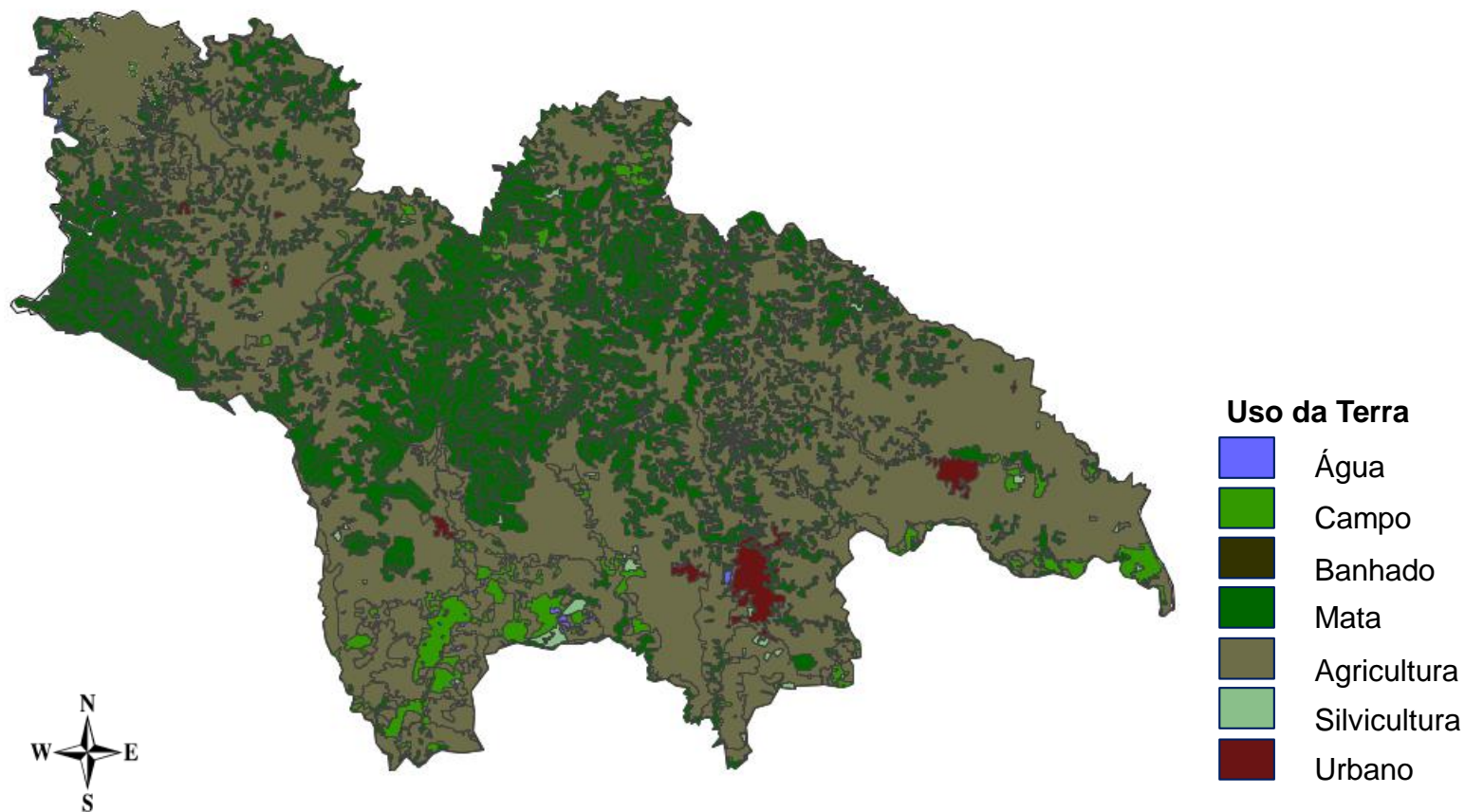
4.2 Definição dos Fatores Determinantes



4.2 Definição dos Fatores Determinantes



4.2 Definição dos Fatores Determinantes



4.2 Definição dos Fatores Determinantes



4.2 Definição dos Fatores Determinantes

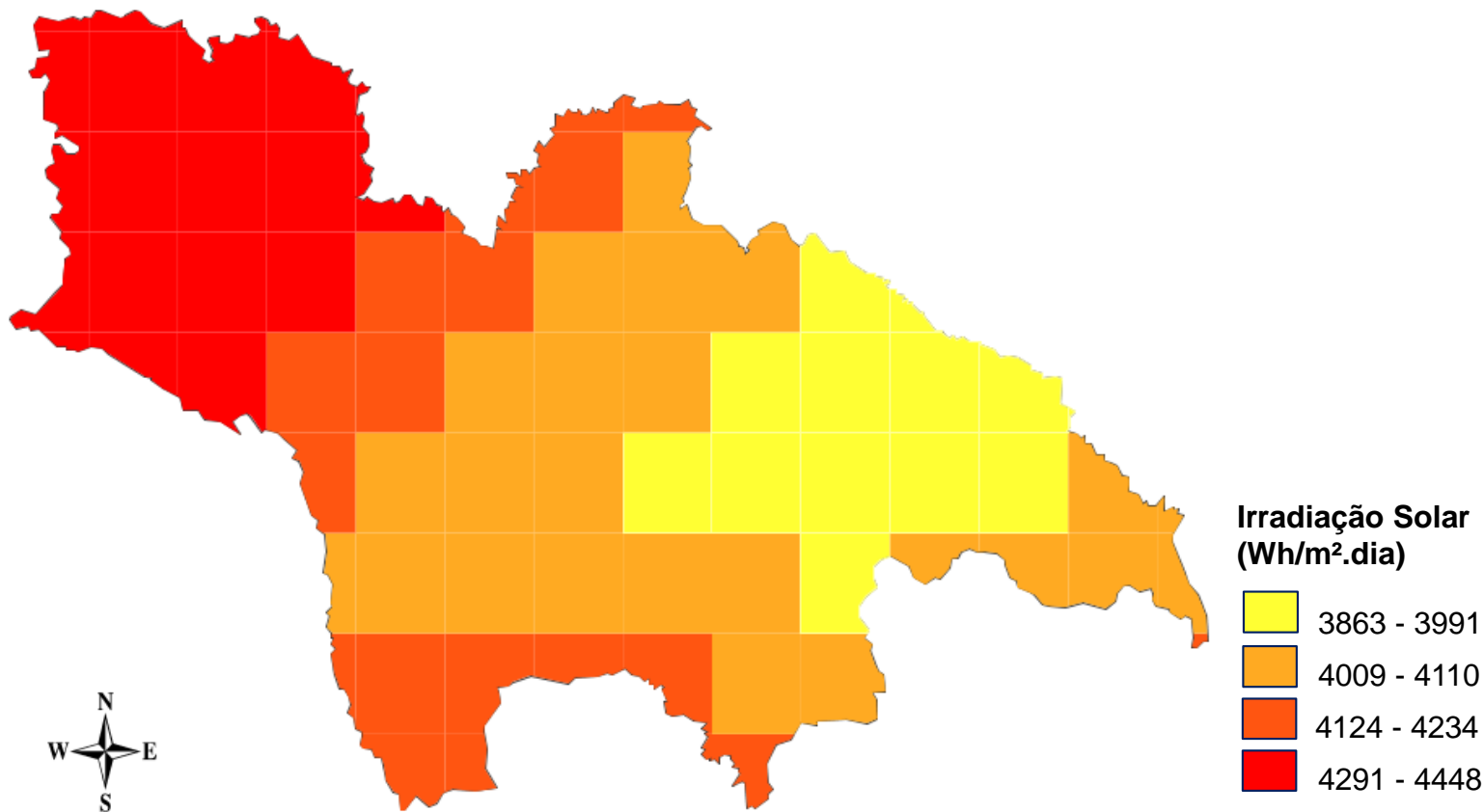


 Estradas
Principais

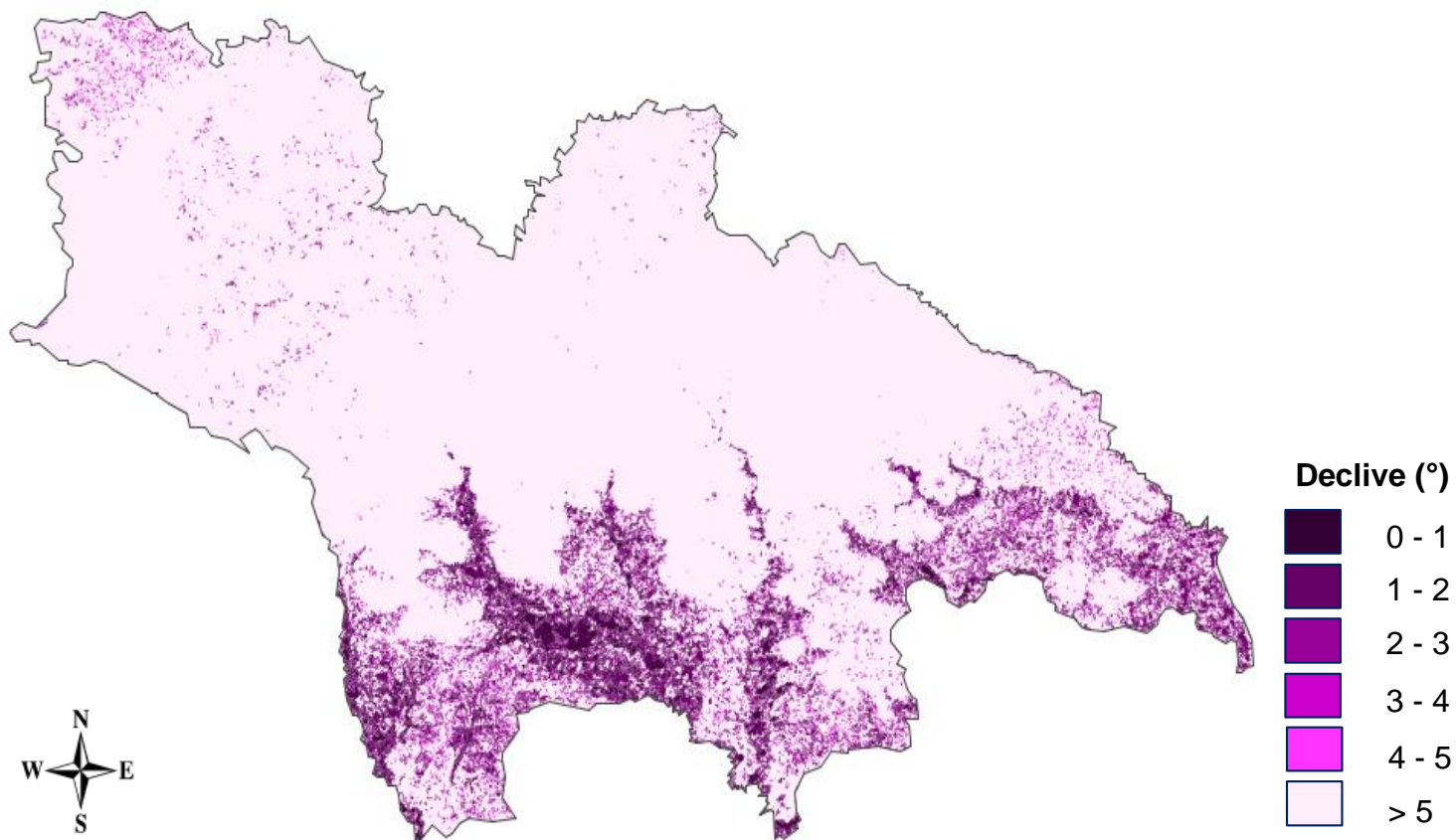
4.2 Definição dos Fatores Determinantes



4.2 Definição dos Fatores Determinantes



4.2 Definição dos Fatores Determinantes



Mapa da apresentação da pesquisa

1. Introdução

2. Referencial
Teórico

3. Metodologia

4. Resultados e
Discussão

Identificação das Alternativas

Definição dos Fatores
Determinantes

**Ponderação dos Fatores
Determinantes**

Avaliação e Classificação das
Alternativas

5. Conclusões

Considerações Finais

Limitações da Pesquisa

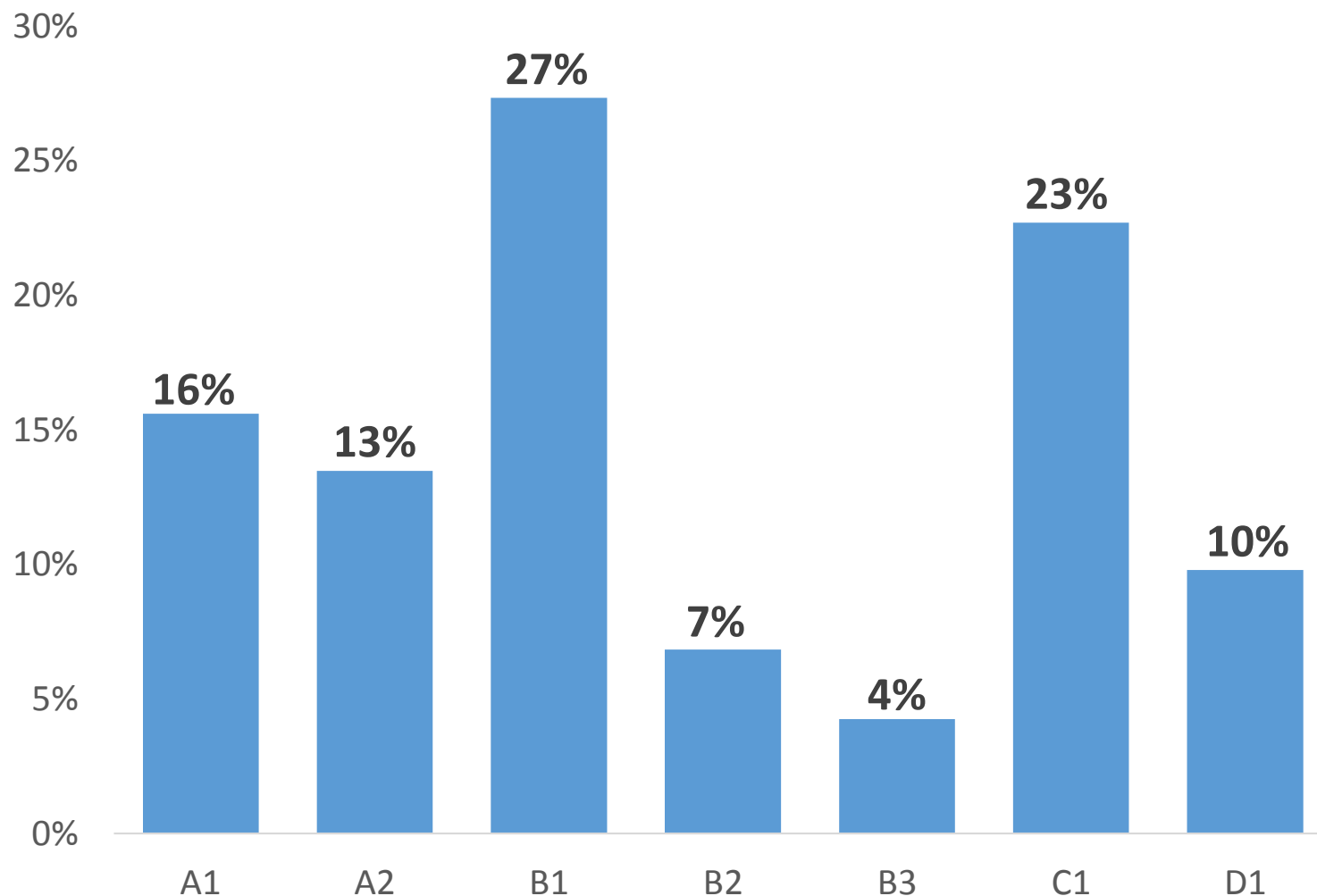
Trabalhos Futuros

Conclusão

4.3 Ponderação dos Fatores Determinantes

Ponto de Vista	Peso	Fator Determinante	Peso
Ambiental (A)	29%	Capacidade Agrológica (A1)	16%
		Uso da Terra (A2)	13%
		Distância das Subestações (B1)	27%
Localização (B)	38%	Distância das Estradas (B2)	7%
		Distância das Áreas Urbanas (B3)	4%
Clima (C)	23%	Irradiação Solar (C1)	23%
Geomorfológico (D)	10%	Declive (D1)	10%

4.3 Ponderação dos Fatores Determinantes



Mapa da apresentação da pesquisa

1. Introdução

2. Referencial
Teórico

3. Metodologia

4. Resultados e
Discussão

Identificação das Alternativas

Definição dos Fatores
Determinantes

Ponderação dos Fatores
Determinantes

Avaliação e Classificação das
Alternativas

5. Conclusões

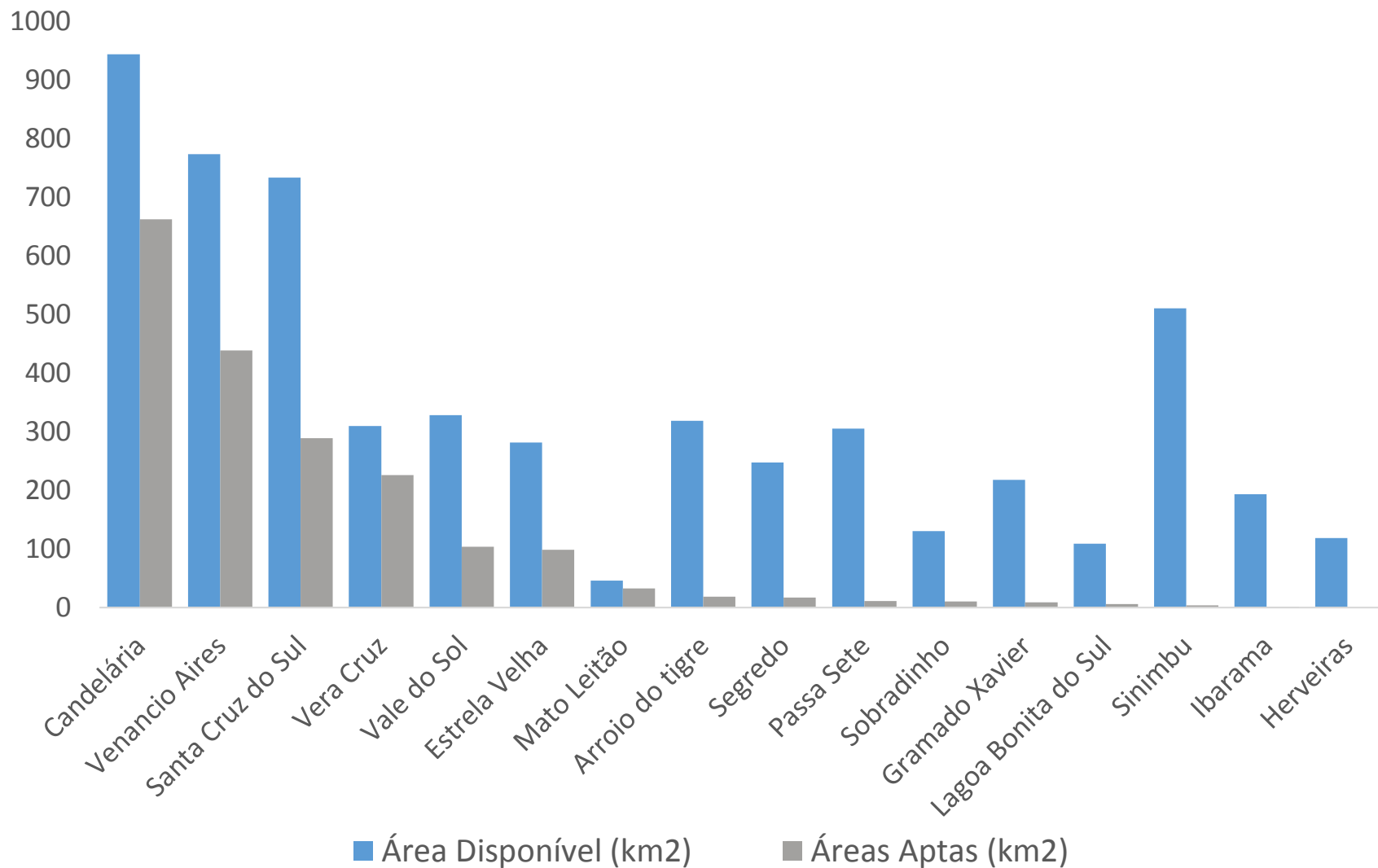
Considerações Finais

Limitações da Pesquisa

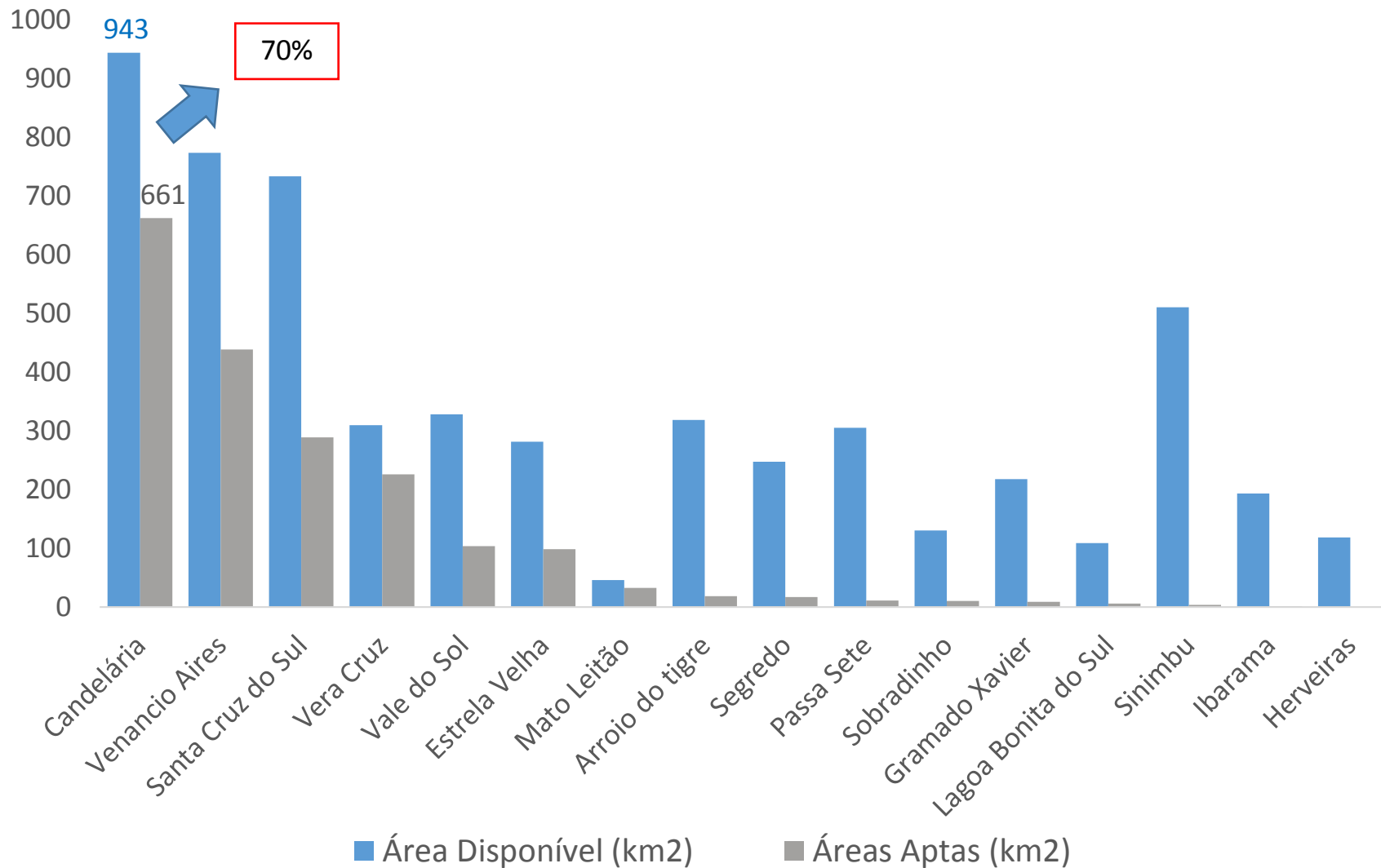
Trabalhos Futuros

Conclusão

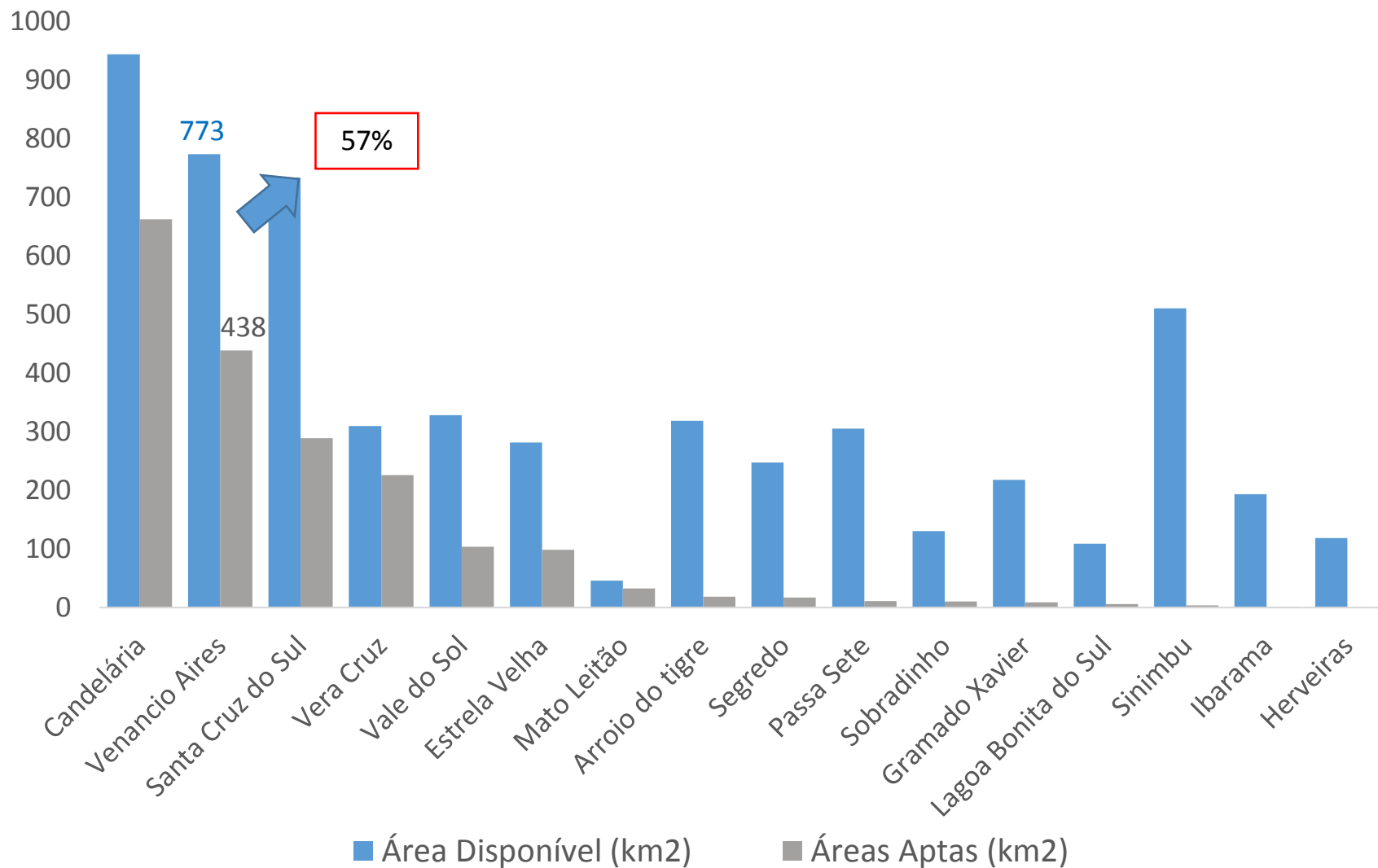
4. 4 Avaliação e Classificação das Alternativas



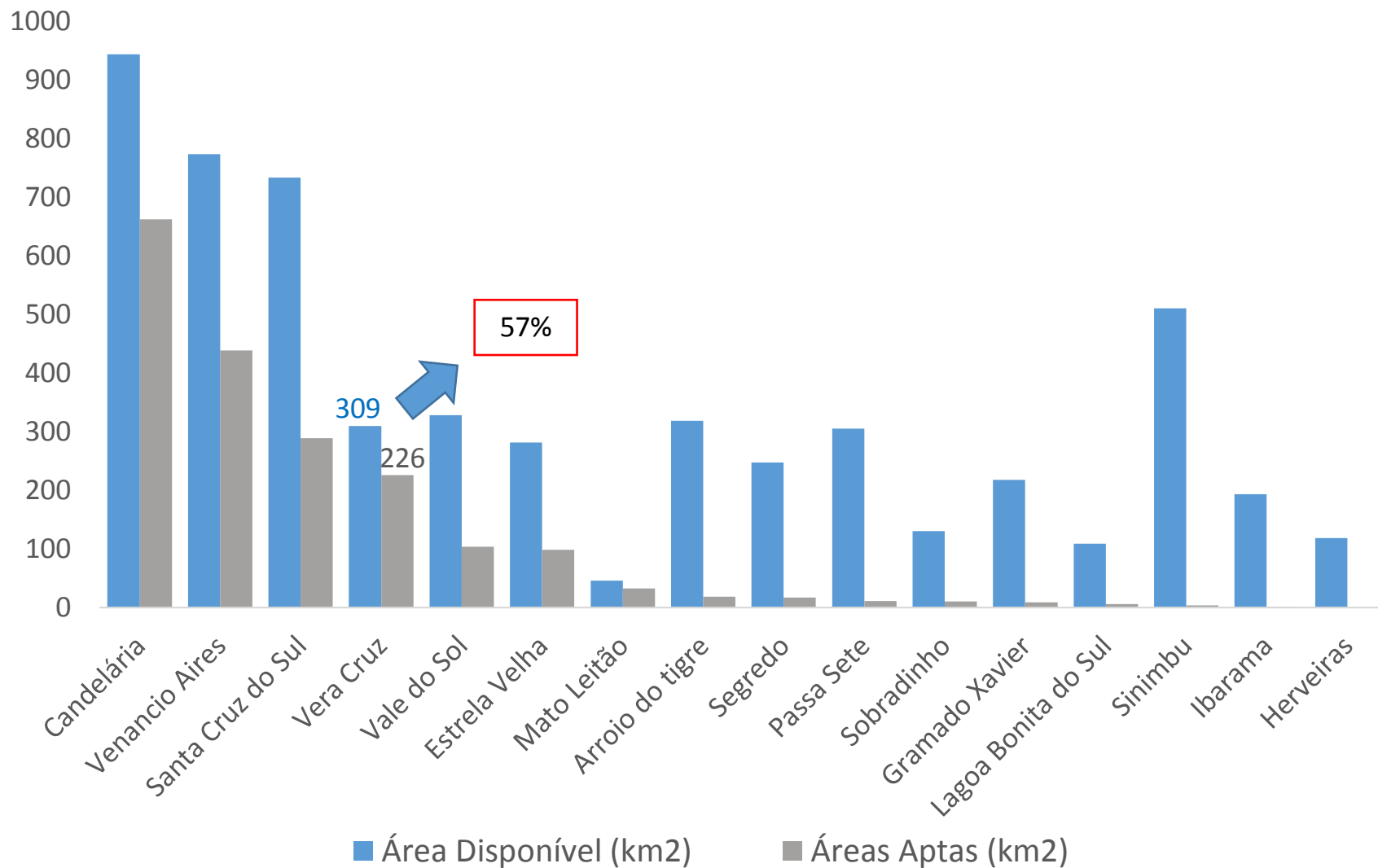
4. 4 Avaliação e Classificação das Alternativas



4. 4 Avaliação e Classificação das Alternativas



4. 4 Avaliação e Classificação das Alternativas



4. 4 Avaliação e Classificação das Alternativas

gvSIG 2.4.0.2850 final : Sem título

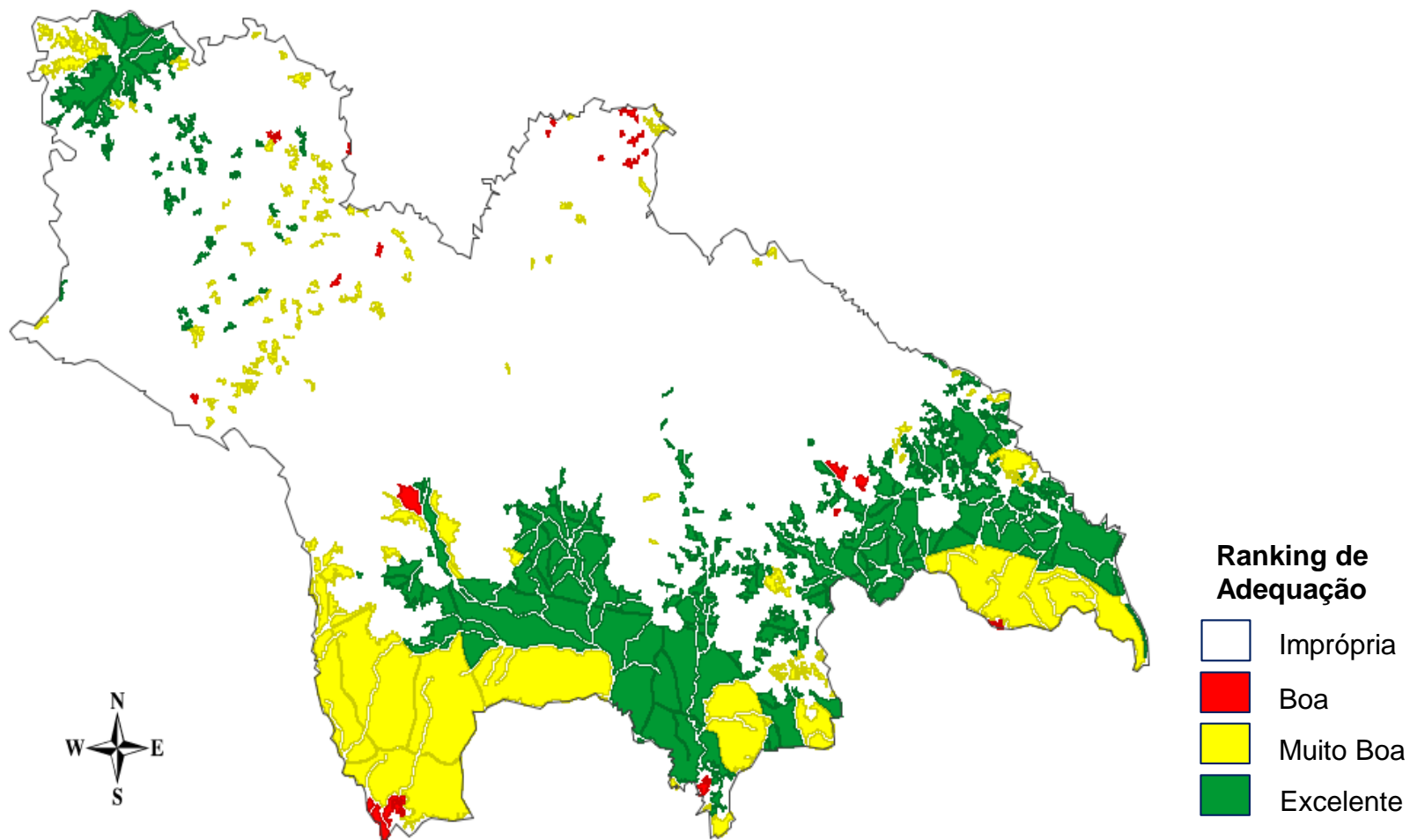
Arquivo Editar Seleção Exibir Tabela Vista Mapa Ferramentas Janela Ajuda

Tabela de atributos: Resultado

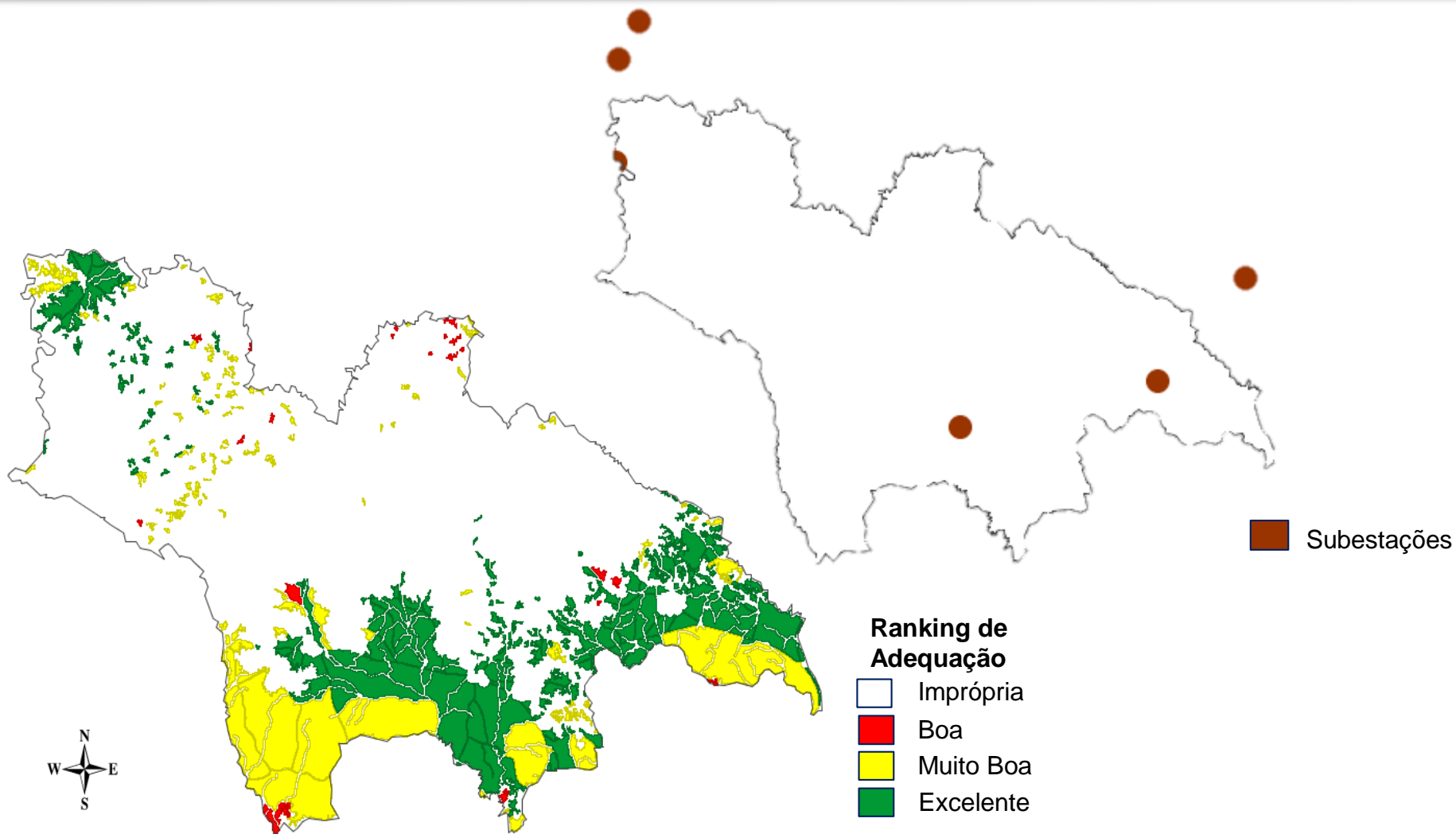
ID	Decive-Pr	AREA	Dist_Sub	Dist_Est	Dist_Urb	Cap_Agro	Irradiac	Decive	Uso_Solo	Norm.Sub	Norm.Est	Norm.Urb	Norm.Cap	
1	3	1,0000000...	7.837.500...	13.312,91...	1.092,162...	7.611,450...	4,0000000...	4.409,000...	7,288263...	6,000000...	0,0012950...	0,001170...	0,0021170...	0,0023410...
2	13.275	1,0000000...	525.000,0...	11.482,23...	414,0833...	7.477,177...	5,0000000...	3.926,000...	8,121714...	6,000000...	0,0011170...	0,000444...	0,0020800...	0,0029260...
3	16.285	1,0000000...	1.452.500...	13.886,87...	1.281,287...	3.641,166...	2,0000000...	4.020,000...	1,229435...	5,815415...	0,0013510...	0,001373...	0,0010130...	0,0011700...
4	13.277	1,0000000...	2.522.500...	18.305,12...	651,4240...	4.567,702...	5,0000000...	3.988,000...	2,059784...	6,000000...	0,0017800...	0,000698...	0,0012700...	0,0029260...
5	7	1,0000000...	4.022.500...	14.898,59...	1.073,064...	8.927,622...	4,0000000...	4.409,000...	8,740000...	6,000000...	0,0014490...	0,001150...	0,0024830...	0,0023410...
6	10.140	1,0000000...	432.500,0...	19.926,35...	345,3643...	12.213,19...	5,0000000...	3.863,000...	8,740000...	6,000000...	0,0019380...	0,000370...	0,0033970...	0,0029260...
7	9	1,0000000...	2.257.500...	11.935,23...	531,7651...	6.630,997...	4,0000000...	4.409,000...	6,283232...	6,000000...	0,0011610...	0,000570...	0,0018440...	0,0023410...
8	8.105	1,0000000...	1.332.500...	47.804,41...	1.094,003...	12.893,10...	5,0000000...	4.232,000...	8,740000...	6,000000...	0,0046500...	0,001172...	0,0035860...	0,0029260...
9	16.312	1,0000000...	1.370.000...	13.381,77...	915,1682...	11.062,51...	2,0000000...	4.081,000...	5,089538...	6,000000...	0,0013020...	0,000980...	0,0030770...	0,0011700...
10	13.300	1,0000000...	1.945.000...	7.870,846...	2.924,418...	4.577,480...	5,0000000...	3.926,000...	7,206255...	6,000000...	0,0007660...	0,003133...	0,0012730...	0,0029260...
11	16.327	1,0000000...	550.000,0...	8.592,846...	2.764,222...	5.433,707...	2,0000000...	4.020,000...	7,357824...	6,000000...	0,0008360...	0,002961...	0,0015110...	0,0011700...
12	8.217	1,0000000...	622.500,0...	30.520,97...	795,2465...	2.515,327...	4,0000000...	4.354,000...	4,946914...	6,000000...	0,0029690...	0,000852...	0,0007000...	0,0023410...
13	16.335	1,0000000...	592.500,0...	22.392,81...	1.855,745...	7.566,237...	5,0000000...	3.987,000...	8,740000...	6,000000...	0,0021780...	0,001988...	0,0021040...	0,0029260...
14	16.338	1,0000000...	3.025.000...	9.438,291...	1.137,292...	6.334,084...	2,0000000...	4.010,000...	4,435635...	6,000000...	0,0009180...	0,001218...	0,0017620...	0,0011700...
15	16.410	1,0000000...	4.705.000...	20.567,68...	4.495,470...	4.951,431...	5,0000000...	3.987,000...	4,190352...	6,000000...	0,0020000...	0,004816...	0,0013770...	0,0029260...
16	1.993	1,0000000...	265.000,0...	57.962,43...	7.785,556...	8.225,705...	4,0000000...	4.152,000...	7,974556...	6,000000...	0,0056380...	0,008341...	0,0022880...	0,0023410...
17	1.997	1,0000000...	267.500,0...	6.234,573...	2.293,666...	15.111,29...	4,0000000...	4.400,000...	8,702689...	6,000000...	0,0006060...	0,002457...	0,0042030...	0,0023410...
18	10.192	1,0000000...	805.000,0...	40.060,82...	3.666,092...	3.795,934...	4,0000000...	4.234,000...	3,848649...	6,000000...	0,0038960...	0,003928...	0,0010560...	0,0023410...
19	35	1,0000000...	687.500,0...	10.488,88...	6.815,921...	7.354,055...	4,0000000...	4.393,000...	8,745000...	5,975324...	0,0010200...	0,007302...	0,0020450...	0,0023410...
20	2.016	1,0000000...	280.000,0...	57.074,77...	4.957,005...	3.116,227...	4,0000000...	4.132,000...	8,740000...	6,000000...	0,0055510...	0,005311...	0,0008670...	0,0023410...
21	16.354	1,0000000...	3.970.000...	17.304,62...	647,5975...	3.243,496...	5,0000000...	4.377,000...	7,432970...	6,000000...	0,0016830...	0,000694...	0,0009020...	0,0029260...
22	2.019	1,0000000...	262.500,0...	57.061,03...	3.065,847...	4.947,148...	4,0000000...	4.132,000...	6,885633...	4,000000...	0,0055500...	0,003285...	0,0013760...	0,0023410...
23	13.371	1,0000000...	270.000,0...	19.384,73...	1.515,306...	4.261,633...	5,0000000...	3.988,000...	8,740000...	6,000000...	0,0018850...	0,001623...	0,0011850...	0,0029260...
24	16.355	1,0000000...	1.850.000...	18.552,65...	545,1746...	4.255,778...	5,0000000...	4.020,000...	8,740000...	7,829358...	0,0018040...	0,000584...	0,0011840...	0,0029260...
25	5.183	1,0000000...	777.500,0...	48.514,03...	799,3567...	16.566,65...	4,0000000...	4.332,000...	4,224219...	6,000000...	0,0047190...	0,000856...	0,0046080...	0,0023410...

0 / 453 Total de registros selecionados.

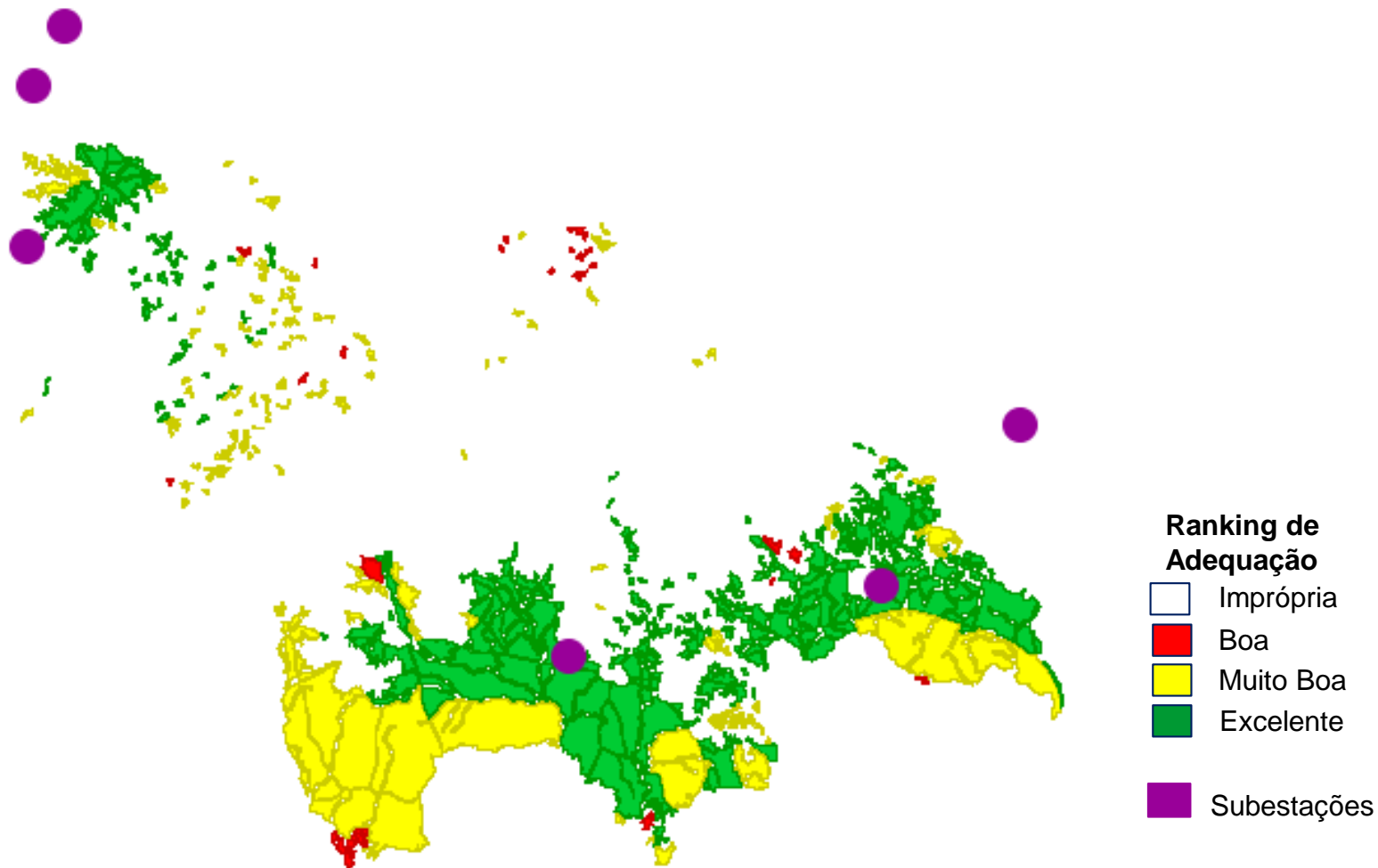
4. 4 Avaliação e Classificação das Alternativas



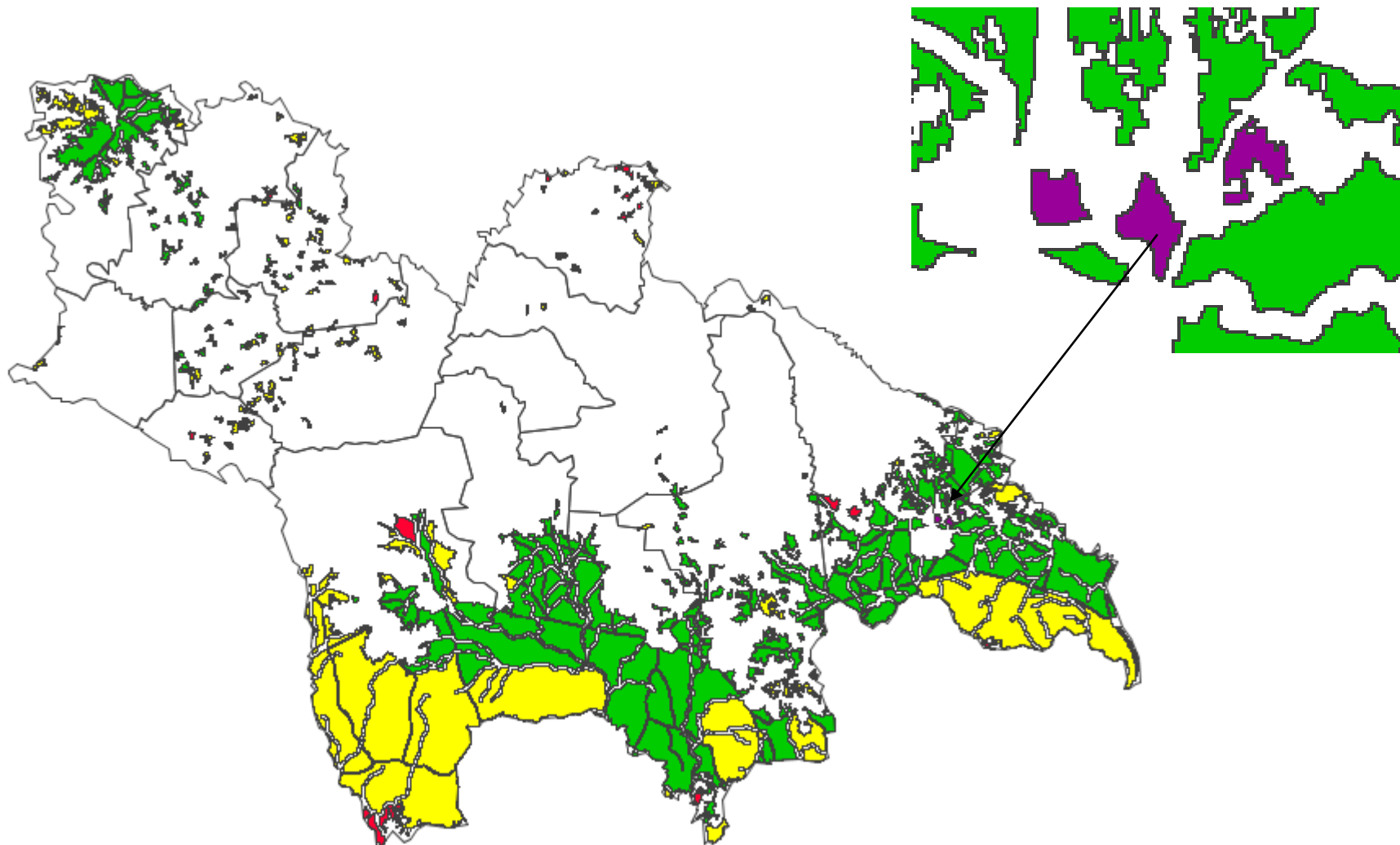
4. 4 Avaliação e Classificação das Alternativas



4. 4 Avaliação e Classificação das Alternativas



4. 4 Avaliação e Classificação das Alternativas



5 .1 Considerações Finais

- Foi identificado que 67,23% desta região é imprópria para receber instalações fotovoltaicas deste porte;
- Os locais que apresentam maior potencial se encontram nos sul da Microrregião de Santa Cruz do Sul;
- Venâncio Aires, Vera Cruz e Santa Cruz do Sul.

5 .1 Considerações Finais

- Desenvolvimento de uma modelagem que engloba a integração SIG-MCDA para identificar potenciais locais para implantação de projetos de usinas solares de larga escala;
- Ferramenta de auxílio na tomada de decisão pelas empresas e investidores.

5 .2 Limitações da Pesquisa

- Dificuldade de acesso e da inexistência de alguns dados relevantes ao estudo;
- Sistema utilizado apresentou limitações no processamento dos dados.

5 .3 Sugestões para Trabalhos Futuros

- Agregação de mais fatores para a tomada de decisão;
- Análise de extensões maiores de território;
- Estudo de outras tecnologias de energia renovável (parques eólicos, termoelétricas solares, biomassa, etc.);
- Utilização de outros métodos multicritérios, abordagens MCDA para auxiliar na tomada de decisão.

- Jornada Brasileira de gvSIG - 2018 - Utilização do gvSIG para Identificação de Áreas Adequadas para Instalação de Usinas Fotovoltaicas.

- INTERNATIONAL JOURNAL OF ENERGY RESEARCH – 2018 - Determinant factors in site selection for photovoltaic projects: A systematic review.
Impact Factor: 3.009
Qualis: A2

Referências

- ANEEL, A. N. de E. E. **Resolução Normativa nº482, de 17 de abril de 2012**. 2012. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 17 jan. 2018.
- CHOUDHARY D, SHANKAR R. An steep-fuzzy AHP-TOPSIS framework for evaluation and selection of thermal power plant location: a case study from India. *Energy*. v. 42, p. 510–521, 2012.
- EPE, Empresa de Pesquisas Energéticas. Plano decenal de expansão de energia 2024. 2015. Disponível em: <www.epe.gov.br>. Acesso em: 20 jan. 2018.
- SÁNCHEZ-LOZANO, J. M. et al. Geographical Information Systems (GIS) and Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods for the evaluation of solar farms locations: Case study in south-eastern Spain. *Renewable Sustainable Energy Reviews*. v. 24, p. 544–556, 2013.
- SÁNCHEZ-LOZANO, J. M.; GARCÍA-CASCALES, M. S.; LAMATA, M. T. Evaluation of suitable locations for the installation of solar thermoelectric power plants. *Computers & Industrial Engineering*. v. 87, p. 343–355, 2015.
- SINDHU, S.; NEHRA, V.; LUTHRA, S. Investigation of feasibility study of solar farms deployment using hybrid AHP-TOPSIS analysis: Case study of India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. v. 73, p. 496–511, 2017.
- UYAN, M. GIS-based solar farms site selection using analytic hierarchy process (AHP) in Karapinar region, Konya/Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. v. 28, p. 11–17, 2013.
- UYAN, M. Optimal site selection for solar power plants using multi-criteria evaluation: A case study from the Ayranci region in Karaman, Turkey. *Clean Technologies Environmental Policy*. v. 19, p. 2231–2244, 2017.
- XIAO, J. et al. Research on an optimal site selection model for desert photovoltaic power plants based on analytic hierarchy process and geographic information system. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*. v. 5, 2013.



MODELAGEM PARA AVALIAÇÃO DE LOCAIS ADEQUADOS PARA A INSTALAÇÃO DE USINAS FOTOVOLTAICAS

Graciele Rediske



grarediske@gmail.com

