



UNIVERSIDADE DO MINHO
ESCOLA DE ENGENHARIA
Departamento de Engenharia Civil

Cenários de Localização Industrial em Ambiente SIG

MARIA ELISABETE SANTOS SOARES
Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Municipal

B r a g a , 2 0 0 2



UNIVERSIDADE DO MINHO
ESCOLA DE ENGENHARIA
Departamento de Engenharia Civil

Cenários de Localização Industrial em Ambiente SIG

**Orientador científico:
Professor José Fernando Gomes Mendes**

**Co-Orientador científico:
Professor Rui António Rodrigues Ramos**

MARIA ELISABETE SANTOS SOARES
Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Municipal

AGRADECIMENTOS

No momento da apresentação deste trabalho não poderia deixar de expressar o meu reconhecimento às pessoas e instituições que comigo colaboraram e cujo contributo foi determinante.

Primeiramente, desejo manifestar o meu agradecimento ao Professor José Mendes, supervisor científico deste trabalho, e ao Professor Rui Ramos, co-supervisor científico, pelas orientações, críticas e sugestões, pela disponibilidade e empenho em transmitirem-me seus vastos conhecimentos fundamentais para a valorização da minha formação e para a concretização desta dissertação.

À Universidade do Minho, na pessoa do seu Reitor, e ao Departamento de Engenharia Civil, na pessoa do seu Director, agradeço as boas condições de trabalho encontradas no Laboratório de Sistemas de Informação Geográfica do Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho.

Ao Instituto Geográfico do Exército pela cedência gratuita de informação cartográfica digital do concelho de Vieira do Minho.

À Câmara Municipal de Vieira do Minho pela cedência de informação digital do concelho.

Ao Daniel Rodrigues pela disponibilidade e todo o apoio informático prestado durante o decurso dos trabalhos.

Aos meus amigos, obrigado simplesmente por serem meus amigos.

Por último, um obrigado muito especial à minha família nomeadamente à minha Mãe e Irmã por estarem presentes quando era necessário, pelo apoio e palavras de incentivo de extrema importância.

RESUMO

A escolha da localização para unidades industriais deverá harmonizar diversos factores respeitantes às características físicas, políticas e sócio-económicas de uma dada região, de forma a conciliar os interesses dos investidores com uma gestão adequada do uso do solo.

A apreciação da aptidão do solo, quer qualitativa quer quantitativa, para a localização de novas indústrias, envolve a selecção adequada de diversos critérios de decisão, atribuindo-se-lhes graus de importância relativos. Esta análise visa avaliar o índice de aptidão do solo para localizar indústrias, dentro de um dado território.

O objectivo geral desta dissertação é desenvolver um modelo de avaliação multicritério para localização industrial, aplicado a um município, que integre não só as perspectivas dos empresários mas também as do ordenamento do território.

Especificamente, os objectivos desta dissertação são: (i) expôr o modelo para a localização industrial; (ii) integrar no modelo a análise de risco na avaliação multicritério; (iii) incluir no modelo a componente espacial de forma a fazer uma avaliação contínua do território; (iv) aplicar o modelo ao município de Vieira do Minho como caso de estudo, fazendo uma análise dos cenários gerados e confrontando os resultados com as opções do respectivo Plano Director Municipal.

Palavras Chave: Localização Industrial, Avaliação Multicritério, Planeamento do Uso do Solo, Sistemas de Informação Geográfica.

ABSTRACT

The choice of location for industry should be in harmony with various factors related to physical, political and socio-economic characteristics of a given region, such that the investors' interests are taken into account with an appropriate management of land-use.

An appreciation of the aptitude of the land, whether qualitative or quantitative, for the location of new industries involves the appropriate selection of various criteria for decision-making, each with its relative degree of importance. This analysis proposes to evaluate the index of land aptitude for localizing industries within a given territory.

The principal objective of this dissertation is to develop a multicriteria model for evaluating industrial location, applied to one municipality, which includes not only the perspectives of the industrialists but also those of land management and planning.

Specifically, the objectives of this dissertation are: (i) to expose the model for industrial location; (ii) to integrate risk analysis into the model within the multicriteria evaluation; (iii) to include in the model the spacial component in order to carry out an-going evaluation of the territory; (iv) to apply the model to the municipality of Vieira do Minho as a case study, analyzing the scenarios generated and confronting the results with the options of the respective Municipal Master Plan.

Keywords: Industrial Location, Multicriteria Evaluation, Land-Use Planning, Geographical Information Systems.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	iii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT.....	v
ÍNDICE.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE QUADROS.....	xiii
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Objectivo.....	1
1.2. Estrutura da dissertação.....	2
CAPÍTULO 2 – LOCALIZAÇÃO INDUSTRIAL.....	5
2.1 Introdução.....	5
2.2 Teorias clássicas de localização.....	5
2.3 Tendências recentes da teoria da localização.....	9
2.4 O comportamento espacial das empresas.....	11
2.5 Os factores de localização.....	11
CAPÍTULO 3 – AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO.....	14
3.1 Introdução.....	14
3.2 Avaliação de pesos para critérios.....	15
3.2.1 Método baseado no ordenamento de critérios.....	15
3.2.2 Método baseado em escalas de pontos.....	16
3.2.3 Método baseado na distribuição de pontos.....	17

3.2.4 Método baseado na comparação de critérios par-a-par.....	17
3.3 Normalização de critérios.....	19
3.4 Combinação de critérios.....	21
3.4.1 Combinação Linear Pesada – WLC.....	21
3.4.2 Média Pesada Ordenada – OWA.....	22
CAPÍTULO 4 – MODELO DE LOCALIZAÇÃO INDUSTRIAL PARA AVALIAÇÃO DE	
CENÁRIOS.....	27
4.1 Introdução	27
4.2 Estrutura do modelo.....	28
4.2.1 Estrutura do processo de decisão.....	28
4.2.2 Selecção de técnicas associadas à avaliação multicritério.....	28
4.2.3 Implementação em ambiente SIG.....	29
4.3 Modelo adesenvolver.....	31
4.3.1 O ponto de vista dos Empresários.....	31
4.3.1.1 Factores associados à actividade industrial.....	31
4.3.1.1.1 Acessibilidade.....	31
4.3.1.1.2 Mão-de.-Obra.....	32
4.3.1.1.3 Inércia Industrial.....	32
4.3.1.1.4 Infra-estruturas Básicas.....	33
4.3.1.1.5 Equipamentos Terciários.....	33
4.3.1.1.6 Síntese.....	34
4.3.1.2 Factores associados a Opções Administrativas e	
Sócio-Económicas.....	34
4.3.1.2.1 Preferências Pessoais.....	34
4.3.1.2.2 Políticas de incentivo à implantação industrial.....	35
4.3.1.2.3 Proximidade a Centros de Investigação e Ensino	
Superior.....	35
4.3.1.2.4 Proximidade a Centros de Decisão.....	36
4.3.1.2.5 Síntese.....	36
4.3.2 O ponto de vista do Ordenamento do Território.....	37
4.3.2.1 Factores.....	37
4.3.2.1.1 Uso preferencial do solo.....	37

4.3.2.1.2 Protecção Ambiental – Visibilidade a partir de áreas urbanas.....	37
4.3.2.1.3. Condições de implantação das instalações industriais...	38
4.3.2.1.4 Síntese.....	39
4.3.2.2 Exclusões.....	40
4.3.2.2.1 Uso do solo.....	40
4.3.2.2.2 Protecção Ambiental.....	41
4.3.2.2.3 Servidões e Restrições de Utilidade Pública.....	41
4.4 Síntese do modelo de localização.....	41
CAPÍTULO 5 – CASO DE ESTUDO – LOCALIZAÇÃO INDUSTRIAL PARA O MUNICÍPIO DE VIEIRA DO MINHO.....	45
5.1 Caracterização do Município de Vieira do Minho.....	45
5.2 Desenvolvimento do caso de estudo.....	48
5.2.1 Introdução.....	48
5.2.2 Sistemas de Informação Geográfica.....	49
5.2.2.1 Funções de análise espacial.....	50
5.2.3 Proveniência da informação utilizada.....	51
5.2.4 Factores e Exclusões.....	52
5.2.5 Preparação dos dados.....	55
5.2.6 Implementação do modelo em ambiente SIG.....	57
5.2.6.1 Preparação das imagens referentes ao 3º nível hierárquico.....	59
5.2.6.2 Preparação das imagens referentes ao 2º nível hierárquico.....	67
5.2.6.3 Imagens relativas a exclusões.....	78
5.2.7 Cenários de avaliação.....	81
5.2.7.1 Combinação de critérios do 2º nível.....	81
5.2.7.2 Combinação de critérios do 1º nível.....	90
5.2.8 Discussão dos resultados.....	95
5.2.8.1 Análise dos cenários do 1º nível.....	95
5.2.8.2 Análise dos cenários finais.....	100
5.2.8.3 Síntese da análise efectuada.....	103
5.2.9 Identificação de áreas com maior aptidão.....	105
5.3 Conclusões da análise efectuada ao município de Vieira do Minho.....	111

CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS	
FUTUROS.....	113
6.1 Modelo implementado	113
6.2 Conclusões relativas ao Caso de Estudo.....	114
6.3 Desenvolvimentos futuros.....	116
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	118
ANEXO A- IMAGENS REFERENTES AOS CRITÉRIOS DO MODELO DE AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO.....	123

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 3.1 – Escala de sete pontos.....	16
Fig. 3.2 – Escala de comparação de critérios.....	18
Fig. 3.3 – Controlo de risco.....	24
Fig. 3.4 – Controlo do <i>Trade-off</i>	24
Fig. 3.5 – Espaço estratégico de decisão para o procedimento OWA.....	25
Fig. 3.6 – Pontos de decisão.....	26
Fig. 4.1 – Estrutura de análise por nível e grupos de critérios.....	30
Fig. 4.2 – Exemplo de curva <i>fuzzy</i> para normalização do declive.....	39
Fig. 4.3 – Modelo de localização industrial a implementar.....	44
Fig. 5.1 – Enquadramento geográfico do Município de Vieira do Minho no país e no distrito.....	45
Fig. 5.2 – Conjunto de Municípios da AMVC.....	46
Fig. 5.3 – Divisão administrativa do Município	47
Fig. 5.4 – Principais acessibilidades ao Município.....	47
Fig. 5.5 – Estrutura hierárquica do modelo para geração de cenários de avaliação.....	58
Fig. 5.6 – Fluxograma de preparação da imagem A31 (imagem que envolve a cálculo de distâncias euclidianas).....	60
Fig. 5.7 – Imagem A31 não normalizada.....	60
Fig. 5.8 - Imagem A31 normalizada.....	60
Fig. 5.9 – Mapa de declives.....	62
Fig. 5.10 – Mapa de declives reclassificado.....	62
Fig. 5.11 – Mapa de fricção.....	63

Fig. 5.12 – Fluxograma da imagem A11 (que envolve o cálculo de distâncias pesadas)...	64
Fig. 5.13 – Imagem A11 não normalizada.....	64
Fig. 5.14 – Imagem A11 normalizada.....	64
Fig. 5.15 – Fluxograma de preparação da imagem A21 (envolve valores numéricos da população).....	66
Fig. 5.16 – Imagem A21 (não normalizada).....	66
Fig. 5.17 – Imagem A21 (normalizada).....	67
Fig. 5.18 – Mapa de usos do solo.....	68
Fig. 5.19 – Fluxograma de preparação da imagem C1 (envolve valores em classes).....	69
Fig. 5.20 – Imagem C1 normalizada.....	69
Fig. 5.21 – Modelo Digital do Terreno.....	71
Fig. 5.22 – Fluxograma de preparação das imagens C2 e C3 (que envolvem o relevo).....	71
Fig. 5.23 – Estudo da intervisibilidade entre pontos (imagem C2 antes de normalizada).....	72
Fig. 5.24 – Visibilidade a partir de áreas urbanas (imagem C2 normalizada).....	72
Fig. 5.25 – Curva <i>fuzzy</i> complexa para normalização do declive.....	73
Fig. 5.26 – Imagem C3 normalizada.....	74
Fig. 5.27 – Imagem A1 (Acessibilidade).....	75
Fig. 5.28 – Imagem A2 (Mão-de-obra).....	75
Fig. 5.29 – Imagem A3 (Inércia industrial).....	75
Fig. 5.30 – Imagem A4 (Infra-estruturas básicas).....	76
Fig. 5.31 – Imagem A5 (Equipamentos terciários).....	76
Fig. 5.32 – Imagem B1 (Preferências pessoais).....	76
Fig. 5.33 – Imagem B2 (Proximidade a centros de investigação).....	77
Fig. 5.34 – Imagem B3 (Proximidade a centros de decisão).....	77
Fig. 5.35 – Imagem C1 (Uso preferencial do solo de acordo com o PDM).....	77
Fig. 5.36 – Imagem C2 (Visibilidade a partir de áreas urbanas).....	78
Fig. 5.37 – Imagem C3 (Condições de implantação das instalações industriais).....	78
Fig. 5.38 – Fluxograma de preparação da imagem E31 (que envolve cálculo de <i>buffer</i>).....	79
Fig. 5.39 – Imagem E12 – antes do <i>buffer</i>	80
Fig. 5.40 – Imagem E12 – depois do <i>buffer</i>	80
Fig. 5.41 – Pontos de decisão.....	81

Fig. 5.42 – Módulo MCE do IDRISI para o cálculo OWA.....	83
Fig. 5.43 – Cenários de avaliação – Factores associados à actividade industrial (grupo de factores A).....	84
Fig. 5.44 – Histogramas de frequências do grupo de factores A.....	85
Fig. 5.45 – Cenários de avaliação – Factores associados a opções administrativas e sócio-económicas (grupo de factores B).....	86
Fig. 5.46 – Histogramas de frequências do grupo de factores B.....	87
Fig. 5.47 – Cenários de avaliação – Factores associados ao ordenamento do território (grupo de factores C).....	88
Fig. 5.48 – Histogramas de frequências do grupo de factores C.....	89
Fig. 5.49 – Cenário_1 e respectivo histograma de frequências (WLC).....	91
Fig. 5.50 – Cenário_2 e respectivo histograma de frequências (WLC).....	92
Fig. 5.51 – Cenário_3 e respectivo histograma de frequências (WLC).....	92
Fig. 5.52 – Cenário_4 e respectivo histograma de frequências (WLC).....	92
Fig. 5.53 - Cenários a avaliar.....	93
Fig. 5.54 – Cenário_11 e respectivo histograma de frequências (OWA).....	94
Fig. 5.55 – Cenário_12 e respectivo histograma de frequências (OWA).....	94
Fig. 5.56 – Cenário_13 e respectivo histograma de frequências (OWA).....	94
Fig. 5.57 – Fluxograma para identificação de áreas com aptidão.....	106
Fig. 5.58 – Áreas de maior aptidão relativas ao Cenário_1.....	107
Fig. 5.59 – Histograma de frequências relativo à identificação de áreas (Cenário_1).....	107
Fig. 5.60 – Área de maior aptidão relativa ao Cenário_3.....	108
Fig. 5.61 – Histograma de frequências relativo à identificação de área (Cenário_3).....	109
Fig. 5.62 – Área de maior aptidão relativa oa Cenário_4.....	109
Fig. 5.63 – Histograma de frequências relativo à identificação de área (Cenário_4).....	110
Fig. 5.64 – Áreas industriais avaliadas e existentes no Município de Vieira do Minho....	111

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 3.1 – Escala de comparação de critérios segundo Saaty.....	18
Quadro 3.2 – Exemplo de agregação OWA – Factores.....	23
Quadro 3.3 – Exemplo de agregação OWA – Resultados.....	24
Quadro 3.4 – ANDness e <i>Trade-off</i> para vários pontos de decisão.....	26
Quadro 4.1 – Factores associados à Acessibilidade.....	32
Quadro 4.2 – Factores associados à Mão-de-Obra.....	32
Quadro 4.3 – Factores associados à Inércia Industrial.....	33
Quadro 4.4 – Factores associados às Infra-estruturas Básicas.....	33
Quadro 4.5 – Factores associados aos Equipamentos Terciários.....	34
Quadro 4.6 – Factores associados à Actividade Industrial.....	34
Quadro 4.7 – Factores associados às Preferências Pessoais.....	35
Quadro 4.8 – Factores associados às Políticas de Incentivo à Instalação Industrial.....	35
Quadro 4.9 – Factores associados à Proximidade a Centros de Investigação.....	36
Quadro 4.10 – Factores associados à Proximidade a Centros de Decisão.....	36
Quadro 4.11 – Factores associados a Opções Administrativas e Sócio-Económicas.....	36
Quadro 4.12 – Factores associados ao Ordenamento do Território.....	39
Quadro 4.13 - Factores associados à Actividade Industrial - síntese.....	42
Quadro 4.14 - Factores associados a Opções Administrativas e Sócio-Económicas.- síntese.....	43
Quadro 4.15 – Factores associados ao Ordenamento do Território - síntese.....	43
Quadro 4.16 – Exclusões associadas ao Ordenamento do Território - síntese.....	43

Quadro 5.1 – Factores e grupos de factores correspondentes ao Município de Vieira do Minho.....	54
Quadro 5.2 – Exclusões relativas ao caso de estudo.....	55
Quadro 5.3 – Cenários de avaliação do grupo de factores A.....	82
Quadro 5.4 – Cenários de avaliação do grupo de factores B.....	82
Quadro 5.5 – Cenários de avaliação do grupo de factores C.....	82
Quadro 5.6 – Cenários finais de avaliação (WLC).....	90
Quadro 5.7 – Cenários finais de avaliação com OWA.....	93
Quadro 5.8 – Valores relativos aos resultados estatísticos dos cenários do 1º nível.....	99
Quadro 5.9 – Resultados estatísticos dos histogramas dos cenários finais (WLC).....	102
Quadro 5.10 – Resultados estatísticos dos histogramas dos cenários finais (OWA).....	103
Quadro 5.11 – Quadro síntese da análise dos cenários do 1º nível.....	104
Quadro 5.12 – Quadro síntese da análise dos cenários finais (WLC).....	104
Quadro 5.13 – Quadro síntese da análise dos cenários finais (OWA).....	105
Quadro 5.14 – Número de iterações para a obtenção da solução (Cenário_1).....	106
Quadro 5.15 – Tentativas para a obtenção da solução (Cenário_3 e Cenário_4).....	108
Quadro 5.16 – Resultados estatísticos dos histogramas das soluções encontradas.....	110

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 Objectivo

Num contexto de ausência de instrumentos para gestão do uso e ocupação do solo, a localização de indústrias obedece a critérios que dependem essencialmente do ponto de vista do empresário, o qual pondera as vantagens comparativas de diferentes locais alternativos e opta por uma hipótese que tenha boas possibilidades de ser aceite pela administração. Pelo contrário, existindo planos territoriais, a localização industrial obedece a um processo de classificação do uso do solo, sendo formado um modelo de localização que integra a perspectiva dos empresários e do ordenamento do território. Por vezes este modelo de localização é deficiente, resultando em opções inaceitáveis.

O modelo de localização expressa-se por um conjunto de factores e restrições que reflectem, por um lado, os objectivos e políticas definidos no âmbito do planeamento e, por outro lado, os modelos teóricos relativos a cada um dos usos particulares.

De um modo geral, os processos de decisão pretendem satisfazer um ou múltiplos objectivos, e são desenvolvidos com base na avaliação de um ou vários critérios. No caso particular de afectação de usos a parcelas de solo, trata-se essencialmente dum processo de decisão de natureza multicritério, no sentido em que são considerados na análise diversos atributos do problema.

O desenvolvimento do modelo procura integrar o ponto de vista dos empresários relativamente a factores que considerem fundamentais para a sua decisão, nomeadamente

relativos a acessibilidade, mão-de-obra, infra-estruturas básicas, equipamentos terciários e opções administrativas e sócio-económicas, com o ponto de vista do ordenamento do território.

A normalização dos critérios recorrendo a funções *fuzzy* calibradas, ou com recurso a processos de reclassificação, conduz ao processo de decisão que contempla a exploração de cenários de risco, recorrendo a técnicas de agregação de critérios que permitem variar o *trade-off* e a atitude de risco.

Dado tratar-se de uma análise espacial de fenómenos referenciados no problema, considerou-se apropriado o desenvolvimento do modelo de avaliação num ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica).

Quer porque a avaliação multicritério, na perspectiva enunciada, é ainda pouco divulgada em Portugal, quer porque não existe ainda uma metodologia consolidada no que respeita à implementação de operações no contexto SIG, considera-se oportuno e interessante a elaboração desta dissertação de mestrado.

Assim, o objectivo geral desta dissertação é a avaliação de cenários na localização industrial, num ambiente SIG. É dada especial ênfase às metodologias para identificação das áreas com maior potencial para a implantação de novas unidades industriais, introduzindo a análise de cenários de risco.

Convictos de que a existência de um modelo de apoio à decisão é de extrema importância para qualquer Município, traçou-se também como objectivo da dissertação o desenvolvimento dum caso de estudo, que incide sobre o Município de Vieira do Minho. Tratando-se de uma região essencialmente montanhosa, com baixa densidade industrial e populacional, considerou-se tratar-se de um território com interesse para a análise, despertando alguma expectativa.

1.2. Estrutura da dissertação

A dissertação encontra-se estruturada em seis capítulos, ao longo dos quais se expõe a metodologia adoptada e aplicada ao caso de estudo, e anexo, constituindo a presente Introdução o primeiro capítulo.

O capítulo 2, intitulado Localização Industrial, apresenta uma revisão bibliográfica dos modelos teóricos desenvolvidos por vários autores, ao longo dos tempos, com o intuito de dar resposta a questões que se relacionam com a tomada de decisão para a localização industrial.

No capítulo 3 faz-se uma abordagem a aspectos relevantes da avaliação multicritério. São abordadas técnicas disponíveis para a avaliação de pesos, para a normalização de critérios e para a respectiva agregação. De salientar o procedimento de agregação de critérios que permite fazer a análise de sensibilidade à aptidão do solo para a localização industrial, gerando diferentes cenários de avaliação com base em diferentes atitudes de risco e *trade-off*.

No capítulo 4 apresenta-se o modelo teórico para a avaliação multicritério na localização de indústrias em ambiente SIG, resultado da combinação de três eixos teóricos: a análise da localização industrial, a análise multicritério e os Sistemas de Informação Geográfica. Inicialmente é feita uma abordagem à organização estrutural do problema, segundo um processo de análise hierárquica, seguida da apresentação das técnicas associadas à avaliação multicritério para implementação do modelo em ambiente SIG. Apresentam-se os factores e grupos de factores a introduzir na análise, respectivos pesos e processo de normalização, bem como as restrições, e procedimento a desenvolver para gerar os cenários de avaliação.

O capítulo 5, dedicado ao caso de estudo, é a concretização do modelo teórico apresentado no capítulo 4, aplicado ao Município de Vieira do Minho. Procura-se gerar diferentes cenários que possibilitem a avaliação da aptidão do solo para implantação de novas indústrias e também fazer uma análise das áreas já existentes e previstas no Plano Director Municipal. O capítulo inicia-se com uma breve apresentação do Município a estudar, seguida do desenvolvimento do caso de estudo, onde se refere a proveniência dos dados utilizados, os factores e exclusões aplicados ao território em análise e respectivos pesos, bem como o processo de normalização e agregação. Este capítulo inclui também uma secção dedicada aos Sistemas de Informação Geográfica, ferramenta de análise espacial utilizada, incidindo-se nas operações de álgebra de mapas utilizadas no caso de estudo. O capítulo é finalizado com a apresentação dos vários cenários gerados e respectiva discussão dos resultados, à luz dos diferentes níveis de risco e *trade-off* assumidos para cada um dos cenários.

O capítulo 6 é reservado às conclusões da dissertação. Apresentam-se conclusões relativas ao modelo de localização industrial implementado, bem como ao caso de estudo, fazendo uma análise crítica dos vários cenários de avaliação gerados que constituem os três níveis de análise. Este capítulo é concluído com algumas indicações de possíveis desenvolvimentos futuros para o estudo efectuado.

No Anexo A são apresentadas as imagens referentes aos critérios utilizados no modelo de avaliação multicritério.

CAPÍTULO 2

LOCALIZAÇÃO INDUSTRIAL

2.1 Introdução

Quando se pretende entender a distribuição espacial das indústrias e o processo de escolha da sua localização, é-se confrontado com vários factores, mais ou menos importantes, que condicionam a tomada de decisão por parte dos empresários. Associado a estes factores deve estar o planeamento urbano e regional que define as zonas reservadas a esse uso específico, impedindo a sua livre localização, de forma a evitar situações de incompatibilidade. Assim, há que conciliar a economia espacial com a economia industrial.

Ao longo dos tempos, vários foram os autores que estudaram e desenvolveram teorias para explicarem a essência da localização industrial.

2.2 Teorias clássicas de localização

Pode afirmar-se que Richard Cantillon (1755) foi o pioneiro do estudo da localização, relacionando a distribuição dos mercados e sua área de influência com o custo do transporte dos produtos. Desta forma mostra como os preços no mercado urbano determinam a repartição das culturas em volta da cidade.

Mais tarde, Von Thünen (1826) desenvolveu os fundamentos da localização agrícola ao aplicar a teoria dos círculos concêntricos (Ramos, 2000, p.20, 21). Pela

primeira vez á dada maior importância ao problema de ocupação do espaço em detrimento das implicações económicas.

Wilhelm Launhardt (1882) mostra que os custos de transporte de matérias primas para as empresas e do produto final para o mercado, funcionam como forças que determinam um ponto óptimo de localização, que consiste no “local do custo mínimo de transportes”.

Em 1909 Alfred Weber definiu uma teoria de localização industrial como um problema de repartição no espaço das actividades económicas. Considerou três factores principais que podem influenciar a localização das indústrias, que são: ponto mínimo de custos de transporte, distorção do trabalho e forças de aglomeração e desaglomeração.

O ponto mínimo de custos de transporte, determinado geometricamente pelo método dos “triângulos de localização”, compara o preço entre o transporte das matérias primas e dos produtos finais, encontrando o ponto óptimo que minimiza estes custos tendo em conta os elementos que o condicionam, o peso e a distância.

A distorção do trabalho corresponde à atracção exercida por centros onde a mão-de-obra é abundante. A sua influência sobre os produtos, por unidade de peso, é medida pelo “índice de custo do trabalho” que assume valores proporcionais ao peso da mão-de-obra exigida no processo de produção.

O terceiro factor, forças de aglomeração ou desaglomeração, traduz o nível de concentração das empresas resultante do seu reagrupamento geográfico ou da sua dispersão provocada pela concentração excessiva, o que reduz os locais disponíveis e aumenta o preço dos solos. Da intervenção destas forças resulta a densidade industrial.

Andreas Predöhl (1925, 1927, 1928), une as teorias de localização agrícola e industrial, aplicando o princípio da substituição de factores de produção localizados em diferentes pontos. Pela atribuição de “unidades de utilização” a cada factor, as quais determinam o seu grau de produtividade em função dos seus preços relativos e dos custos comparados do transporte, determina-se a melhor combinação dos factores de produção e as zonas de menores custos globais, encontrando-se assim, as áreas preferenciais para a implantação de uma empresa.

A existência de múltiplos obstáculos de diferentes naturezas, dificulta a mobilidade dos factores e dos produtos, tornando a concorrência entre si imperfeita quando localizados em sítios diferentes (Hans Weigmann, 1931).

Em 1935, Tord Palander desenvolve o método das isolinhas. Aplicando-o à análise espacial, pretende definir o lugar geométrico de pontos para os quais os custos de transporte de matérias primas é igual aos custos de transporte de produtos acabados. Pela união destes pontos são construídas “isodapanes” (linhas de igual custo total de transportes) situando-se o ponto mínimo de transporte no interior do seu limite.

Walter Christaller (1933) elabora a teoria dos lugares centrais, estabelecendo uma hierarquia dos centros urbanos com base nas suas actividades terciárias e serviços prestados à respectiva área de influência. Cada aglomerado fornece um certo número de bens e serviços terciários ao resto do país: princípio do abastecimento dos mercados. No entanto, esta análise empírica de Christaller apresenta algumas lacunas, pois a repartição dos aglomerados no espaço também é influenciada pelo princípio do transporte e pelo princípio do abastecimento dos mercados.

Em 1940, August Lösch desenvolve uma teoria de localização industrial abrangendo todo o sistema económico, com a intenção de manter o equilíbrio espacial geral. Para ele, o importante não é conhecer quais os motivos que levaram os empresários a fixarem-se num determinado local, mas sim determinar de forma abstracta quais as condições óptimas de localização, dado que os princípios tidos em conta por um empreendedor individual são diferentes, quer se trate de um investimento a nível sectorial ou global.

Uma vez que cada localização individual, determinada em função dos factores de produção, é influenciada pelas restantes ao nível da forma e da natureza das actividades económicas, ela é determinada de forma a maximizar o lucro individual. Assim, são definidas entre os centros de produção e os centros de consumo, subdivisões do mercado global denominadas por “áreas de mercado”, que podem ser classificadas em dois tipos: “região de abastecimento” como característica inerente à localização agrícola e “região de extracção” como sendo característica da localização industrial. A natureza de cada região depende do número e da posição das localizações das unidades de produção. Estas podem estar dispersas e neste caso as áreas de mercado sobrepõem-se, ou podem aglomerar-se e neste caso as suas fronteiras correspondem a linhas ou a faixas de terreno, segundo a força das localizações concorrentes e da diversidade dos produtos.

Lösch faz uma análise distinta para a localização industrial e para a localização agrícola, considerando que para a localização industrial o ponto de equilíbrio espacial geral

corresponde ao ponto que maximiza as vantagens individuais e o número de unidades económicas autónomas. Este ponto de equilíbrio assegura a interdependência das localizações.

No entanto Lösch não desenvolve este raciocínio, considerando que esta teoria de localização é de carácter muito geral para ter qualquer aplicação prática. Assim, apresenta a teoria das áreas de mercado e das regiões económicas, pretendendo com ela mostrar que se podem delimitar regiões económicas que não se situam apenas no interior das fronteiras políticas dos estados.

Parte do princípio que uma área de mercado constituída por um espaço economicamente homogéneo, com igual repartição de matérias primas e população e semelhantes condições de transporte em qualquer direcção, tem a forma circular. À medida que aumenta o número de vendedores, conseqüentemente aumenta o número de áreas de mercado, e os respectivos círculos tornam-se tangentes, sendo cada um deles contíguo a outros seis. No entanto, os espaços intersticiais são vazios e a população aí residente não é servida. Devido às forças da concorrência, a forma circular evolui para uma forma hexagonal, a qual permite obter uma total cobertura da superfície e iguais custos de transporte a partir do ponto central de produção.

Combinando diversas áreas de mercado de produtos heterogéneos, os vários hexágonos ordenam-se em sistemas de redes. Para melhor as ordenar, a cada rede é atribuído um centro urbano que beneficia de uma procura local importante e os restantes centros urbanos, denominados de “lugares centrais”, estão dispersos regularmente, sendo que os mais pequenos se situam a igual distância dos dois maiores e a dimensão do aglomerado aumenta com o afastamento ao lugar central principal. Desta forma é estabelecida uma hierarquia das áreas de mercado, constituindo cada sistema de redes uma região económica cuja dimensão depende da área mais vasta de mercado que a constitui.

Esta ordem hierárquica idealizada, é perturbada na realidade por vários factores que Lösch introduziu à metodologia do seu pensamento. São eles: os elementos económicos, os elementos naturais, os elementos humanos e os elementos políticos.

2.3 Tendências recentes da teoria da localização

As teorias clássicas de localização fundamentando-se essencialmente nos custos dos transportes, tornaram-se insuficientes para a explicação e resolução de determinados problemas. Outras orientações mais recentes oferecem novas explicações para a localização industrial.

O factor económico tido em conta para a decisão da localização de uma unidade industrial, deixa de ter importância máxima, valorizando-se outros aspectos que contribuem para a minimização dos riscos. O efeito da incerteza, bem suportado por decisões com impacto a longo prazo, justifica a escolha de uma localização não óptima, mas apenas viável, ao passo que a rentabilidade máxima é procurada nas escolhas com impacto a curto prazo (Richardson, 1973).

Segundo Smith (1977), as empresas limitam-se a definir para o território em causa, zonas de lucros positivos, caindo a sua escolha dentro delas e em localizações que maximizem as vantagens não financeiras.

Os factores financeiros apresentam, assim, uma importância decrescente, dando-se maior relevância a outros critérios, como as preferências pessoais, que podem levar à escolha de uma grande cidade onde o risco da incerteza é menor. Os movimentos inter-regionais de capital dependem do volume dos capitais oferecidos em cada região e do balanço oferecido por cada região. Fazendo uma síntese destes factores, Richardson define um modelo probabilístico de localização, fazendo corresponder a cada caso um coeficiente probabilístico.

É objectivo destas novas ideias de localização, diminuir a mobilidade e aumentar a concentração espacial das unidades industriais. De um modo geral, as decisões de localização são próprias das grandes empresas possuidoras de várias unidades fabris, sendo que as pequenas empresas apenas se deslocam quando lhes é imposto e nunca para grandes distâncias.

O crescimento de uma empresa obriga-a a certas mutações que lhe dá a possibilidade de se movimentar no espaço. Portanto, conhecer as formas de mudança e de crescimento de uma empresa ajuda a compreender a sua escolha espacial.

Como refere Aydalot (1985, p.53), distinguem-se três fases no desenvolvimento da empresa: fase da organização, de expansão e de racionalização. Deverá, então, procurar-se a aplicação destas fases nas formas do seu desenvolvimento espacial.

Cada factor considerado determinante ao funcionamento da empresa pode levar a uma nova interpretação das suas escolhas espaciais. Considera-se implícito que a empresa tenha uma localização de equilíbrio, que não modificará senão para reagir a uma modificação das condições exteriores (Rees *et al.*, 1981; North, 1955). Vários autores analisaram as modalidades do processo de decisão no seio da grande empresa. Ao contrário da pequena empresa que está dependente do meio que a envolve, a grande empresa, tendo potencialidades para suportar as incertezas e os riscos de errar, mune-se de liberdades específicas que lhe dão a possibilidade de se movimentar sobre grandes distâncias.

Livre de escolher a sua própria localização, em função das características que procura, a empresa tende a repartir as suas actividades de modo a implantar em cada espaço a unidade fabril cujas exigências de emprego melhor se adaptam às características do trabalho aí existentes. Assim, a empresa especializa as suas unidades por forma a diferenciar ao máximo a estrutura de emprego e implantará cada uma delas onde encontrar a correspondente força de trabalho disponível e nas melhores condições. No entanto a dimensão da cidade segrega custos suplementares, os quais devem ser suportados pelos trabalhadores que aí residem, isto é, o custo de vida dos trabalhadores depende das localizações. Na maioria dos casos, a dimensão da cidade é proporcional aos custos a suportar por cada trabalhador que deverão ser cobertos pelos respectivos salários.

Convém então à empresa agrupar uma mão-de-obra que aceite as tarefas, as condições de trabalho e os salários que lhe são propostos. Assim, a empresa procura uma localização cuja oferta de mão-de-obra se adapte à sua vontade de não pagar senão o custo necessário ao nível de vida dos seus trabalhadores.

Escolhida a técnica que melhor se adapta à força do trabalho que pretende empregar, procura a localização que melhor satisfaz esta condição. Deste modo, havendo necessidade de mão-de-obra qualificada as empresas procuram localizações que oferecem um meio intelectual e técnico necessário à sua eficácia; caso contrário, localizam-se em zonas periféricas com baixo nível de vida mas onde a produção padronizada pode ser realizada com a eficácia desejada.

2.4 O comportamento espacial das empresas

Normalmente realizam-se inquéritos para melhor conhecer os motivos que levaram uma empresa a optar por um determinado local. No entanto, deverão ser tomadas algumas precauções na sua interpretação e apresentação de conclusões, dado o elevado grau de imprecisão das respostas neles contidas e os diferentes tipos de indústrias entrevistadas possuírem ambições, finalidades e necessidades distintas.

Os factores considerados importantes pelos empresários para a sua decisão espacial, devem ser correctamente agrupados em classes tendo em conta a sua natureza e a cada um atribuído um peso relativo. Desta forma, os inquéritos permitem classificar e hierarquizar os principais factores de localização que vão ao encontro das características específicas de cada empresa, quer se trate da criação de uma nova unidade ou de uma mudança de localização.

O processo de decisão na escolha da localização não é padronizado para todo e qualquer tipo de empresa. Cada empresa irá ponderar os critérios que considera relevantes, quer sejam preferências pessoais, oferta de mão-de-obra, clima social, incentivos político-regionais, disponibilidade de terrenos, etc., fazendo-os intervir na sua escolha por ordem decrescente de importância.

A dimensão da empresa também tem influência na forma como se vai processar a tomada de decisão. Isto é, as grandes empresas possuem sectores especializados que aconselham a equipa da direcção de quando e onde deve ser implantada a nova instalação, enquanto que nas empresas de menores dimensões a decisão de uma nova implantação e escolha do local cabe apenas ao topo da hierarquia da empresa, nomeadamente Presidente e Vice-Presidente.

2.5 Os factores de localização

Factor de localização é todo o elemento susceptível de diferenciar o espaço. Porque a sua importância varia com o tempo e com a região geográfica, não é possível estabelecer uma hierarquia universal que possa servir de modelo para todo e qualquer tipo de análise.

O desenvolvimento territorial e tecnológico modifica a importância de um factor de localização, que quando menor contribui para a homogeneização do território.

De seguida apresentam-se alguns factores de localização industrial que contribuem para a diferenciação do espaço.

O progresso contínuo da tecnologia de laboração das indústrias, a evolução dos transportes e a importação de matérias primas, permitem às indústrias obterem a mesma quantidade de produto final com menores custos de transporte e de volume de matéria prima. Assim estes factores, custos de transporte e proximidade a fontes de matéria prima, passaram a ter menos importância para a definição da localização. Devido à importação de materiais necessários à laboração, os portos de importação passaram a determinar pontos de atracção para a implantação de indústrias.

Qualquer unidade industrial para laborar convenientemente necessita de mão-de-obra, mais ou menos qualificada, em maior ou menor quantidade, dependendo do tipo e dimensão da empresa. A nova localização deverá fornecer à empresa a força de trabalho necessária, o que torna este factor determinante na escolha do local.

A proximidade a “mercados” tem também alguma importância na decisão de localização uma vez que representa o local de escoamento da produção, contribuindo para a concentração das localizações. O peso deste factor tende a diminuir com a diminuição dos custos dos transportes.

A integração num meio industrial existente terá maior relevância para uma pequena empresa incapaz de produzir os bens e serviços que necessita e cujas encomendas, sendo em pequenas quantidades, estarão dependentes dos fornecedores mais próximos. Para uma empresa com várias unidades fabris, a nova localização é sempre decidida tendo em conta a proximidade às diversas localizações. Quando outros factores se tornam dominantes este factor é colocado em segundo plano.

O terreno deve adequar-se ao tipo de edifícios a implantar, podendo interferir na sua escolha considerações técnicas e financeiras.

As restrições técnicas das fábricas determinam o tipo de infra-estruturas indispensáveis ao seu funcionamento. Este factor tende a perder importância em países industrializados, pois aí pode ser considerado como quase homogéneo em todo o território. Pelo contrário, em países menos desenvolvidos terá um grande peso dado ser um factor que escasseia no espaço.

A proximidade a um mercado financeiro e serviços, também é um factor aliciante para a localização industrial.

Os factores pessoais, quer pelo conhecimento do local, quer por questões afectivas, clima social, ou outras, também intervêm na decisão do empresário.

As condições fiscais existentes nos vários países ou regiões têm um papel importante para a escolha final, pois poderão representar um aspecto atractivo quer para a empresa quer para os funcionários.

As empresas tendem a afastarem-se de regiões conflituosas, com lutas sociais, elevado poder sindical ou onde as administrações locais são hostis à sua presença.

Os incentivos públicos, instrumentos de manipulação da política regional, podem também revelar-se muito eficazes para atrair novas empresas.

CAPÍTULO 3

AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO

3.1 Introdução

No âmbito da terminologia da Teoria da Decisão é adoptado um conjunto de elementos que a seguir se definem.

Define-se Decisão como sendo a escolha entre alternativas. As alternativas podem representar diferentes localizações, diferentes planos, diferentes classificações, diferentes hipóteses sobre um fenómeno, etc..

Um Critério representa uma condição que contribui para a tomada de decisão, podendo ser quantificado ou avaliado. Os critérios podem ser de dois tipos: Exclusões ou Factores.

Uma Exclusão é um critério que limita as alternativas consideradas na análise. É traduzida pela criação de limitações ao espaço de análise definindo as alternativas não elegíveis que deverão ser excluídas do espaço inicial de soluções possíveis, ou por apenas pretender garantir que a solução final possua algumas características pré-estabelecidas.

Um Factor é um critério que acentua ou diminui a aptidão de uma determinada alternativa para o objectivo em causa. De um modo geral, a aptidão é medida numa escala contínua de forma a abranger todo o espaço de solução inicialmente previsto.

O procedimento que permite combinar os critérios para obter uma determinada avaliação, incluindo a própria comparação entre avaliações no sentido de produzir

decisões, é designado por Regra de Decisão. Tipicamente, as regras de decisão incluem procedimentos para normalizar e combinar diferentes critérios, resultando um índice composto e uma regra que rege a comparação entre alternativas com base nesse índice.

A estruturação das regras de decisão visam o contexto de um Objectivo específico que corresponde ao conjunto de motivações do(s) interessado(s) na decisão.

Com finalidade de atingir o objectivo é frequente a avaliação e combinação de diversos critérios, através de procedimentos designados por Avaliação Multicritério (Voogd, 1983; Carver, 1991).

3.2 Avaliação de pesos para critérios

Num processo de decisão que envolve múltiplos critérios é necessário quantificar a importância relativa de cada um, o que normalmente é feito pela atribuição de um determinado peso. O facto dos diferentes decisores atribuírem graus de importância variáveis aos diversos critérios, obriga a uma cuidadosa atribuição de pesos de modo a que sejam preservadas as suas preferências.

Não se podendo afirmar que existe um método consensual para a definição de pesos, encontram-se na literatura várias propostas de procedimentos para este efeito (Voogd, 1983; Von Winterfeldt e Edwards, 1986; Malczewski, 1999). A seguir são apresentados quatro métodos baseados, respectivamente, no ordenamento de critérios, em escalas de pontos, na distribuição de pontos e em comparação par-a-par.

3.2.1 Método baseado no ordenamento de critérios

Este método consiste em ordenar os critérios de acordo com o grau de importância atribuído pelo decisor, isto é, ao critério mais importante é atribuída a ordem 1, ao segundo mais importante a ordem 2, e assim sucessivamente. Estabelecida a ordem, procede-se à geração de pesos, existindo para tal diversos procedimentos. Como exemplo, citam-se dois desses procedimentos (Stillwell *et al.*, 1981): o *rank sum*, assim designado por utilizar a ordem no ranking, e o *rank reciprocal*, que utiliza a ordem inversa dos critérios no ranking.

Respectivamente, o vector dos pesos é obtido pelas seguintes expressões:

$$\text{Rank sum: } w_j = \frac{n - r_j + 1}{\sum_k (n - r_k + 1)}; \quad (3.1)$$

$$\text{Rank recíprocal: } w_j = \frac{1/r_j}{\sum_k (1/r_k)}; \quad (3.2)$$

onde w_j é o peso normalizado do critério j , r_j é a ordem do mesmo critério no ranking e n é o número de critérios.

Apesar de atractivos devido à sua simplicidade de utilização, em geral, quanto maior for o número de critérios menos adequado é o método (Voogd,1983). Para um exemplo de cálculo de pesos a partir destes métodos, ver Malczewski (1999, p. 179).

3.2.2 Método baseado em escalas de pontos

A escala de pontos é uma outra alternativa muito simples de atribuir pesos a critérios, principalmente quando é possível uma avaliação directa.

Inicialmente este método foi desenvolvido por Osgood *et al.* (1957), defendendo que é suficiente para alguém expressar adequadamente a sua preferência uma diferenciação em sete níveis. A cada critério é atribuído um número de um a sete numa escala ladeada por duas expressões opostas, denominado princípio da semântica diferencial (Figura 3.1).

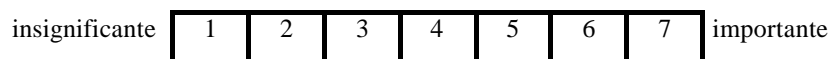


Fig. 3.1 – Escala de sete pontos

Feita a avaliação de todos os critérios procede-se à normalização dos valores a eles atribuídos, gerando-se assim um conjunto de pesos.

Têm surgido algumas variações a esta escala que a convertem de forma arbitrária numa escala de n pontos.

Podem ser encontrados em Findlay *et al.* (1988) e em Mendes (1999a), exemplos da utilização deste método com uma escala de 5 pontos em estudos de avaliação multicritério de qualidade de vida urbana.

3.2.3 Método baseado na distribuição de pontos

Utilizando este método, o decisor deverá distribuir pelos critérios um conjunto de pontos que totalizarão um valor pré-estabelecido. Quanto mais pontos forem atribuídos a um critério, maior será a sua importância relativa. Assim, se for estabelecido um valor total de 100 pontos, a atribuição de 0 pontos a um critério significa que o mesmo pode ser ignorado, enquanto que a atribuição de 100 pontos significa que, para a decisão em causa, apenas esse critério é tido em conta.

Easton (1973) introduziu uma alteração ao método designada de *procedimento de estimativa de rácios*. É atribuída uma pontuação arbitrária ao critério mais importante identificado por um processo de ranking, recebendo os critérios de menor ordem de importância pontuações proporcionalmente mais baixas até se atingir o critério menos importante. A pontuação mais baixa atribuída ao último critério, serve de base de cálculo dos rácios. Mais concretamente, a pontuação de cada critério é dividida pela pontuação mais baixa, obtendo-se o rácio de cada critério. A normalização destes rácios é feita dividindo cada valor pelo total dos rácios, obtendo-se os pesos finais.

Para um exemplo de utilização deste método, ver Malczewski (1999, p.181).

3.2.4 Método baseado na comparação de critérios par-a-par

No contexto do processo de tomada de decisão denominado AHP (*Analytic Hierarchy Process*), Thomas Saaty (1977, 1980, 1987) desenvolveu a metodologia de comparação par-a-par, de uma forma mais complexa mas também mais promissora, para a obtenção dos pesos a atribuir aos vários critérios.

Este método baseia-se na construção de uma matriz quadrada $n \times n$ que permite efectuar a comparação entre os n critérios. Os diferentes critérios são dispostos pela mesma ordem ao longo das linhas e das colunas, por forma a que o valor a_{ij} represente a importância relativa do critério da linha i face ao critério da coluna j . Assim, resultando uma matriz recíproca cujos elementos são definidos como na equação 3.3, apenas é necessário avaliar a sua metade triangular inferior esquerda.

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \quad e \quad a_{ii} = 1, \quad \forall i, j \in \{1, 2, \dots, n\} \quad (3.3)$$

Para que seja possível estabelecer comparações par-a-par para todos os critérios é necessário definir uma escala de modo a normalizar todas as comparações efectuadas. Saaty (1980), propôs uma escala de comparação de critérios traduzida em nove níveis numéricos (Figura 3.2 e Quadro 3.1) invocando maior fiabilidade e eficiência desta escala face a outras mais curtas.

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Extremamente	Bastante	Muito	Pouco	Igual	Pouco	Muito	Bastante	Extremamente
menos importante					mais importante			

Fig. 3.2 Escala de comparação de critérios

Quadro 3.1 – Escala de comparação de critérios segundo Saaty

Valor	Definição e explicação
1	- Igual importância , os dois critérios contribuem de uma forma idêntica para o objectivo;
3	- Pouco mais importante , a análise e a experiência mostram que um critério é um pouco mais importante que o outro;
5	- Muito mais importante , a análise e a experiência mostram que um dos critérios é claramente mais importante que o outro;
7	- Bastante mais importante , a análise e a experiência mostram que um dos critérios é predominante para o objectivo;
9	- Extremamente mais importante , sem qualquer dúvida um dos critérios é absolutamente predominante para o objectivo;
2,4,6,8	- Valores intermédios , o compromisso é sempre aceitável.
Valores recíprocos dos anteriores	- Se um critério i possui um dos critérios anteriores quando comparado com o critério j , então o critério j possui o valor recíproco quando comparado com o critério i .

Nota: Valores de 1.1, 1.2, ..., 1.9, ou ainda mais refinados, podem ser utilizados para comparação de critérios extremamente próximos em grau de importância, tal como para 2.0 até 2.9, etc..

Fonte: adaptado de Saaty (1980)

A determinação dos pesos processa-se ao longo de sete etapas:

- Etapa 1: Construção da matriz de comparação par-a-par;
- Etapa 2: Cálculo do *eigenvector* principal;
- Etapa 3: Cálculo do máximo *eigenvalue*;
- Etapa 4: Cálculo do Índice de Consistência (CI-*Consistency Index*);
- Etapa 5: Cálculo do Índice de Aleatoriedade (RI-*Random Index*);
- Etapa 6: Cálculo do Grau de Consistência (CR-*Consistency Ratio*) através de CI/RI;
- Etapa 7: eventual reavaliação da matriz de comparação se CR superior a 0.1.

Este método mais complexo e demorado, exigindo por vezes a iteração para o cálculo do grau de consistência, permite obter valores aceitáveis para os pesos sempre que CR seja inferior a 0.1 - Saaty e Vargas (1991). Estabelecendo comparações par-a-par apenas entre critérios de igual nível, o seu procedimento está perfeitamente adequado a problemas em que os critérios se encontram hierarquizados.

3.3 Normalização de critérios

Normalmente a avaliação dos diferentes critérios resulta em grandezas e valores não comparáveis entre si, sendo obrigatório proceder à sua normalização para a mesma escala de valores no sentido de viabilizar a sua agregação.

De um modo geral, os processos de normalização são estabelecidos por curvas de normalização que utilizam valores máximo e mínimo, sendo a variação linear a forma mais simples para definir uma escala (Eastman, J. R., 1997):

$$x_i = \frac{R_i - R_{\min}}{R_{\max} - R_{\min}} \times \text{Intervalo_normalizado}, \quad \forall i \in \{1, 2, \dots, n\} \quad (3.4)$$

onde R_i é o valor de *score* a normalizar e R_{\min} e R_{\max} são os *scores* mínimo e máximo, respectivamente.

Quando o número de *scores* é suficiente para permitir o cálculo de médias e desvios padrão com algum significado, pode recorrer-se a uma outra forma de normalização denominada de *z-score* (Bossard, 1999) cujo valor é dado pela seguinte equação (Mendes *et al.*, 1999a):

$$Zscore = a \frac{R - m[R]}{s[R]} \quad (3.5)$$

onde R é o valor do *score* a normalizar, $m[R]$ é a média dos *scores* das diferentes alternativas em consideração e $s[R]$ é o respectivo desvio padrão. A variável a assume o valor +1 quando maiores valores do *score* do critério contribuem positivamente para o objectivo em causa, e o valor -1 quando maiores valores do *score* contribuem negativamente para o objectivo.

Assim definido, o *z-score* é o número de desvios padrão que o *score* daquele critério está acima ou abaixo da média dos *scores* de todas as alternativas consideradas. Uma utilização extensiva deste conceito pode ser consultada em Mendes *et al.* (1999a, 1999b) e Ramos (2000).

O processo de normalização de critérios é na sua essência idêntico ao processo de *fuzzification*¹ introduzido pela lógica *fuzzy*. A conversão de um conjunto de valores expressos numa determinada escala para outro comparável, expresso numa escala normalizada (por exemplo 0-1), permite obter um grau relativamente à pertença² que varia de 0.0 a 1.0, indicando um crescimento contínuo desde não pertença até pertença total, na base do critério submetido ao processo de *fuzzification*.

Para definir a variação entre o ponto mínimo a partir do qual os valores de *score* do critério começam a contribuir para a decisão, e o ponto máximo a partir do qual *scores* mais elevados não trazem contribuição adicional para a decisão, várias são as funções que podem ser utilizadas, designadas por funções *fuzzy* ou, mais genericamente e na terminologia anglo-saxónica por *fuzzy set membership functions*. São exemplo destas

¹ *Fuzzification* é a expressão original apresentada por Zadeh (1965), para a qual não se adoptou qualquer tradução. O mesmo acontece para a palavra *fuzzy*.

² Designado por *fuzzy membership* ou possibilidade.

funções, a Sigmoidal, a J-Shaped, a Linear e a Complexa, que podem ser consultadas em (Zadeh, 1965), (Eastman, 1997), (Mendes, 2000) e (Ramos, 2000).

A função *fuzzy* deve ser escolhida de acordo com a natureza do critério, sendo que a mais utilizada é a função sigmoideal. É também importante uma selecção rigorosa dos pontos de controlo, já que de certa forma calibram a função para critérios e realidades particulares. Um exemplo poderá ser encontrado em Ramos (2000).

3.4 Combinação de critérios

Uma vez normalizados os *scores* dos critérios para um intervalo fixado (0 a 1, ou outro), estes podem ser agregados de acordo com a regra de decisão. Para tal, existem diversas classes de operadores para a combinação de critérios (para uma descrição extensiva ver Malczewski, 1999). Nas secções seguintes apresentam-se dois procedimentos considerados como mais relevantes no âmbito dos processos de decisão de natureza espacial: a Combinação Linear Pesada (WLC³) e a Média Pesada Ordenada (OWA⁴).

3.4.1 Combinação Linear Pesada – WLC

O procedimento WLC (Voogd, 1983) combina os factores através da média pesada, dada pela equação:

$$S = \sum_i^n w_i x_i ; \quad (3.6)$$

em que S é o valor final do *score*, w_i é o peso do factor i , x_i é o valor normalizado para o mesmo factor e n é o número de factores. Uma vez que o somatório dos pesos é igual à

³ WLC deriva de *Weighted Linear Combination*. Por ser uma sigla reconhecidamente associada a este procedimento de agregação, será utilizada ao longo da dissertação.

⁴ OWA deriva de *Ordered Weighted Average*. Por ser uma sigla reconhecidamente associada a este procedimento de agregação, será utilizada ao longo da dissertação.

unidade, o *score* final vem calculado na mesma escala dos *scores* normalizados dos factores.

Quando para além dos factores que se expressam em escala de *scores* contínuas, se aplicam também as exclusões, expressas na escala binária 0/1, o procedimento pode ser alterado multiplicando o *score* calculado a partir dos factores pelo produto das exclusões:

$$S = \sum_i^n w_i x_i \times \prod_j^m c_j ; \quad (3.7)$$

onde c_j é o *score* (0/1) da exclusão j e m o número de exclusões.

O facto de permitir a compensação entre critérios (*Trade-off*), ou seja, uma qualidade (*score* a respeito de um critério) muito pobre numa dada alternativa pode ser compensada por um conjunto de boas qualidades (*scores* mais elevados) a respeito de outros critérios, constitui a característica mais importante deste procedimento.

3.4.2 Média Pesada Ordenada – OWA

Um novo procedimento de agregação de factores foi introduzido por Yager (1988), dando uma nova perspectiva de análise. Esta técnica não só utiliza os pesos de critérios usados no procedimento WLC, como também considera outro conjunto de pesos que não estão especificamente ligados a quaisquer factores. Após a aplicação normal do primeiro conjunto de pesos é aplicado o segundo conjunto por uma ordem que depende do valor do *score* de cada factor.

Este procedimento denomina-se OWA e os novos pesos denominam-se *order weights*, uma vez que a sua aplicação depende da ordenação dos factores que agregam (Yager, 1988; Eastman, J. R. e Jiang, H., 1996; Eastman, J. R., Jiang, H. e Toledano, J. 1998).

Tal como no procedimento WLC, da aplicação do primeiro conjunto de pesos aos factores resultam os *scores* pesados. Após ordenados de forma crescente, aplica-se a cada

factor o respectivo *order weight*. Trata-se de pesar os factores com base na sua ordem, do mínimo para o máximo (Ramos, 2000).

Possibilitando a variação dos *order weights*, o procedimento OWA permite implementar uma gama infinita de operadores de agregação. Num processo de decisão que envolva três factores, referem Eastman *et al.* (1998) que se produziria uma solução adversa ao risco (dita pessimista ou conservadora), equivalente ao operador lógico AND, se se aplicasse todo o peso ao factor com menor *score* recorrendo-se ao vector de *order weights* [1 0 0]. Pelo contrário, produzir-se-ia uma solução de elevado risco (dita optimista), equivalente ao operador lógico OR, caso se aplicasse todo o peso ao factor de mais alto *score*, recorrendo-se ao vector de *order weights* [0 0 1]. Por sua vez, um vector de *order weights* [0.33 0.33 0.33] aplicaria igual peso a todos os factores, produzindo uma solução de risco neutro (intermédia), equivalente ao operador WLC. Considerando apenas os *scores* extremos (mínimo e máximo), nos dois primeiros casos, os factores não podem ser compensados uns pelos outros estando-se numa situação de ausência de *Trade-off*. Contudo, no terceiro caso tendo sido atribuído um vector de *order weights* perfeitamente equilibrado, os factores podem compensar-se mutuamente, estando-se na presença de *Trade-off* total, permitindo que os bons *scores* de uns factores compensem os maus *scores* de outros factores. Equivalente a este último caso, o procedimento WLC não é mais que um caso particular do procedimento OWA.

A título ilustrativo, apresenta-se um pequeno exemplo de agregação de factores utilizando o procedimento OWA. Considere-se três factores com os *scores* e os pesos do Quadro 3.2.

Quadro 3.2 – Exemplo de agregação OWA – Factores

Factor	Score	Peso	Avaliação
A	100	0.5	50
B	200	0.1	20
C	150	0.4	60

A avaliação dos factores após a aplicação dos respectivos pesos, conduz à ordenação do menor para o maior: [B A C]. A aplicação de três conjuntos de *order weights* possibilita os resultados apresentados no Quadro 3.3.

Quadro 3.3 – Exemplo de agregação OWA - Resultados

Factor	Avaliação (1ª fase)	Order weight	Avaliação (2ª fase)	Score final (soma pesada)
B	20	1	20	20 (avaliação pessimista)
A	50	0	0	
C	60	0	0	
<hr/>				
B	20	0	0	60 (avaliação optimista)
A	50	0	0	
C	60	1	60	
<hr/>				
B	20	0.333	6.7	43.4 (WLC)
A	50	0.333	16.7	
C	60	0.333	20.0	

Os *order weights* não estão obviamente restringidos aos três casos apresentados. Na verdade qualquer combinação é possível desde que o seu somatório seja igual à unidade. A deslocação relativa dos *order weights* no sentido do mínimo para o máximo controla o nível de risco, dito ANDness (Figura 3.3). Por outro lado, a homogeneidade de distribuição dos *order weights* pelas diferentes posições controla o nível global de *Trade-off* (Figura 3.4).



Fig. 3.3 – Controlo de risco



Fig. 3.4 – Controlo do Trade-off

Resulta desta combinação um espaço estratégico de decisão, aproximadamente triangular, definido por um lado pela atitude de risco e, por outro lado, pelo nível de *Trade-off* (Eastman *et al.*, 1998), como pode ser observado na Figura 3.5. Assim, representa-se no eixo das abcissas a ordem do *ranking* e no eixo das ordenadas os *order weights*.

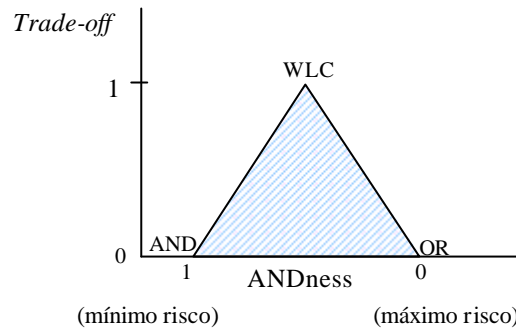


Fig. 3.5 – Espaço estratégico de decisão para o procedimento OWA

A variável *ANDness* mede a atitude de risco que é dada pela seguinte equação (Eastman *et al.*, 1998):

$$ANDness = \frac{1}{n-1} \sum_i^n [(n-i)O_i] \quad (3.8)$$

O *Trade-off* é definido por:

$$Trade - off = 1 - \sqrt{\frac{n \sum_i^n (O_i - 1/n)^2}{n-1}} \quad (3.9)$$

onde n é o número total de factores, i é a ordem do factor e O_i é o peso (*order weight*) para o factor de ordem i .

Considerando seis pontos de decisão, são apresentados no Quadro 3.4 os valores de *ANDness* e *Trade-off*, cujo posicionamento no espectro estratégico de decisão corresponde à Figura 3.6.

Quadro 3.4 – *ANDness* e *Trade-off* para vários pontos de decisão

Ponto	Order Weights		ANDness	Trade-off	Tipo de avaliação
A	[0.20 0.20 0.20 0.20 0.20]		0.50	1.00	Risco neutro <i>Trade-off</i> total
B	[1.00 0.00 0.00 0.00 0.00]		1.00	0.00	Risco mínimo (pessimista) Sem <i>Trade-off</i>
C	[0.00 0.00 0.00 0.00 1.00]		0.00	0.00	Risco máximo (optimista) Sem <i>Trade-off</i>
D	[0.55 0.25 0.10 0.05 0.05]		0.80	0.53	Baixo risco Algum <i>Trade-off</i>
E	[0.05 0.05 0.10 0.25 0.55]		0.20	0.53	Alto risco Algum <i>Trade-off</i>
F	[0.05 0.15 0.60 0.15 0.05]		0.50	0.49	Risco neutro Algum <i>Trade-off</i>

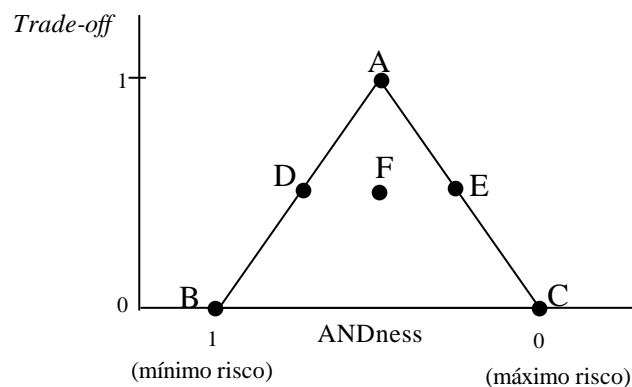


Fig. 3.6 – Pontos de decisão

CAPÍTULO 4

MODELO DE LOCALIZAÇÃO INDUSTRIAL PARA AVALIAÇÃO DE CENÁRIOS

4.1 Introdução

Neste capítulo procede-se à estruturação do modelo de localização industrial que será aplicado ao caso de estudo desenvolvido nesta dissertação.

O modelo que se adopta, apresentado e aplicado à localização industrial para o Noroeste de Portugal por Ramos (2000), baseia-se na combinação de três grandes eixos teóricos, a saber:

- modelos teóricos de localização industrial e estudos específicos realizados nacional e internacionalmente, nomeadamente os exercícios de identificação de critérios;
- análise multicritério como ferramenta de avaliação de alternativas através da combinação de diversos critérios;
- Sistemas de Informação Geográfica, que por possuírem potentes ferramentas de análise e processamento espacial, constituem um ambiente de desenvolvimento de modelos cartográficos.

4.2 Estrutura do modelo

4.2.1 Estrutura do processo de decisão

O processo de decisão para a localização de unidades industriais pretende comparar diferentes alternativas, possibilitando a identificação de áreas territoriais com maior aptidão para o uso industrial. Assim, são considerados múltiplos critérios organizados por grupos, ou estruturados hierarquicamente segundo a abordagem AHP (*Analytic Hierarchy Process*), desenvolvida originalmente por Saaty (1997,1980,1987).

O problema é ordenado em grupos de critérios e estes divididos em sub-grupos de nível inferior, permitindo ao decisor armazenar grande quantidade de informação e visualizar o problema de uma forma mais completa (Saaty e Kearns, 1985).

Na organização estrutural do problema, o nível superior deverá ser a meta a atingir, objectivo final do processo de decisão, e os restantes níveis são hierarquizados por forma a que níveis mais elevados contenham grupos de critérios mais abrangentes, aumentando a especificação à medida que se desce na hierarquia, terminando num nível de atributos facilmente avaliável e quantificável. O nível mais baixo deverá conter todos os critérios intervenientes no processo de decisão, isto é, ser o mais vasto possível por forma a cobrir todas as possibilidades relevantes na tomada de decisão.

O decisor estrutura a informação da forma que entende ser a necessária e a adequada para clarificar as suas prioridades e evidenciar algumas partes do processo de decisão (Saaty, 1990).

4.2.2 Selecção de técnicas associadas à avaliação multicritério

A selecção de técnicas a utilizar depende do objectivo a analisar e dos dados e recursos disponíveis.

Para a avaliação de pesos, sempre que estiver em causa avaliar a importância relativa dos critérios de localização considerados pelos empresários deverá ser utilizado o Método de Comparação Par-a-Par. Em outros critérios e querendo construir cenários de

avaliação podem ser utilizados métodos mais simples, nomeadamente o método baseado na distribuição de pontos, atribuindo-se directamente os pesos decimais aos critérios.

Relativamente à normalização de critérios, para variáveis contínuas utiliza-se o processo da *fuzzification*, ou seja, a aplicação de uma função *fuzzy* que deverá ser criteriosamente escolhida e calibrada. Para variáveis com valores numéricos discretos opta-se por calcular previamente o *Z-score* para cada localização alternativa e só depois aplicar a função *fuzzy*, dando contextualidade ao processo, dado que o *Z-score* é calculado em função da média e do desvio padrão dos valores em análise. No caso de critérios com escalas nominais, os *scores* normalizados deverão ser atribuídos arbitrariamente de acordo com a escala normalizada adoptada.

No que se refere à combinação de critérios, podem ser utilizados os procedimentos de agregação WLC (Combinação Linear Pesada) ou OWA (Média Pesada Ordenada), ou ainda a combinação de ambos ao longo da estrutura hierárquica de decisão. O procedimento OWA tem particular interesse quando se pretendem explorar cenários de risco e variação de *trade-off*.

4.2.3 Implementação em Ambiente SIG

Utilizando a informação organizada em diferentes níveis, é possível através de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) fazer várias operações de análise lógica, estatística e matemática, apresentando os resultados numa imagem ou numa tabela (Eastman *et al.*, 1993, 1994; Eastman *et al.*, 1998; Carver, 1991; Janssen and Rietveld, 1990; Honea *et al.*, 1991).

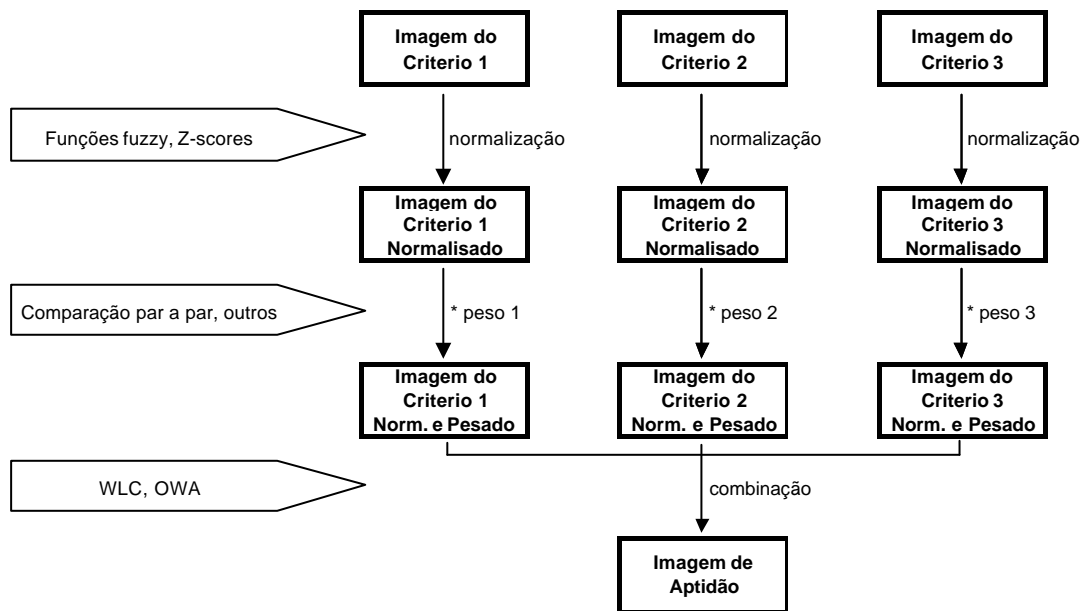
A avaliação multicritério pode ser implementada num SIG através de um dos procedimentos: o primeiro envolve a sobreposição *booleana*, na qual todos os critérios são reduzidos a declarações lógicas de aptidão (classificados de forma binária, 0/1) e então combinados por via de operadores lógicos como a intersecção (AND) e a união (OR); o segundo consiste na combinação de critérios contínuos (factores) através da normalização para uma escala comum e da aplicação de pesos para obter médias pesadas.

No modelo que se desenvolve nesta dissertação optou-se por um SIG *Raster*, sendo as Exclusões processadas por operadores booleanos e os Factores por operadores matemáticos.

A implementação do modelo, corresponde num SIG *Raster* ao processamento de cada pixel de uma imagem *Raster* representativa do território em análise, permitindo obter mapas contínuos de aptidão para a localização industrial, quer global (final) quer por níveis de análise (grupos de critérios).

No próximo capítulo serão descritos em detalhe os aspectos críticos da implementação do modelo, quer na preparação das imagens de base correspondentes aos critérios, quer na interpretação do exercício de modelação no quadro da álgebra de mapas.

A sequência a implementar em ambiente SIG para cada grupo de critérios e nível de análise é apresentada na Figura 4.1, onde são também indicadas as técnicas de Análise Multicritério a aplicar. Esta estrutura de análise será concretizada no capítulo 5, relativamente ao caso de estudo.



Fonte: Ramos (2000 ,pp. 122)

Fig. 4.1 – Estrutura de análise por nível e grupos de critérios

4.3 Modelo a desenvolver

Tal como mencionado no início do capítulo, o modelo apresentado é baseado em trabalhos desenvolvidos por Ramos (2000) para elaboração de tese de doutoramento. Assim, os dados que compõem os quadros apresentados são resultado de inquéritos realizados no âmbito desse estudo.

Seguidamente apresentam-se os diversos conjuntos de factores considerados, agrupados de acordo com o ponto de vista dos empresários e do ordenamento de território.

4.3.1 O ponto de vista dos Empresários

Consideram-se nesta secção dois grupos principais, a saber: os factores associados à actividade industrial e os factores associados a opções administrativas e sócio-económicas.

4.3.1.1 Factores associados à actividade industrial

Deste grupo de factores fazem parte cinco sub-grupos, com as seguintes categorias: Acessibilidade; Mão-de-Obra; Inércia Industrial; Infraestruturas Básicas e Equipamentos Terciários.

4.3.1.1.1. Acessibilidade

Pretende-se aqui avaliar as condições de acesso às localizações alternativas na perspectiva do transporte de matérias primas e dos produtos finais.

No Quadro 4.1 são apresentados os factores associados a este conjunto, bem como os respectivos resultados dos inquéritos realizados.

Quadro 4.1 – Factores associados à acessibilidade

Factores	Pesos	Função fuzzy	Dist. a (Km)	Dist. b (Km)
Proximidade a nós de autoestrada	0.2207	Sigmoidal	0.00	27.36
Proximidade a estradas da rede principal	0.3642	Sigmoidal	0.00	3.49
Proximidade a terminal rodoviário de carga	0.1581	Sigmoidal	0.00	10.40
Proximidade a terminal ferroviário de carga	0.1167	Sigmoidal	0.00	20.08
Proximidade a porto marítimo	0.0753	Sigmoidal	0.00	51.91
Proximidade a porto fluvial	0.0261	Sigmoidal	0.00	46.04
Proximidade a aeroporto com terminal de carga	0.0389	Sigmoidal	0.00	69.90

Fonte: Ramos (2000, pp.125)

4.3.1.1.2 Mão-de-Obra

Este conjunto de factores pretende avaliar a mão-de-obra disponível por unidade territorial (freguesia).

Foram considerados como factores relevantes o nível de actividade por freguesia, a população desempregada por freguesia e a população empregada no sector secundário por freguesia. No Quadro 4.2 apresentam-se os resultados obtidos pelo inquérito.

Quadro 4.2 – Factores associados à Mão-de-Obra

Factores	Pesos	Função fuzzy	Ponto a	Ponto b
População activa residente na freguesia	0.1155	Sigmoidal	*	*
População desempregada residente na freguesia	0.6017	Sigmoidal	*	*
População empregada no sector secundário res. na freguesia	0.2828	Sigmoidal	*	*

* Valor que depende da variável utilizada no processo de *fuzzification*. Tipicamente é utilizado o z-score, com os pontos de controlo da curva fuzzy iguais a $\pm n$, sendo n o número de desvios padrão acima ou abaixo da média.

Fonte: Ramos (2000, pp.125)

4.3.1.1.3 Inércia Industrial

Neste ponto é avaliada a actividade gerada pela existência de unidades industriais na área de estudo.

Consideraram-se como critérios a proximidade a aglomerados industriais e emprego existente no sector secundário por freguesia (Quadro 4.3).

Quadro 4.3 – Factores associados à Inércia Industrial

Factores	Pesos	Função fuzzy	Dist. a (Km)	Dist. b (Km)
Proximidade a aglomerados industriais	0.5000	Sigmoidal	0.00	3.21
Densidade industrial (emprego sector secundário/freguesia)	0.5000	Sigmoidal	*	*

Valor que depende da variável utilizada no processo de *fuzzification*. Tipicamente é utilizado o z-score, com os pontos de controlo da curva fuzzy iguais a $\pm n$, sendo n o número de desvios padrão acima ou abaixo da média.

Fonte: Ramos (2000, pp.126)

4.3.1.1.4 Infra-estruturas Básicas

No Quadro 4.4, podem observar-se os factores tidos como importantes para a avaliação da existência de infraestruturas básicas na atractividade à instalação de novas unidades industriais.

Quadro 4.4 – Factores associados às Infra-estruturas Básicas

Factores	Pesos	Função fuzzy	Dist. a (Km)	Dist. b (Km)
Proximidade a rede de abastecimento de água	0.1015	Sigmoidal	0.00	0.29
Proximidade a rede de drenagem de águas residuais	0.0734	Sigmoidal	0.00	0.30
Proximidade a rede de distribuição de energia eléctrica	0.3930	Sigmoidal	0.00	0.53
Proximidade a rede de distribuição de gás	0.1195	Sigmoidal	0.00	0.55
Proximidade a rede de comunicações	0.2753	Sigmoidal	0.00	0.46
Proximidade a ponto de recolha de resíduos sólidos	0.0373	Sigmoidal	0.00	0.66

Fonte: Ramos (2000, pp.126)

4.3.1.1.5 Equipamentos Terciários

A proximidade de equipamentos e serviços de apoio à actividade industrial é um factor relevante para a escolha da localização de áreas industriais. Os factores identificados para esta categoria e respectivos resultados apresentam-se no Quadro 4.5.

Quadro 4.5 – Factores associados aos Equipamentos Terciários

Factores	Pesos	Função <i>fuzzy</i>	Dist. <i>a</i> (Km)	Dist. <i>b</i> (Km)
Proximidade a um CBD	0.2269	Sigmoidal	0.00	16.53
Proximidade a um centro coordenador transp. rodo/ferrov.	0.4857	Sigmoidal	0.00	8.09
Proximidade a corporação de bombeiros	0.1407	Sigmoidal	0.00	5.95
Proximidade a serviço de saúde com urgência/emergência	0.1097	Sigmoidal	0.00	7.51
Proximidade a laboratório de cálculo/medida/controlo	0.0370	Sigmoidal	0.00	31.17

Fonte: Ramos (2000, pp.127)

4.3.1.1.6 Síntese

Os diferentes grupos associados à actividade industrial foram também avaliados comparativamente, resultando para cada um os pesos apresentados no Quadro 4.6.

Quadro 4.6 – Factores associados à Actividade Industrial

Grupos de Factores	Pesos
Acessibilidade	0.2860
Mão-de-obra	0.2939
Inércia industrial	0.0585
Infra-estruturas básicas	0.1318
Equipamentos terciários	0.2298

Fonte: Ramos (2000, pp.127)

4.3.1.2 Factores associados a Opções Administrativas e Sócio-Económicas

Este grupo de factores está subdividido em quatro categorias: preferências pessoais, políticas de incentivo à implantação industrial, proximidade a centros de investigação e ensino superior, proximidade a centros de decisão.

4.3.1.2.1. Preferências Pessoais

A definição do conjunto de factores a integrar nesta categoria tem alguma subjectividade, dado que depende da preferência dos empresários e consequentemente da personalidade, das características pessoais e do historial/tradição de cada um. Atendendo à

sua opinião, consideraram-se como factores associados ao bem estar social a proximidade a uma área urbana com particular qualidade de vida e a proximidade a uma área com infraestruturas de recreio e lazer. Os resultados desta análise podem ser consultados no Quadro 4.7.

Quadro 4.7 – Factores associados às Preferências Pessoais

Factores	Pesos	Função fuzzy	Dist. a (Km)	Dist. b (Km)
Proximidade a áreas urbanas com particular qualidade de vida	0.7087	Sigmoidal	0.00	18.60
Proximidade a áreas com infraestruturas de recreio e lazer	0.2913	Sigmoidal	0.00	44.40

Fonte: Ramos (2000, pp.128)

4.3.1.2.2 Políticas de incentivo à implantação industrial

Associados a esta categoria estão dois factores cuja avaliação é feita pela sua redução a unidades monetárias: incentivos municipais e incentivos centrais (Quadro 4.8).

Quadro 4.8 – Factores associados às Políticas de Incentivo à Instalação Industrial

Factores	Pesos	Função fuzzy	Ponto a	Ponto b
Políticas municipais	0.5153	Sigmoidal	*	*
Políticas centrais	0.4847	Sigmoidal	*	*

* Valor que depende da variável utilizada no processo de *fuzzification*. Tipicamente é utilizado o z-score, com os pontos de controlo da curva fuzzy iguais a $\pm n$, sendo n o número de desvios padrão acima ou abaixo da média.

Fonte: Ramos (2000, pp.128)

4.3.1.2.3 Proximidade a Centros de Investigação e Ensino Superior

A avaliação deste grupo é importante na medida em que constitui uma fonte de inovação, investigação e desenvolvimento, e também de recrutamento de quadros superiores. Os critérios considerados são: proximidade a Parques de Ciência e Tecnologia, proximidade a Universidades e proximidade a Institutos Politécnicos. Os resultados obtidos encontram-se no Quadro 4.9.

Quadro 4.9 – Factores associados à Proximidade a Centros de Investigação

Factores	Pesos	Função <i>fuzzy</i>	Dist. <i>a</i> (Km)	Dist. <i>b</i> (Km)
Proximidade a Parques de Ciência e Tecnologia	0.4870	Sigmoidal	0.00	43.40
Proximidade a Universidade com ramo tecnológico	0.3654	Sigmoidal	0.00	45.60
Proximidade a Instituto Politécnico com ramo tecnológico	0.1476	Sigmoidal	0.00	44.40

Fonte: Ramos (2000, pp.129)

4.3.1.2.4 Proximidade a Centros de Decisão

De acordo com os resultados dos inquéritos, os empresários consideraram relevante para este conjunto de factores a proximidade a Centros de Decisão a nível Municipal e a nível Central (Quadro 4.10).

Quadro 4.10 – Factores associados à Proximidade a Centros de Decisão

Factores	Pesos	Função <i>fuzzy</i>	Dist. <i>a</i> (Km)	Dist. <i>b</i> (Km)
Proximidade a centros de decisão a nível municipal	0.5214	Sigmoidal	0.00	33.60
Proximidade a centros de decisão a nível central	0.4786	Sigmoidal	0.00	217.60

Fonte: Ramos (2000, pp.129)

4.3.1.2.5 Síntese

A avaliação da importância relativa dos quatro conjuntos que compõem o grupo de factores associados a opções administrativas e sócio-económicas através do procedimento de comparação par-a-par, permitiu os resultados apresentados no Quadro 4.11.

Quadro 4.11 – Factores associados a Opções Administrativas e Sócio-Económicas

Grupos de Factores	Pesos
Preferências pessoais	0.2015
Políticas de incentivo à localização de novas indústrias	0.1893
Proximidade a centros de investigação e ensino superior	0.2851
Proximidade a centros de decisão	0.3241

Fonte: Ramos (2000, pp.130)

4.3.2 O ponto de vista do Ordenamento do Território

Como qualquer intervenção no território, a localização de unidades industriais assume grande importância quer do ponto de vista da sua estruturação, quer do ponto de vista do impacto ambiental causado. Por outro lado, existem certas limitações no uso do solo que devem ser respeitadas e que obrigam à exclusão de determinadas áreas do espaço de solução. Assim, os critérios associados ao ordenamento do território foram divididos em factores e exclusões.

4.3.2.1 Factores

4.3.2.1.1 Uso preferencial do solo

O uso preferencial do solo é estabelecido pelo Plano Director Municipal em vigor, o qual define no espaço territorial os diferentes usos do solo devidamente regulamentados. Uma vez que estes planos territoriais contemplam áreas de uso industrial preferencial, o que significa que já existe, à partida, uma solução, a forma de considerar este factor no modelo de localização é atribuir *scores* às diferentes classes de uso preferencial do solo na escala normalizada adoptada. Esta normalização é feita numa base arbitrária, estudada caso a caso, tendo em conta a natureza e as características do zonamento do território. Por exemplo, para áreas industriais já planeadas seria atribuído o *score* máximo, passando por diferentes valores de *score* de acordo com o uso preferencial do solo e a respectiva regulamentação.

4.3.2.1.2 Protecção Ambiental – Visibilidade a partir de áreas urbanas

As instalações industriais, pela sua dimensão e características funcionais, provocam normalmente impactos ambientais apreciáveis. Uma vez que se desconhece a natureza das indústrias que serão instaladas nas áreas seleccionadas, apenas será possível fazer um estudo ao impacto paisagístico causado. A simples visibilidade de áreas industriais a partir

de áreas urbanas é um factor de distúrbio ambiental. Assim, é importante impor distâncias de visibilidade, uma vez que, para certos territórios o próprio relevo é causador da total visibilidade.

Para efeitos de determinação de visibilidade/invisibilidade é vulgar limitar o raio de visualização, arbitrando *scores* na escala normalizada adoptada de acordo com a visibilidade/invisibilidade das áreas industriais a partir de áreas urbanas. Pretende-se deste modo atribuir maior aptidão às áreas invisíveis e menor aptidão às áreas visíveis.

Sempre que necessário é possível estudar caso a caso e atribuir valores de *scores* diferentes, ou mesmo incorporar qualquer outra função *fuzzy*.

4.3.2.1.3. Condições de implantação das instalações industriais

O factor mais limitativo na implantação de instalações industriais é o relevo do terreno. Zonas com declive muito acentuado, nomeadamente acima dos 10%, constituem sérios riscos à implantação de unidades industriais devido à forte possibilidade de ocorrer erosão, tornando-as em alternativas quase impossíveis se não mesmo impossíveis.

As zonas consideradas com maior aptidão ao uso industrial, por serem mais económicas pois quase não necessitam de grandes intervenções e principalmente por não apresentarem riscos para a construção, são aquelas cujo declive está abaixo dos 10%.

Em casos excepcionais, onde escasseiem áreas de baixa declividade, poderá considerar-se como alternativas zonas com declive entre 10% e 15%.

Neste contexto e dada a inconstante variação do declive no território, a aptidão do solo pode ser modelada através de uma curva *fuzzy* complexa com o seguinte desenvolvimento:

- declive no intervalo [0% ; 10%], *score* representado por uma recta decrescente com valores no intervalo [100% ; *n*%] relativamente ao *score* máximo;
- declive no intervalo]10% ; 15%], *score* representado por uma curva sigmoideal decrescente com valores no intervalo [*n*% ; 0%] relativamente ao *score* máximo;
- declive superior a 15% , *score* igual a zero.

O valor n é adaptado a cada caso, aumentando o seu valor com o declive do terreno da área territorial em estudo, o que permite aceder a mais altos valores de aptidão.

A Figura 4.2 representa um exemplo de uma curva *fuzzy* complexa, tendo sido adoptado o valor 50% para n e uma escala normalizada de 0.0 a 1.0.

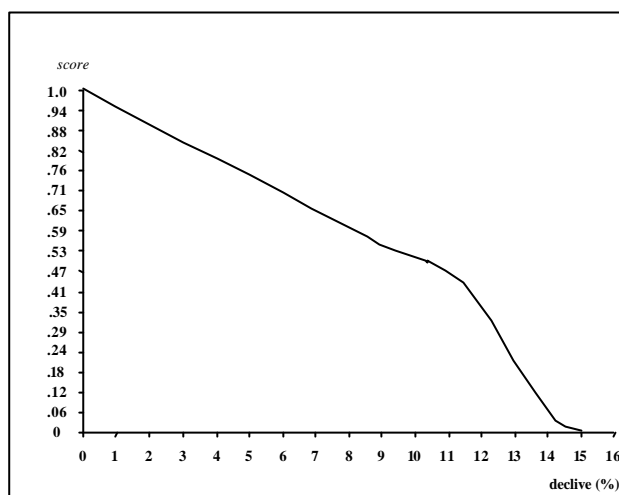


Fig. 4.2 – Exemplo de curva *fuzzy* para normalização do declive

4.3.2.1.4 Síntese

Admitiu-se o mesmo grau de importância para todos os factores associados ao ordenamento do território, sendo apresentados no Quadro 4.12 os pesos a eles atribuídos.

Quadro 4.12 – Factores associados ao Ordenamento do Território

Factores	Pesos
Uso preferencial do solo	0.3333
Protecção ambiental - visibilidade a partir de áreas urbanas	0.3333
Condições de implantação das instalações industriais	0.3333

Fonte: Ramos (2000, pp.133)

4.3.2.2 Exclusões

4.3.2.2.1 Uso do solo

O uso preferencial do solo, sendo um critério a ter em conta na localização de unidades industriais, poderá ser interpretado como descrito na secção 4.3.2.1.1, ou como uma exclusão quando existem classes de uso incompatíveis com a actividade industrial.

Pela sua generalidade, podem identificar-se algumas classes definidas como exclusões, a saber:

- áreas de uso urbano e de uso urbano planeado (prioritário);
- áreas de equipamentos colectivos existentes e previstos;
- áreas de uso industrial já ocupadas;
- áreas para indústrias extractivas existentes e planeadas;
- áreas agrícolas e agro-industriais integradas na Reserva Agrícola Nacional (RAN);
- áreas florestais e agro-florestais de elevada relevância económica;
- áreas de usos naturais de elevada relevância ambiental;
- áreas de uso cultural com elevado interesse arquitectónico, histórico ou arqueológico;
- espaços canal correspondentes a infraestruturas existentes e previstas.

Importa também definir uma barreira de separação entre os usos potencialmente incompatíveis com a actividade industrial. Assim, é introduzido no modelo uma exclusão em forma de *buffer* de protecção em torno das áreas com os seguintes usos:

- áreas de uso urbano existente;
- áreas de equipamentos colectivos existentes e previstos;
- áreas de uso naturais;
- áreas de uso cultural.

A largura do *buffer* a excluir, fixada caso a caso, depende do grau de incompatibilidade de usos percebido ou assumido, ou das disponibilidades de solo. Em casos correntes podem admitir-se *buffers* da ordem da centena de metros.

4.3.2.2.2 Protecção Ambiental

Relativamente à protecção de áreas ambientalmente sensíveis consideram-se como áreas a excluir as seguintes:

- áreas integrantes da Reserva Ecológica Nacional (REN);
- áreas únicas e ecossistemas classificados, que por alguma razão não constituam áreas pertencentes à REN;
- *buffers* de protecção de recursos hidro-geológicos cuja largura é fixada caso a caso.

4.3.2.2.3 Servidões e Restrições de Utilidade Pública

Por aplicação dos diplomas legais que instituem servidões e restrições de utilidade pública existem áreas que não são elegíveis para efeitos de localização industrial, as quais deverão ser excluídas. São exemplo, áreas de protecção a aeroportos, a vias rodoviárias, etc..

4.4 Síntese do modelo de localização

Nos quadros 4.13 a 4.16, e na Figura 4.2, apresenta-se uma síntese do modelo de localização industrial. O cálculo da aptidão é realizado a partir do nível mais baixo, designado por terceiro nível, utilizando os pesos apresentados nos Quadros.

Para o nível de agregação mais baixo admite-se que se possa apenas utilizar uma Combinação Linear Pesada (procedimento WLC). Os factores associados ao segundo nível de agregação são combinados utilizando os procedimentos WLC ou OWA, permitindo gerar cenários de avaliação (*risco/trade-off*) para os três grandes grupos de factores: associados à actividade industrial, associados a opções administrativas e sócio-económicas e associados ao ordenamento do território, constituindo o 1º nível da estrutura hierárquica do modelo.

As exclusões são combinadas em paralelo por sobreposição lógica com o operador AND, gerando o espaço total a excluir do problema de localização.

O nível de agregação mais elevado, através dos procedimentos WLC ou OWA, permite combinar diferentes cenários dos grandes grupos de factores, gerando os cenários finais de avaliação da aptidão do território para o uso industrial.

De forma a permitir a simulação de várias possibilidades e também proceder à análise de sensibilidade, os pesos devem ser escolhidos arbitrariamente nesta última fase de agregação.

Quadro 4.13 - Factores associados à Actividade Industrial – síntese

Factores e grupos de factores	Pesos
Factores associados à actividade industrial	
Acessibilidade	0.2860
Proximidade a nós de autoestrada	0.2207
Proximidade a estradas da rede principal	0.3642
Proximidade a terminal rodoviário de carga	0.1581
Proximidade a terminal ferroviário de carga	0.1167
Proximidade a porto marítimo	0.0753
Proximidade a porto fluvial	0.0261
Proximidade a aeroporto com terminal de carga	0.0389
Mão-de-obra	0.2939
População activa residente na freguesia	0.1155
População desempregada residente na freguesia	0.6017
População empregada no sector secundário res. na freguesia	0.2828
Inércia industrial	0.0585
Proximidade a aglomerados industriais	0.5000
Densidade industrial (emprego sect. secundário/freg.)	0.5000
Infraestruturas básicas	0.1318
Proximidade a rede de abastecimento de água	0.1015
Proximidade a rede de drenagem de águas residuais	0.0734
Proximidade a rede de distribuição de electricidade	0.3930
Proximidade a rede de distribuição de gás	0.1195
Proximidade a rede de comunicações	0.2753
Proximidade a ponto de recolha de resíduos sólidos	0.0373
Equipamentos terciários	0.2298
Proximidade a um CBD	0.2269
Proximidade a um centro coordenador transp. rodo/ferrov.	0.4857
Proximidade a corporação de bombeiros	0.1407
Proximidade a serviço de saúde com urgência/emergência	0.1097
Proximidade a laboratório de cálculo/medida/controlo	0.0370

Fonte: Ramos (2000, pp.136)

Quadro 4.14 - Factores associados a Opções Administrativas e Sócio-Económicas – síntese

Factores e grupos de factores	Pesos
Factores associados a opções administrativas e sócio-económicas	
Preferências pessoais	0.2015
Proximidade a áreas urbanas com qualidade de vida	0.7087
Proximidade a áreas com infraestruturas de recreio e lazer	0.2913
Políticas de incentivo à localização de novas indústrias	0.1893
Políticas municipais	0.5153
Políticas centrais	0.4847
Proximidade a centros de investigação e ensino superior	0.2851
Proximidade a Parques de Ciência e Tecnologia	0.4870
Proximidade a Universidade com ramo tecnológico	0.3654
Proximidade a Instituto Politécnico com ramo tecnológico	0.1476
Proximidade a centros de decisão	0.3241
Proximidade a centros de decisão a nível municipal	0.5214
Proximidade a centros de decisão a nível central	0.4786

Fonte: Ramos (2000, pp.137)

Quadro 4.15 - Factores associados ao Ordenamento do Território – síntese

Factores e grupos de factores	Pesos
Factores associados ao ordenamento do território	
Uso preferencial do solo	0.3333
Protecção ambiental - visibilidade a partir de áreas urbanas	0.3333
Condições de implantação das instalações industriais	0.3333

Fonte: Ramos (2000, pp.137)

Quadro 4.16 - Exclusões associadas ao Ordenamento do Território – síntese

Exclusões associadas ao ordenamento do território
Uso do solo
Protecção ambiental
Servidões e restrições de utilidade pública

Fonte: Ramos (2000, pp.137)

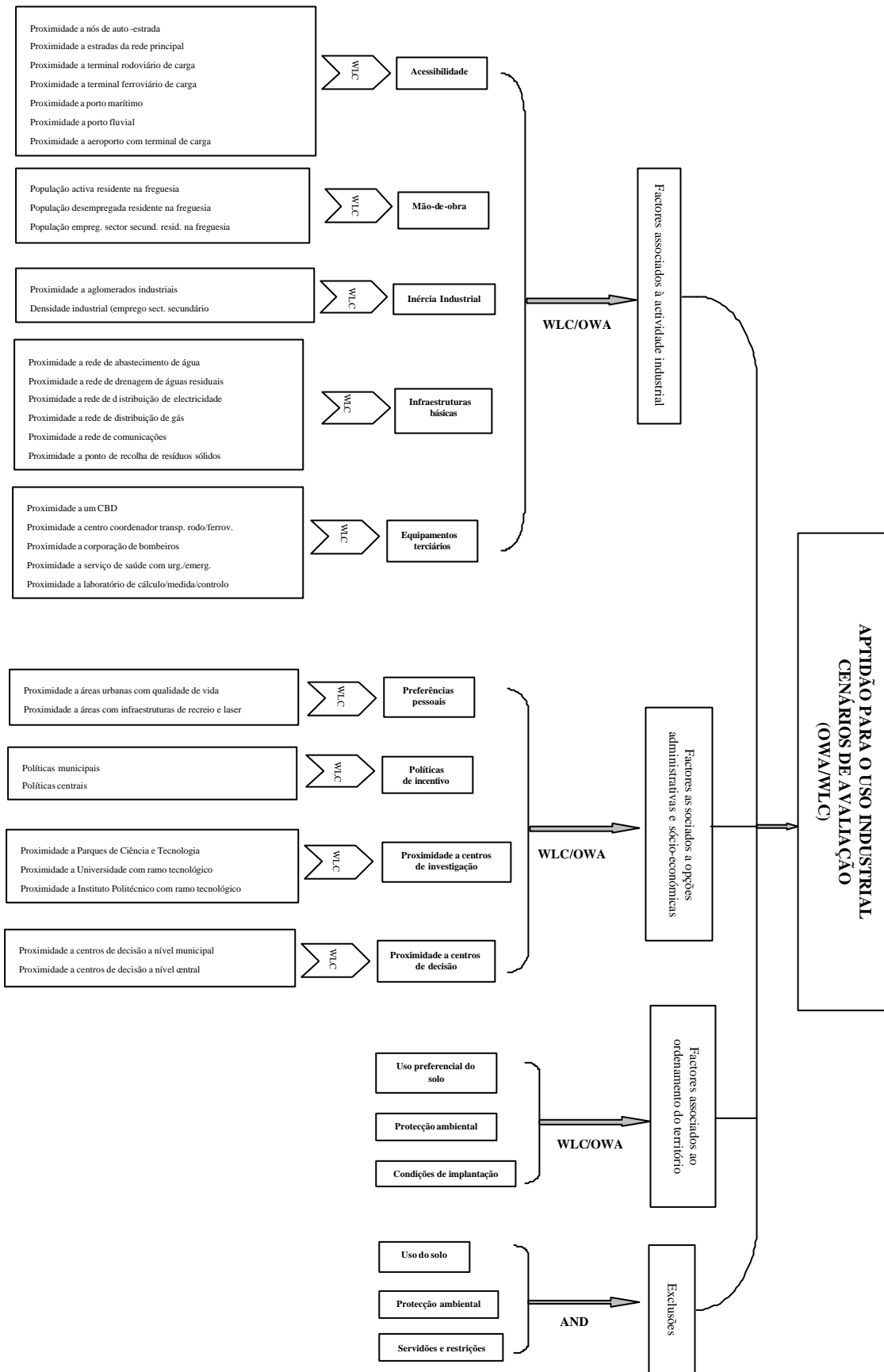


Fig. 4.3 – Modelo de localização industrial a implementar

CAPÍTULO 5

CASO DE ESTUDO - LOCALIZAÇÃO INDUSTRIAL PARA O MUNICÍPIO DE VIEIRA DO MINHO

5.1 Caracterização do Município de Vieira do Minho

O Município de Vieira do Minho, localizado geograficamente no noroeste de Portugal, na região do Minho, é um dos Municípios que compõem o distrito de Braga. Trata-se de um zona essencialmente rural de interior, fazendo fronteira com os Municípios de Terras de Bouro a Norte, Montalegre a Este e Nordeste, Póvoa de Lanhoso a Oeste, Amares a Noroeste, Cabeceiras de Basto a Sudeste e Fafe a Sul (Figura 5.1 e 5.2)

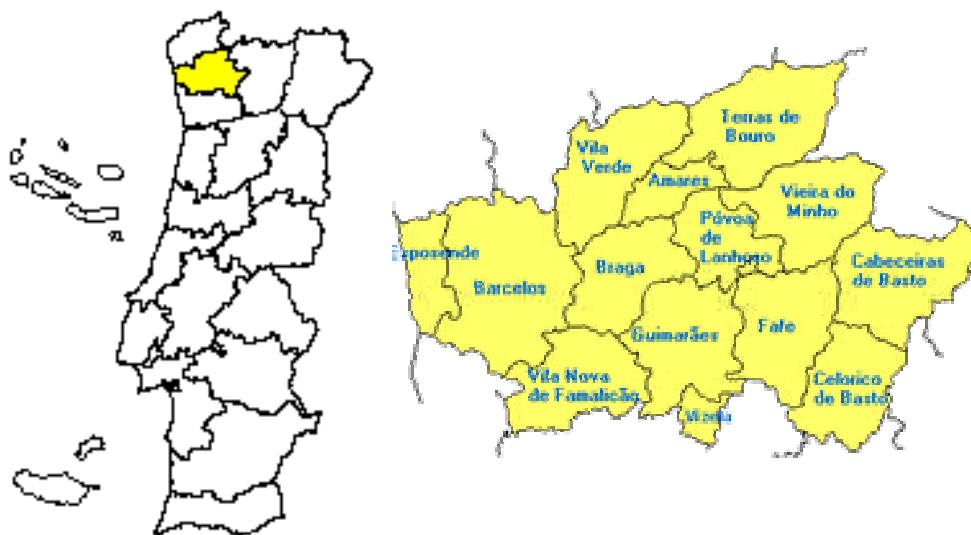


Fig. 5.1 – Enquadramento geográfico do Município de Vieira do Minho no país e no distrito

É essencialmente uma região montanhosa, com variação altimétrica que atinge uma diferença de cotas na ordem dos 1100 metros. As zonas mais baixas situam-se a Norte junto à barragem da Caniçada, cuja albufeira tem o nível de pleno armazenamento à cota 160 metros. As cotas mais altas ocorrem a Nordeste, atingindo o valor máximo de 1262 metros no Vértice Geodésico Cabreira.

Integra o conjunto de Municípios da Associação de Municípios do Vale do Cávado (AMVC), estruturada pela bacia hidrográfica do rio Cávado, como NUTS III do Ave, ficando no âmbito de actuação da Comissão de Coordenação da Região Norte (Figura 5.2).



Fig. 5.2 – Conjunto de Municípios da AMVC

De origem antiga, como atestam os inúmeros testemunhos arqueológicos existentes no local, as freguesias que actualmente agrega pertenceram antigamente a vários concelhos, termos, coutos e vilas já extintos.

Actualmente é constituído por vinte e uma freguesias (Figura 5.3), incluindo a sede de concelho que se localiza na Vila de Vieira do Minho, ocupa uma área aproximada de 220 km² e tem 14 724 habitantes (cerca de 4 % do total da população de todo o território abrangido pela AMVC).

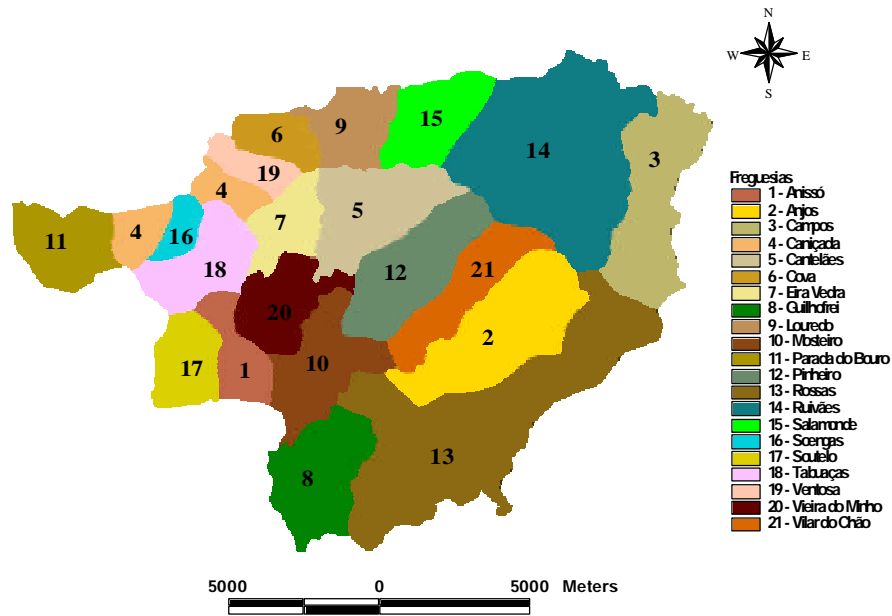


Fig. 5.3 – Divisão administrativa do Município

Vieira do Minho comunica com a região envolvente através de uma rede viária estruturante, composta pelas seguintes vias principais: a EN 103 que atravessa o concelho na parte setentrional, a EN 304 desenvolvida na direcção sudeste-noroeste e a EN 205 que se desenvolve na parte mais meridional do concelho (Figura 5.4).

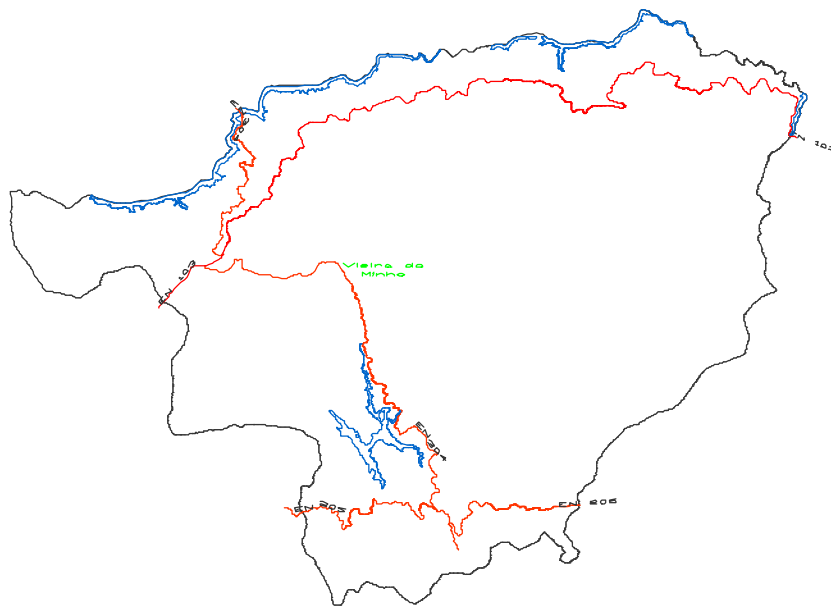


Fig. 5.4 – Principais acessibilidades ao Município

Verifica-se uma situação de equilíbrio na estrutura sectorial da população activa deste Município, registando-se uma percentagem de 19.8 % de pessoas ao serviço nos estabelecimentos industriais da zona territorial em estudo contra 74.7 % de toda a região do vale do Ave (dados relativos ao ano de 1996).

No total existem 39 estabelecimentos industriais de diversos tipos, distribuídos por várias freguesias do concelho, localizando-se a sua maioria na freguesia de Vieira do Minho.

5.2 Desenvolvimento do caso de estudo

5.2.1 Introdução

É objectivo deste trabalho desenvolver um modelo de análise multicritério com recurso a um Sistema de Informação Geográfica, que permita gerar diferentes cenários para avaliar as potencialidades do território do Município de Vieira do Minho na localização de zonas industriais. Assim, foram considerados múltiplos factores aos quais se atribuíram pesos de acordo com o seu grau de importância para o objectivo em causa (Ramos, 2000).

Sendo o espaço territorial um elemento contínuo, há que ter em conta toda a sua envolvimento geográfica. Assim, não serão apenas considerados os dados referentes ao município em estudo, mas também aqueles que, pertencentes a zonas vizinhas, interferem de algum modo na escolha da localização para as unidades industriais.

O modelo de localização industrial aplicado ao caso de estudo foi desenvolvido com recurso a um *software* de SIG designado por ArcView 3.2. O ArcView é uma marca registada da ESRI com uma interface gráfica que permite carregar bases geográficas; possuidor de um conjunto de ferramentas para visualização, exploração, inquirição, edição e análise da informação, permitindo depois visualizar os dados em forma de mapas, tabelas e gráficos. Parte da análise foi desenvolvida sobre a extensão *Spatial Analyst* do ArcView, uma vez que se trata de imagens em formato *raster* e este módulo é exclusivo para o processamento de imagens matriciais. A parte referente à análise multicritério e em particular o procedimento *Ordered Weighted Average* (OWA) desenvolveu-se no

programa IDRISI⁵, dado que o ArcView não possui nenhum módulo que permita a sua implementação. Sendo a sua programação possível mas complexa, optou-se por não a desenvolver, uma vez que não era objectivo primordial desta dissertação.

5.2.2 Sistemas de Informação Geográfica

Antes de prosseguir com a apresentação do caso de estudo convém aqui lembrar alguns conceitos associados aos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), uma vez que esta foi a ferramenta de análise espacial utilizada.

Um SIG pode ser definido como sendo “um sistema de *hardware*, *software* e procedimentos definidos para realizar a captura, ou introdução, armazenamento, manipulação, análise, modelação e apresentação de dados referenciados espacialmente, visando a resolução de problemas complexos de gestão e planeamento” (NCGIA, 1990). Está organizado numa base de dados devidamente geo-referenciada e hierarquicamente estruturada para possibilitar o acesso, análise e gestão desses mesmos dados. Assim, constitui uma estrutura de informação envolvendo dados de natureza alfanumérica, elementos de natureza gráfica e sobretudo o modo como se associam constituindo um Sistema de Informação Geográfica.

Nos SIG são utilizados dois tipos de estruturas de dados: *vectorial* e *raster*. Para o caso em estudo optou-se pelo modelo *raster*, uma vez que este modelo se adequa melhor à modelação de fenómenos com distribuição contínua, não havendo identificação exacta das fronteiras das entidades geográficas. O modelo *raster* utiliza uma partição do espaço em células designadas por pixels, formando uma malha sobre as entidades geográficas onde é feita a representação da realidade. A posição de cada célula é identificada pelo índice de linha e coluna numa matriz bidimensional em conjunto com a coordenada da primeira célula e com a dimensão das células. A cada célula está associado um único valor ou atributo que identifica apenas uma característica dessa porção de espaço. Para representar mais que uma característica referente ao mesmo espaço há necessidade de criar várias malhas, tantas quantos os atributos necessários à caracterização da realidade espacial.

⁵ Software de SIG *raster*

5.2.2.1 Funções de análise espacial

Seguidamente, apresentam-se resumidamente as operações de análise espacial importantes para o desenvolvimento do modelo.

Análise de proximidade

Os operadores que permitem gerar domínios (*buffers*) com base em critérios de vizinhança, são aplicáveis a temas de pontos, linhas e polígonos e geram um tema de polígonos cuja fronteira está a uma dada distância, geralmente fixa, dos elementos do tema original. O tema resultante é um mapa binário tendo como atributo a indicação de interior ou exterior do *buffer*.

Reclassificação de imagens

Esta operação consiste em alterar os valores das células de uma imagem resultando uma nova imagem. A cada célula é atribuído um valor que está directamente relacionado com o valor da mesma célula na imagem original, podendo-se distinguir a reclassificação de variáveis qualitativas e de variáveis quantitativas.

Sobreposição de imagens

A sobreposição de imagens consiste em gerar uma nova imagem a partir da combinação de duas ou mais imagens, através de operadores lógicos ou aritméticos. Os valores da imagem gerada resultam dos valores da mesma célula em todas as imagens combinadas e da operação utilizada.

Cálculo de declives

A partir de uma imagem representativa do modelo digital do terreno, em que cada célula contém a altitude média da área que ela representa, calculam-se os declives do terreno através de operações de vizinhança imediata. O declive de uma célula corresponde à relação dessa célula com as células vizinhas.

Imagens baseadas em distâncias euclidianas

Estas imagens são geradas através de operadores de vizinhança estendida em que o valor de cada célula da nova imagem pode depender dos valores das células de toda a imagem. Numa imagem de distância euclidiana, o valor de cada célula representa a distância em linha recta entre o centro da célula em causa e o centro da célula objectivo.

Imagens baseadas em distâncias com impedância

A nova imagem resulta da utilização de uma superfície de fricção ou impedância, que traduz a dificuldade de movimento sobre as células, podendo mesmo impedir a passagem. Neste caso, os valores das células da imagem custo-distância gerada são obtidos pelo atravessamento sucessivo das células contíguas de menor custo a partir da célula objectivo.

Cálculo de intervisibilidade

A imagem resultante define as células que representam áreas visíveis a partir de uma célula ou conjunto de células tendo em conta o relevo do terreno.

5.2.3 Proveniência da informação utilizada

Como base cartográfica utilizou-se o Plano Director Municipal do Município de Vieira do Minho, mais concretamente a Planta de Ordenamento e a Planta de Condicionantes e respectivo regulamento. Esta informação, à escala 1:10 000, permitiu aceder às diferentes classificações dos usos do solo, bem como às restrições existentes para a implantação de novas construções, nomeadamente indústrias.

Os dados relativos à população, activa, empregada, desempregada, e os referentes à situação de oferta de emprego por parte das indústrias localizadas no concelho (densidade industrial), foram recolhidos em informação cedida pelo Instituto Nacional de Estatística.

Para a realização do Modelo Digital do Terreno utilizou-se o tema altimetria das folhas 43, 44, 57, 58, 71 e 72 da série M888 da Carta Topográfica Militar de Portugal à escala 1: 25 000 do Instituto Geográfico do Exército (IGeoE), em formato digital. Constatou-se que as suas coordenadas cartográficas não coincidiam com as do Plano

Director Municipal, pelo que analisando e comparando as coordenadas cartográficas de pontos comuns nas duas bases cartográficas, concluiu-se que o diferencial existente é de $\Delta x = 200\,000\text{m} = (X_{\text{IgeoE}} - X_{\text{PDM}})$ e $\Delta y = 300\,000\text{m} = (Y_{\text{IgeoE}} - Y_{\text{PDM}})$. Dado ser a série M888 produzida com base no sistema de projecção cartográfica Hayford–Gauss Militar (HGM) cuja origem das coordenadas cartográficas se situa no designado Ponto Fictício, e sendo este um sistema que deriva do sistema de projecção cartográfica HGLx, apenas havendo translação da origem do sistema de eixos coordenados o que torna positivas as “coordenadas militares” no território de Portugal continental, dada pelas equações

$$\begin{cases} X_{HGM} = X_{HGLx} + 200\,000\text{m} \\ Y_{HGM} = Y_{HGLx} + 300\,000\text{m} \end{cases} \quad (5.1)$$

considerou-se que para efectuar a transformação de coordenadas bastaria fazer uma translação em x e em y para mudança de origem e obter um referencial comum. O vector translação considerado é o seguinte:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}_{PDM} = \begin{bmatrix} -200\,000 \\ -300\,000 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}_{IgeoE} \quad (5.2)$$

Assim, toda a informação cartográfica fica referenciada no sistema de coordenadas cartográfico do Plano Director Municipal.

5.2.4 Factores e Exclusões

Os factores e as exclusões quando combinados permitem gerar um espaço de decisão (solução). Os factores são os critérios que de acordo com o respectivo peso ou grau de importância considerado, avaliam a aptidão do solo para o assunto em estudo. As áreas que necessitam de protecção e cujo uso é incompatível com a solução procurada devem ser preservadas e, portanto, excluídas da análise. Assim, as exclusões são critérios que restringem o espaço de decisão.

Os factores considerados são os já referidos no capítulo 4 e resultam de inquéritos realizados a empresários da região noroeste de Portugal, nomeadamente os respeitantes à actividade industrial e a opções administrativas e sócio-económicas. Os factores associados ao ordenamento do território têm por base a Planta de Ordenamento, bem como o Modelo Digital do Terreno.

Uma vez que os vários critérios utilizam medidas diferentes, antes de proceder à respectiva agregação é necessário convertê-los para a mesma escala normalizada de *scores*. Este processo designado por Normalização é feito através da definição de uma função *fuzzy* ou por reclassificação das imagens. Dado o ArcView não possuir qualquer ferramenta para este tipo de processamento, houve necessidade de desenvolver uma *Script*⁶ que possibilitasse a normalização das imagens *raster* através de curvas *fuzzy* sigmoidal crescentes e decrescentes.

No Quadro 5.1, apresentam-se os factores considerados na análise, respectivos pesos e ponto de controlo *b* (distância máxima) de cada função *fuzzy*, uma vez que o ponto de controlo *a* assume sempre o valor zero.

Note-se que alguns dos critérios apresentados no modelo geral não têm aplicação à realidade do território em estudo; ou porque não existem ou porque se localizam a uma distância superior à considerada aceitável pelos empresários, pelo que os seus pesos serão distribuídos proporcionalmente pelo grupo de critérios do qual fazem parte. Estes critérios são: proximidade a terminal rodoviário de carga, proximidade a terminal ferroviário de carga, proximidade a porto marítimo, proximidade a porto fluvial, proximidade a aeroporto com terminal rodoviário, proximidade a rede de distribuição de gás, proximidade a Parques de Ciência e Tecnologia e proximidade a Instituto Politécnico com ramo tecnológico. Também o grupo de factores relativo às Políticas de incentivo à localização de novas indústrias deixou de ser considerado para o modelo, uma vez que, estando em estudo apenas um município estes factores não são diferenciadores do espaço. O seu peso foi distribuído proporcionalmente pelos restantes grupos de critérios que compõem o conjunto de factores associados a opções administrativas e sócio-económicas.

Para simplificar a escrita atribuiu-se um código identificativo aos critérios. Cada conjunto de critérios é identificado por um letra, acrescentando-se a esta letra um ou dois algarismos caso se trate de um grupo ou de factores pertencentes a esse grupo (Quadro 5.1).

⁶ Programa escrito em Avenue, linguagem de programação do ArcView.

Quadro 5.1 – Factores e grupos de factores correspondentes ao Município de Vieira do Minho

Designação	Código	Pesos	D _{max} (Km)
Factores associados à actividade industrial			
Acessibilidade	A1	0.2860	
Proximidade a nós de auto-estrada	A11	0.3774	27.36
Proximidade a estradas da rede principal	A12	0.6226	3.49
Mão-de-obra	A2	0.2939	
População activa residente na freguesia	A21	0.1155	---
População desempregada residente na freguesia	A22	0.6017	---
População empregada no sect. sec. residente na freguesia	A23	0.2828	---
Inércia industrial	A3	0.0585	
Proximidade a aglomerados industriais	A31	0.5000	3.21
Densidade industrial	A32	0.5000	---
Infra-estruturas básicas	A4	0.1318	
Proximidade a rede de abastecimento de água	A41	0.1153	0.29
Proximidade a rede de drenagem de águas residuais	A42	0.0834	0.30
Proximidade a rede de distribuição eléctrica	A43	0.4463	0.53
Proximidade a rede de comunicações	A44	0.3126	0.46
Proximidade a ponto de recolha de resíduos sólidos	A45	0.0424	0.66
Equipamentos terciários	A5	0.2298	
Proximidade a um CBD	A51	0.2269	16.53
Proximidade a centro coordenador transportes rodo/ferrov.	A52	0.4857	8.09
Proximidade a corporação de bombeiros	A53	0.1407	5.95
Proximidade a serviço de saúde com urgência/emergência	A54	0.1097	7.51
Proximidade a laboratório de cálculo/medida e controlo	A55	0.0370	31.17
Factores associados a opções administrativas e sócio-económicas			
Preferências pessoais	B1	0.2486	
Proximidade a áreas urbanas com qualidade de vida	B11	0.7087	18.60
Proximidade a áreas com infra-estruturas de recreio e lazer	B12	0.2913	44.40
Proximidade a centros de investigação e ensino superior	B2	0.3517	
Proximidade a Universidade com ramo tecnológico	B21	1.0000	45.60
Proximidade a centros de decisão	B3	0.3997	
Proximidade a centros de decisão a nível municipal	B31	0.5214	33.60
Proximidade a centros de decisão a nível central	B32	0.4786	217.60
Factores associados ao ordenamento do território			
Uso preferencial do solo de acordo com o PDM	C1	0.3333	---
Protecção ambiental – visibilidade a partir de áreas urbanas	C2	0.3333	---
Condições de implantação das instalações industriais	C3	0.3333	---

As exclusões estão associadas ao ordenamento do território e dizem respeito a áreas protegidas ou inaptas à solução, classificadas na Planta de Ordenamento, na Planta de Condicionantes e também a dados relativos às Servidões Administrativas e Restrições de Utilidade Pública. No Quadro 5.2 são apresentadas as exclusões correspondentes ao caso de estudo.

Quadro 5.2 – Exclusões relativas ao caso de estudo

Exclusões associadas ao ordenamento do território	
Descrição	Código
Uso do solo	E1
Exclusão de zonas classificadas em sede de PDM com o seguinte uso: Áreas urbanas existentes; Áreas de expansão urbana preferenciais; Áreas de equipamentos colectivos; Áreas de indústrias extractivas; Áreas agrícolas e agro-industriais integradas na RAN; Áreas florestais e agro-florestais de uso condicionado; Áreas de uso cultural (edifícios públicos ou imóveis classificados e campo de tiro); Áreas de uso natural (albufeiras); Áreas de depósito de resíduos sólidos.	E11
Exclusão de <i>buffer</i> de protecção com largura de 500 metros em torno dos limites das albufeiras.	E12
Protecção ambiental	E2
Reserva Ecológica Nacional – REN.	E21
Áreas únicas e ecossistemas classificados não incluídos na REN.	E22
Áreas de protecção – <i>buffer</i> de 10 metros para cada lado do leito das linhas de água principais.	E23
Servidões administrativas e restrições de utilidade pública	E3
<i>Buffer</i> de protecção de 15 metros em redor dos vértices geodésicos.	E31
<i>Buffer</i> de protecção às Estradas Nacionais (EN) – 20 metros para cada lado do eixo da estrada (EN103; EN103-4; EN103-8; EN205; EN304; EN614).	E32
<i>Buffer</i> de protecção às Estradas Municipais (EM) – 8 metros para cada lado do eixo da via (EM526; EM527; EM528; EM595; EM595-1; EM599; EM600; EM601; EM623).	E33

5.2.5 Preparação dos dados

Os dados gráficos correspondentes ao Plano Director Municipal encontravam-se em AutoCAD⁷, fazendo parte destes a Planta de Ordenamento e a Planta de Condicionantes. Após leitura e análise minuciosa dos mesmos, adquiriu-se o primeiro conhecimento da realidade espacial do território em estudo. A partir da análise detalhada

⁷ Programa desenvolvido para Desenho Assistido por Computador (DAC).

de toda a informação disponibilizada pelo PDM, procedeu-se à selecção e segregação da relevante para o caso de estudo.

O sucesso de um SIG depende da qualidade da base cartográfica. Assim, houve necessidade de proceder à correcção gráfica de toda a informação para ser possível a sua correcta leitura pelo *software* de SIG utilizado.

Exemplos de correcções efectuadas no AutoCad são: fechar os contornos de polígonos, operação de “limpeza” das entidades gráficas de intersecções indevidas, colocar toda a informação à mesma cota zero, etc.. Concluídas as correcções, cada um dos respectivos layers foi adicionado como tema a um projecto do programa ArcView onde se converteram para ficheiros *shapefile*⁸. Procedeu-se à verificação dos mesmos, comparando-os com os temas originais.

Verificou-se ainda que existiam lacunas de informação entre polígonos, ou seja, espaços vazios isentos de qualquer indicação do tipo de uso do solo aí praticado. Por outro lado, também acontecia o contrário noutras áreas, isto é, havia sobreposição de polígonos, o que atribuía ao mesmo espaço dois ou mais usos do solo diferente. Para contornar este obstáculo recorreu-se ao programa ARC/INFO⁹ para criação de topologia, pois o ArcView não possui essas capacidades. Esta aplicação, após conversão das layers em *coverages*, efectua uma operação de *clean*, criando nós sempre que linhas se cruzam e gera uma tabela de atributos espaciais dos temas, na qual são armazenadas as relações de conectividade entre arcos e contiguidade entre polígonos. Após esta operação todo o espaço ficou preenchido, procedendo-se de seguida à correcção manual da informação. O programa questionava acerca do uso a atribuir aos espaços ambíguos, aos quais era atribuído um tipo de uso do solo tendo como critério de escolha o uso adjacente. De seguida foi necessário seleccionar cada uso em separado para verificação dos mesmos, confrontando-os com as layers originais. Sempre que se detectavam áreas com um tipo de uso atribuído incorrectamente efectuava-se a devida correcção. Este processo foi indispensável para a criação do mapa de usos do solo. O tema resultante foi convertido para formato *shape* para poder ser editado no programa ArcView.

Toda a base cartográfica, encontrando-se em formato vectorial foi convertida para formato *raster*, uma vez que, como já referido os modelos matriciais se adequam melhor à

⁸ Os ficheiros *shapefile* são o formato do ArcView para guardar a informação geográfica.

⁹ ARC/INFO é uma marca registada da ESRI

modelação de fenómenos contínuos. Considerou-se ser suficiente para a modelação do problema em causa uma malha de células quadradas de 20x20 metros cada.

5.2.6 Implementação do modelo em ambiente SIG

Para gerar os diferentes cenários de localização industrial aplicados ao Município de Vieira do Minho, os vários factores e exclusões foram modelados em ambiente SIG por forma a implementar o modelo de avaliação multicritério. As imagens obtidas constituem o 3º nível da estrutura hierárquica de análise, as quais quando combinadas geram o 2º nível, que por sua vez permitem chegar ao 1º nível.

Cada grupo de factores do 3º nível é combinado pelo procedimento WLC, gerando imagens pesadas que constituem o 2º nível hierárquico. Os três conjuntos de factores pertencentes ao 2º nível, quando combinadas as respectivas imagens pelo processo OWA ou WLC, estruturam o 1º nível da hierarquia. A combinação das imagens do 1º nível e em conjunto com as exclusões permitem gerar cenários de localização industrial (Figura 5.5).

Cada imagem inicial é processada sequencialmente através de operadores de álgebra de mapas e de ferramentas de análise espacial do ArcView, tendo sempre em vista o objectivo da análise.

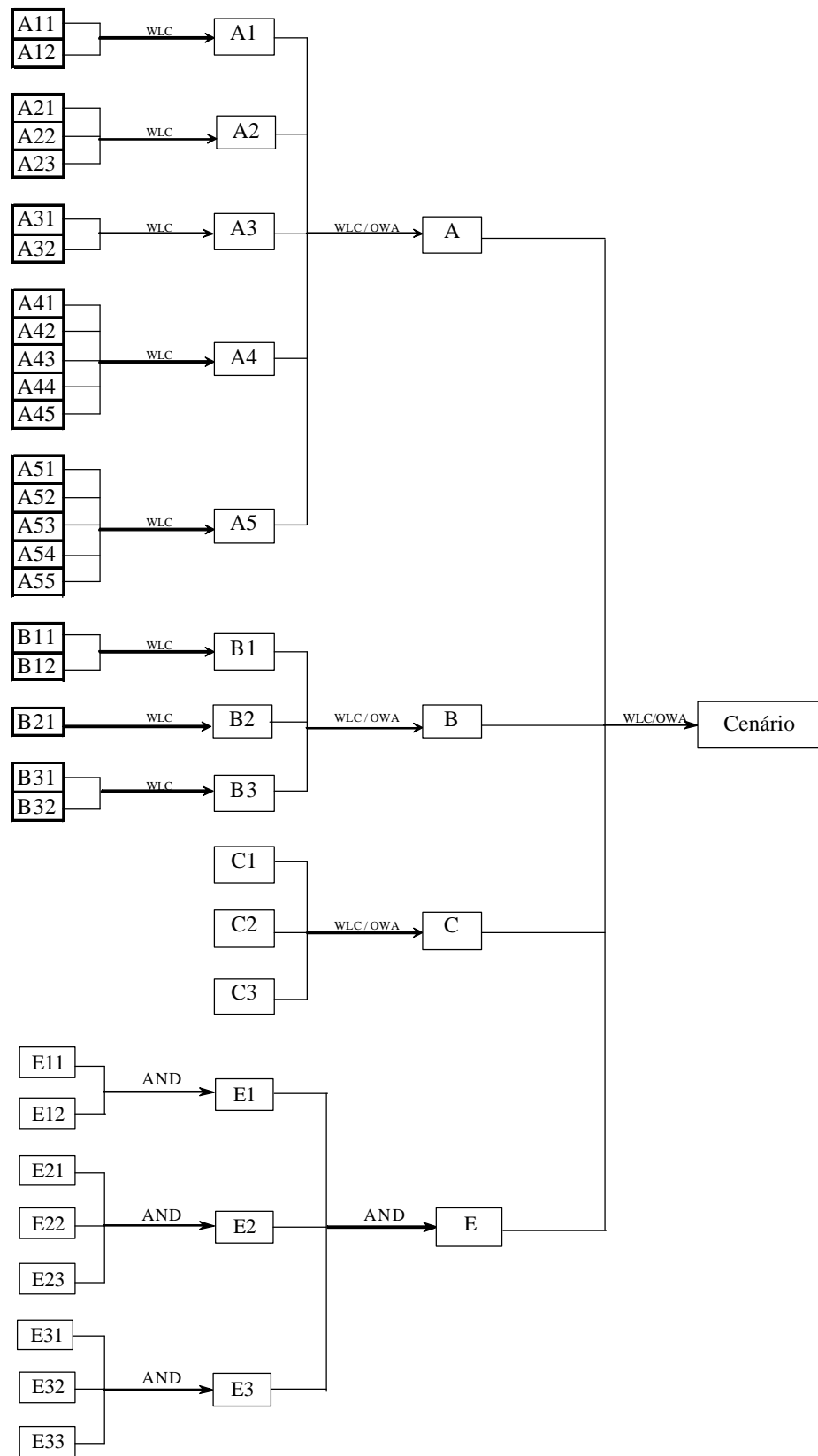


Fig. 5.5 – Estrutura hierárquica do modelo para geração de cenários de avaliação

5.2.6.1 Preparação das imagens referentes ao 3º nível hierárquico

A preparação das imagens do 3º nível hierárquico inicia-se com a conversão do tema vectorial para formato *raster*. O desenvolvimento do processo de preparação depende do tipo de factor, isto é, factores que envolvem o cálculo de distâncias têm um tratamento diferente de factores que envolvam dados relativos à população. Deste modo serão apresentados em separado.

Imagens que envolvem o cálculo de distâncias

Dentro deste grupo há que considerar duas formas distintas para o cálculo de imagens.

As que pertencem a factores que envolvem o cálculo de distâncias para o estudo de proximidade sem necessidade de percorrer a rede viária, correspondentes ao cálculo de distâncias euclidianas. Os factores incluídos neste conjunto são: proximidade a aglomerados industriais, proximidade a rede de abastecimento de água, proximidade a rede de drenagem de águas residuais, proximidade a rede de distribuição eléctrica, proximidade a rede de comunicações e proximidade a ponto de recolha de resíduos sólidos. Dado não existir informação gráfica relativa ao traçado das redes, o cálculo da proximidade foi feito a partir dos aglomerados urbanos. No caso da proximidade a rede de distribuição eléctrica foi determinada a partir dos postes de transformação.

A normalização dos valores das imagens foi feita pela utilização de uma curva *fuzzy* sigmoidal decrescente. Apresenta-se o fluxograma tipo para o cálculo destas imagens, bem como o exemplo da imagem A31 referente a proximidade a aglomerados industriais, antes e após a normalização (Figuras 5.6, 5.7 e 5.8). Na imagem não normalizada a cor branca corresponde à distância zero, isto é, aos aglomerados industriais existentes e planeados no PDM, e a primeira tonalidade vermelha (primeira classe visualizada) corresponde à mancha da distância máxima que os empresários consideram aceitável para o factor (Quadro 5.1). Relativamente à imagem normalizada, o *score* zero corresponde à cor branca e no *score* 0.0001 inicia-se a tonalidade vermelha.

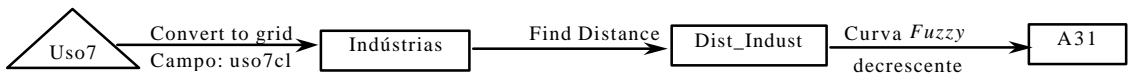


Fig. 5.6 – Fluxograma de preparação da imagem A31 (imagem que envolve o cálculo de distâncias euclidianas)

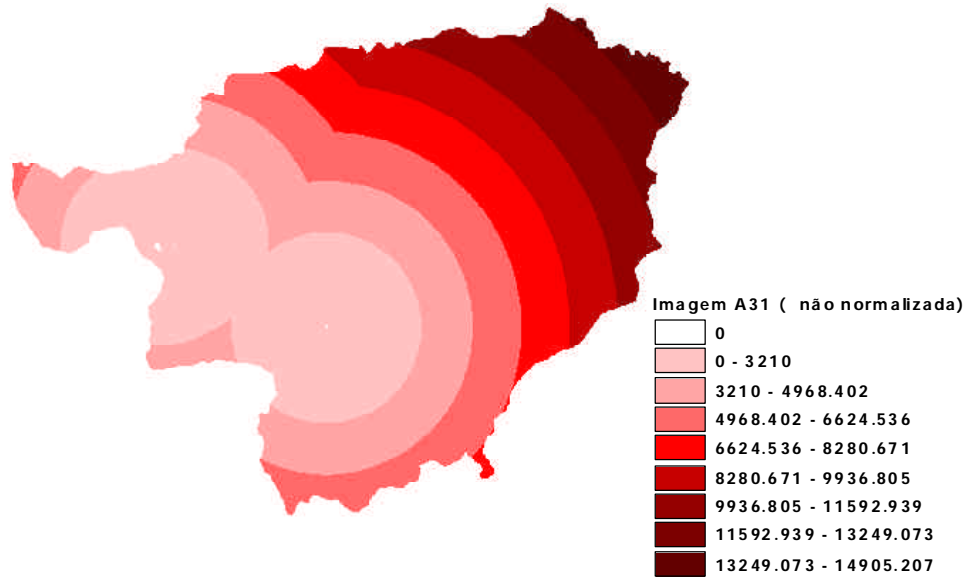


Fig. 5.7 – Imagem A31 não normalizada

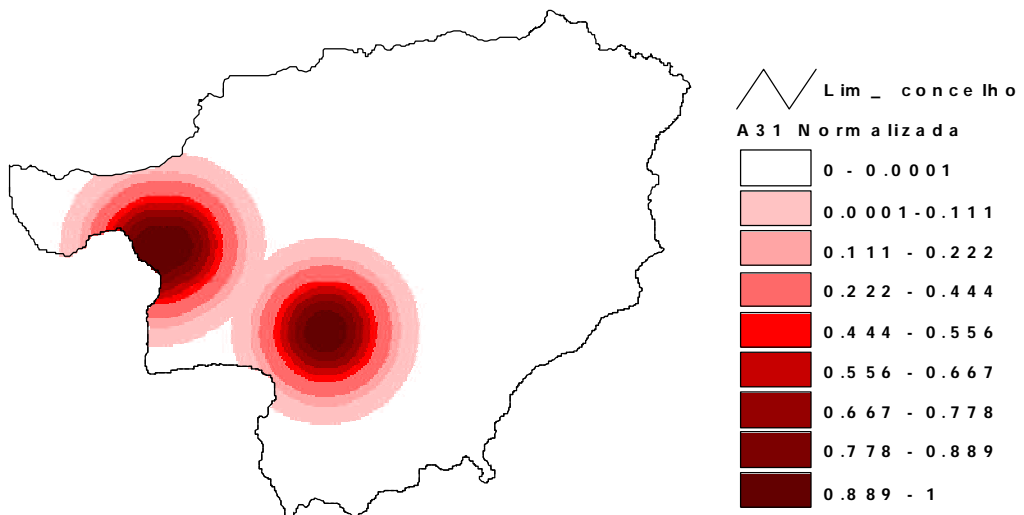


Fig. 5.8 – Imagem A31 normalizada

Existem também as imagens referentes a factores cujo cálculo envolve a criação de uma imagem custo-distância. Esta imagem representa o custo de deslocação sobre a superfície e o valor de cada célula resulta do produto da distância pelo factor de impedância. Dada a morfologia do território foram considerados seis factores de impedância para a criação do mapa de fricção, aos quais foram atribuídos os seguintes valores:

- 1 para deslocações sobre a rede viária principal (estradas nacionais e municipais);
- 2 para deslocações fora da rede viária principal com declives entre 0% e 5%;
- 3 para deslocações fora da rede viária principal com declives entre 5% e 10%;
- 4 para deslocações fora da rede viária principal com declives entre 10% e 15%;
- 20 para deslocações fora da rede viária principal com declives superiores a 15%;
- 100 para as albufeiras, por forma a que aí fosse marcada uma barreira no cálculo das distâncias pesadas.

Estes valores de fricção têm como objectivo principal dificultar as deslocações fora da rede viária principal, uma vez que sobre esta o factor é unitário.

O mapa de fricção foi gerado a partir das imagens referentes à rede viária principal, às albufeiras e ao declive reclassificado em quatro classes, as quais correspondem aos valores de declives do mapa de fricção. Respectivamente, nas Figuras 5.9, 5.10 e 5.11 apresentam-se as imagens relativas ao declive, ao declive reclassificado e ao mapa de fricção.

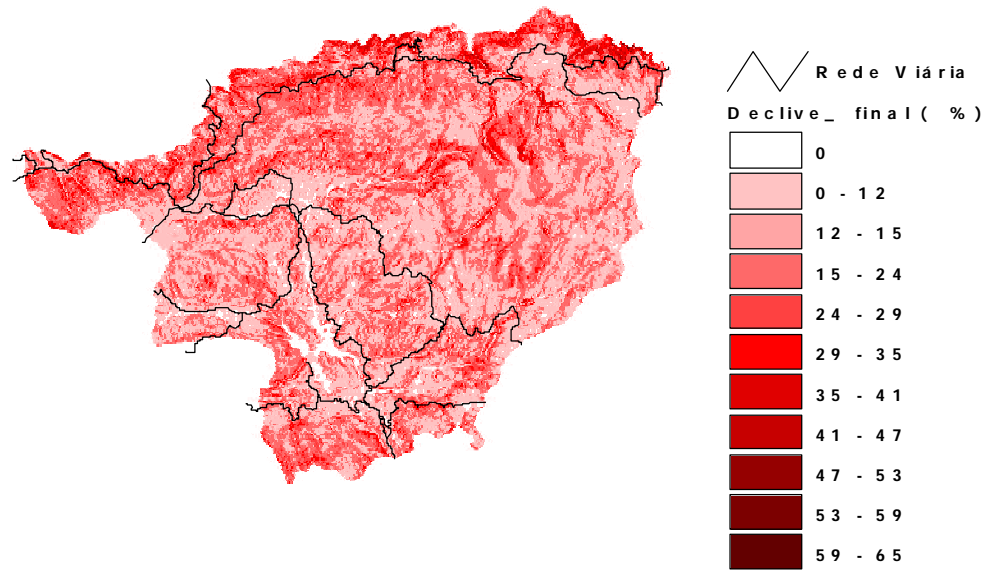


Fig. 5.9 – Mapa de declives

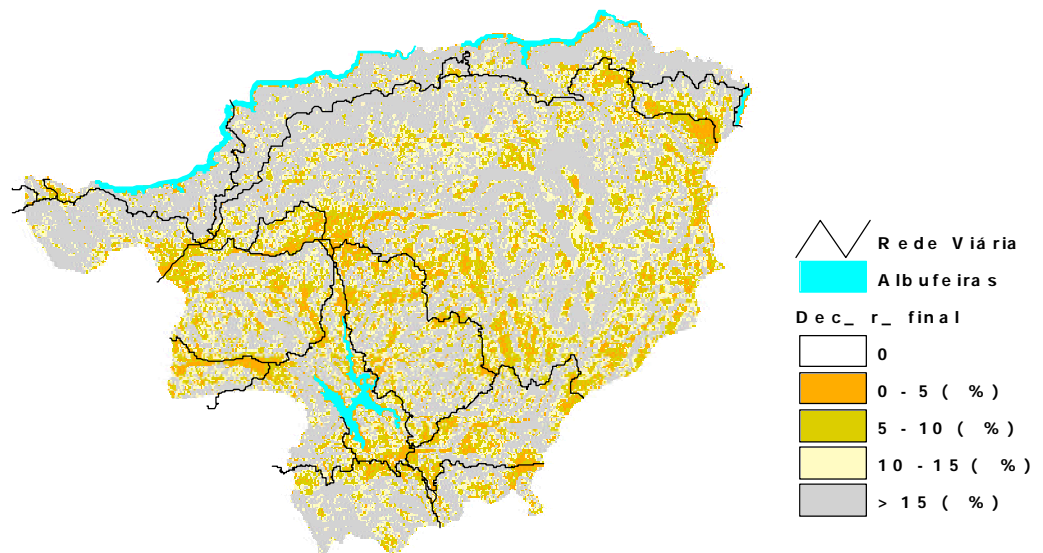


Fig. 5.10 – Mapa de declives reclassificado

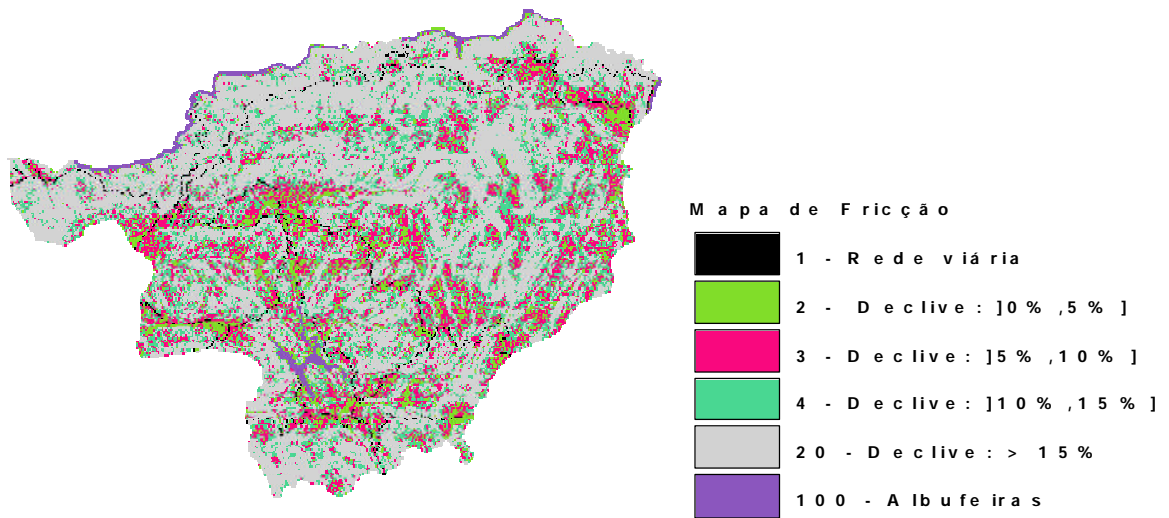


Fig. 5.11 – Mapa de fricção

Pertencem a este grupo de análise os seguintes factores: proximidade a nós de auto-estrada, proximidade a estradas da rede principal, proximidade a um CBD, proximidade a um centro coordenador de transportes rodo/ferroviário, proximidade a corporação de bombeiros, proximidade a serviço de saúde com urgência/emergência, proximidade a laboratório de cálculo/medida e controlo, proximidade a áreas urbanas com qualidade de vida, proximidade a áreas com infra-estruturas de recreio e lazer, proximidade a Universidade com ramo tecnológico, proximidade a centros de decisão a nível municipal e proximidade a centros de decisão a nível central. Tal como acontecia nos factores anteriores, também para a normalização destes critérios se utilizaram curvas *fuzzy* sigmoidal decrescentes.

Apresenta-se o fluxograma da análise na Figura 5.12 e uma imagem deste tipo antes da normalização dos valores dos atributos das células (Figura 5.13) e após a normalização (Figura 5.14). Na imagem não normalizada, a cor branco corresponde a distâncias inferiores a 24000 metros, distância a percorrer desde o limite do concelho até ao nó mais próximo de auto-estrada, e a primeira tonalidade de vermelho (segunda classe) representa o limite máximo da distância que os empresários estão dispostos a percorrer para acederem à auto-estrada. Relativamente à imagem normalizada, a cor branco corresponde ao *score* com valor zero iniciando-se a tonalidade vermelha no *score* 0.0001.

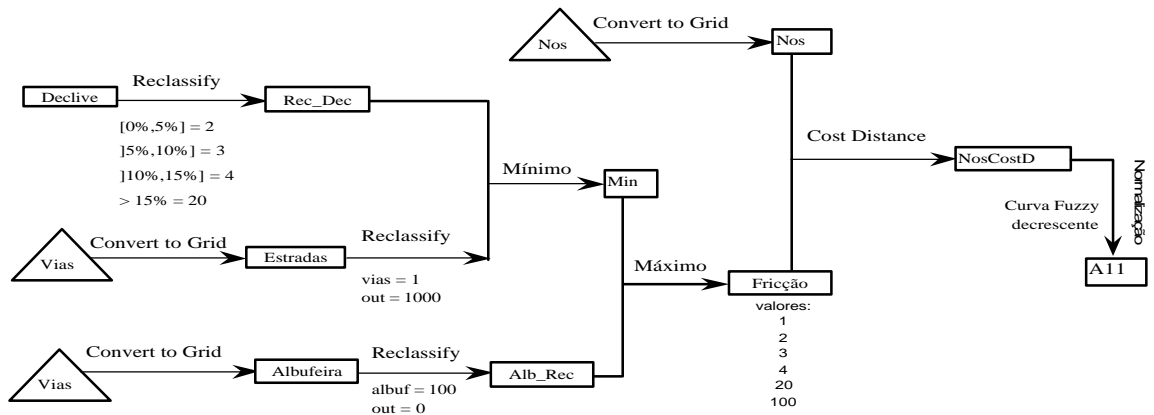


Fig. 5.12 – Fluxograma da imagem A11 (que envolve o cálculo de distâncias pesadas)

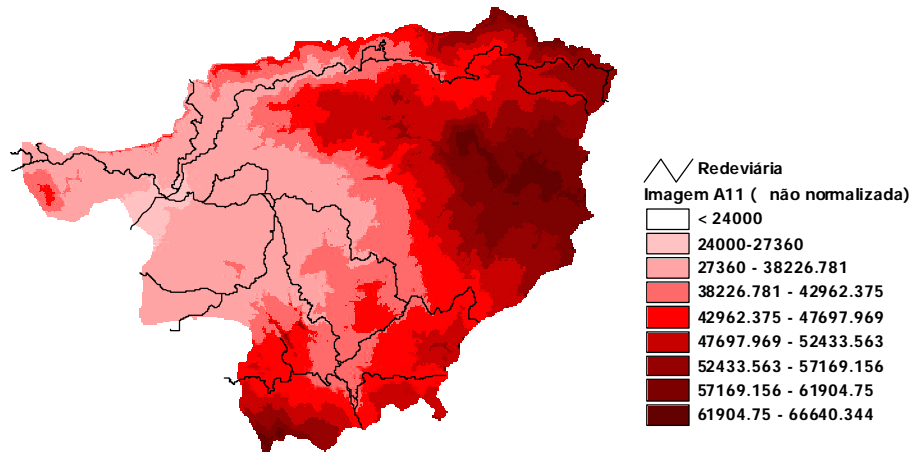


Fig. 5.13 – Imagem A11 não normalizada

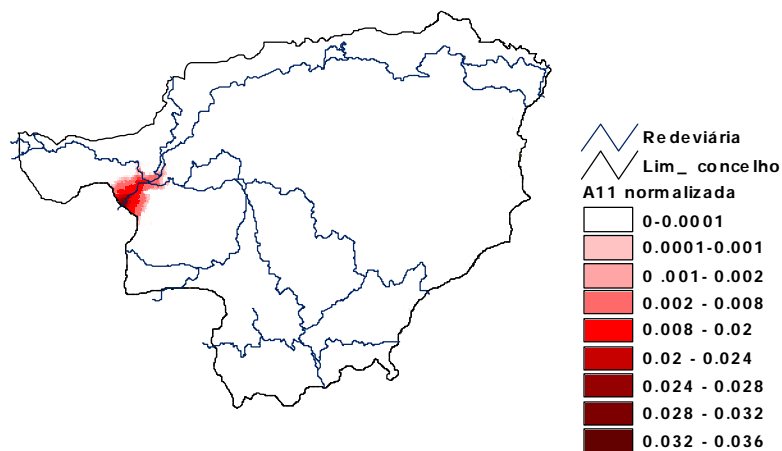


Fig. 5.14 – Imagem A11 normalizada

Imagens que envolvem valores referentes à população

Estas imagens possuem como base alfanumérica, dados do Instituto Nacional de Estatística, e como base gráfica os limites das freguesias. Assim, em cada tabela associada à base gráfica existem dados referentes a população activa, a população desempregada, a população empregada no sector secundário e emprego existente no sector secundário por cada freguesia (densidade industrial). Relativamente aos dados da população activa, consideraram-se os valores referentes à população empregada por freguesia. Para o cálculo da densidade industrial considerou-se o número médio de trabalhadores empregados em indústrias existentes em cada freguesia. As diferentes empresas estão classificadas por escalões de acordo com o número mínimo e máximo de trabalhadores que suporta. Assim, o valor médio de trabalhadores é determinado do seguinte modo:

$$(N^{\circ} \text{ de empresas por escalão / freguesia}) \times (n^{\circ} \text{ médio de trabalhadores pertencente ao escalão})$$

Os factores associados a este tipo de imagens são os referentes a população activa residente na freguesia, população desempregada residente na freguesia, população empregada no sector secundário residente na freguesia e densidade industrial (Quadro 5.1).

É objectivo destes factores fazer um estudo da população por freguesia para um melhor conhecimento da mão-de-obra disponível e qualificada para o sector secundário.

De forma a homogeneizar a escala de valores para todos os factores, foi calculado para cada área (freguesia) o *Z_Score* (Mendes, 2000). Este representa o número de desvios padrão que uma dada área está acima (*z_score* positivo) ou abaixo (*z_score* negativo) da média de todas as áreas e é dado para cada área pela expressão:

$$Z_Score = a \frac{V - m}{s} \quad (5.3)$$

A variável *a* assume o valor -1 quando maiores valores do *score* contribuem negativamente para a localização industrial e o valor +1 quando maiores valores do *score* contribuem positivamente para a localização industrial. O *Z_Score* é o valor a normalizar através de uma função *fuzzy* sigmoidal crescente, tendo sido adoptados como pontos de controlo *a* e *b* os valores de *z-score* -2 e +2, respetivamente.

As Figuras 5.15, 5.16 e 5.17 mostram, respectivamente, o fluxograma de análise e uma imagem-exemplo. Cada freguesia é identificada por um número, designado por código de freguesia (Figura 5.15). Antes de proceder à normalização deste tipo de factores é feita uma reclassificação, atribuindo a cada freguesia o respectivo *Z_Score* (Figura 5.15).

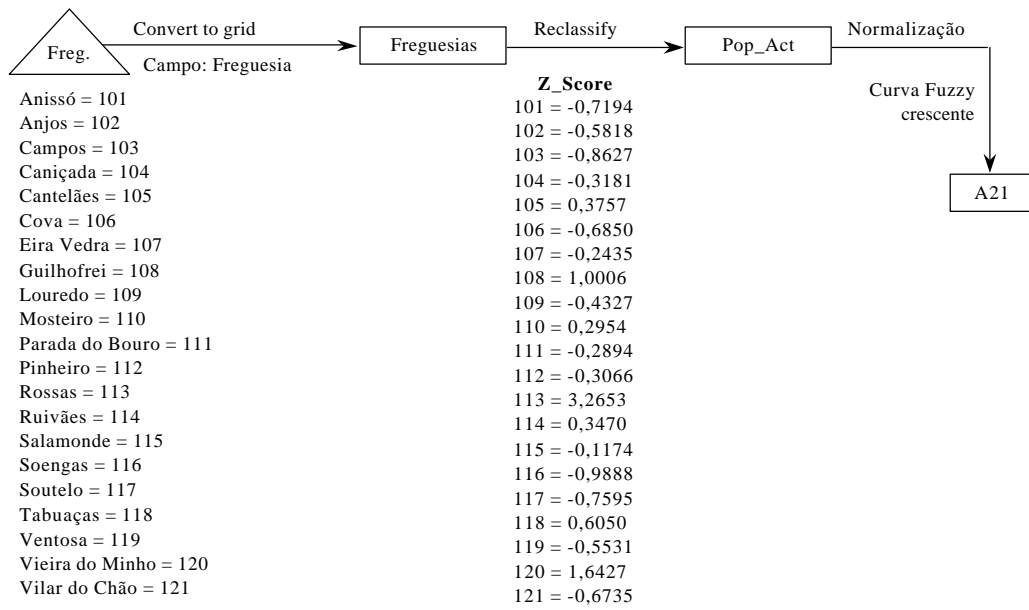


Fig. 5.15 – Fluxograma de preparação da imagem A21 (envolve valores numéricos da população)

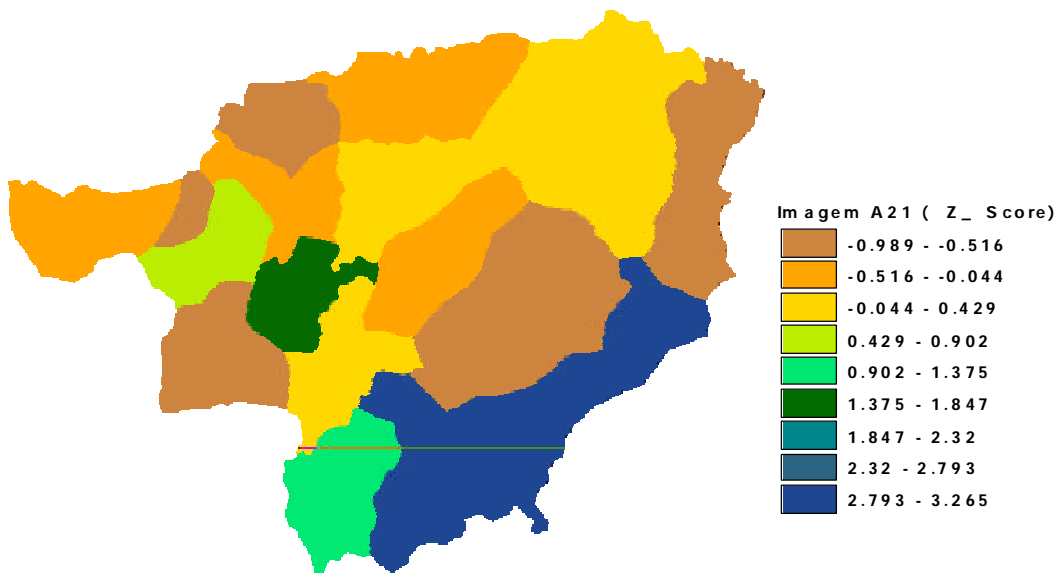


Fig. 5.16 – Imagem A21 (não normalizada)

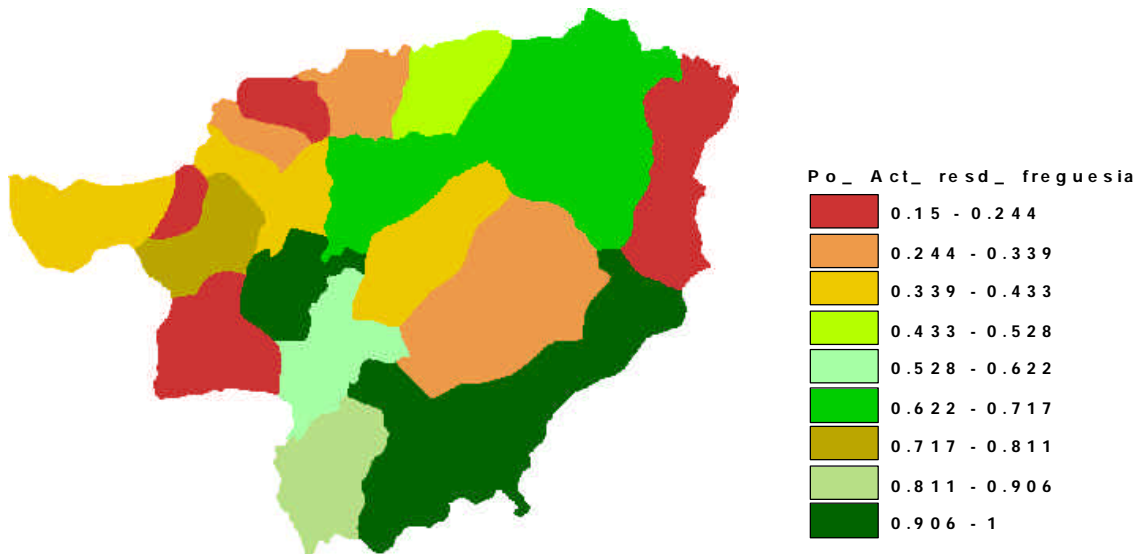


Fig. 5.17 – Imagem A21 (normalizada)

5.2.6.2 Preparação das imagens referentes ao 2º nível hierárquico

Imagens que envolvem classes de valores

Estas imagens contêm valores qualitativos referentes aos vários usos do solo praticados no território em análise. A cada uso corresponde um determinado valor que na conversão do tema vectorial para *raster* fica associado às células respeitantes a esse mesmo uso.

O conjunto dos vários usos constitui o mapa de usos do solo (Figura 5.18), que após ser normalizado indica a aptidão das diversas áreas para a localização industrial.

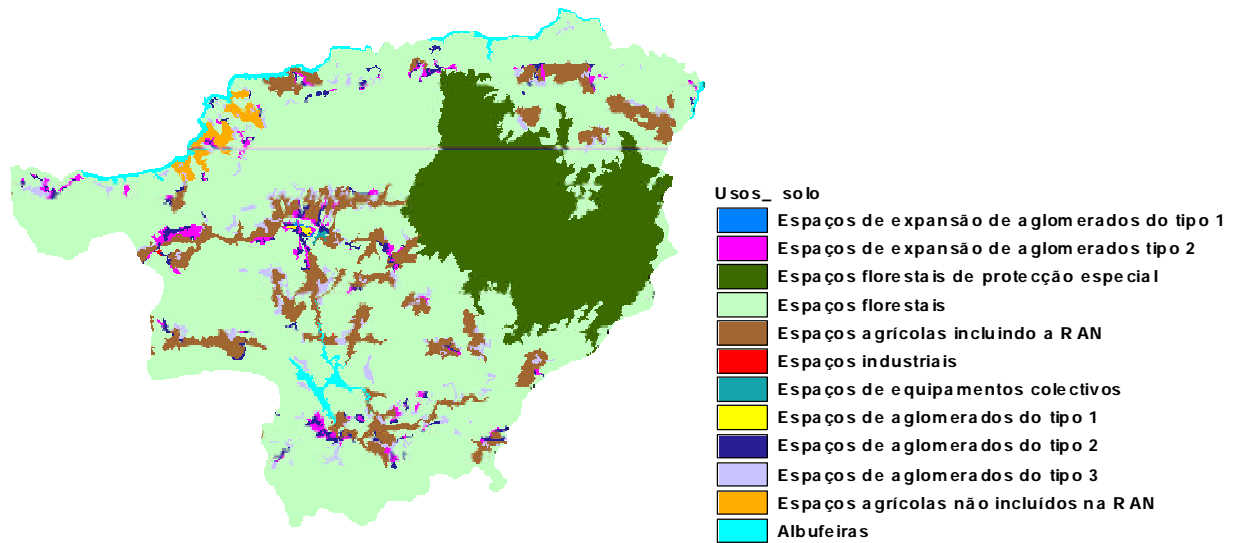


Fig. 5.18 – Mapa de usos do solo

A normalização é feita por reclassificação dos valores da imagem, atribuindo-se-lhes diferentes *scores*, na escala adoptada, de acordo com a aptidão para a indústria. Dado que o ArcView apenas permite fazer reclassificação com números inteiros, inicialmente atribuíram-se os *scores* 128, 153, 179 e 255, sendo estes posteriormente convertidos para a escala de normalização adoptada através de uma operação aritmética, traduzida pelo produto do inverso de 255. A escala de normalização é formada por números reais compreendidos entre 0.0 e 1.0, tendo sido adoptados os seguintes valores de *score*: 0.5 para áreas de expansão urbana secundária; 0.6 para áreas agrícolas não incluídas na RAN; 0.7 para o uso florestal não condicionado; 1.0 para áreas industriais existentes e 0.0 para os restantes usos. Estes valores representam 50%, 60%, 70%, 100% e 0%, respectivamente, do *score* máximo.

Pertence a este grupo de imagens o factor designado por “uso preferencial do solo de acordo com o PDM” (Quadro 5.1).

Seguidamente apresenta-se o fluxograma (Figura 5.19) e a imagem relativos a este factor (Figura 5.20).

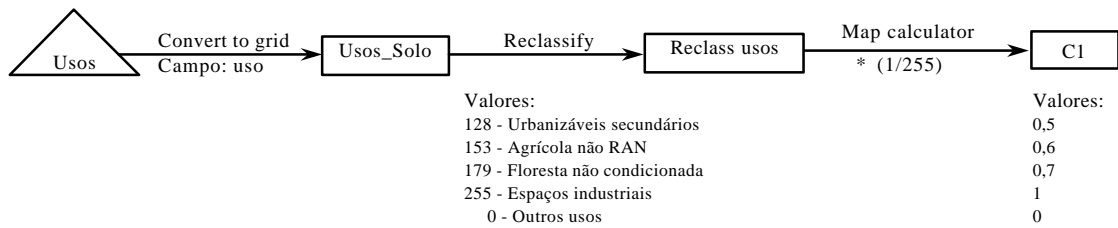


Fig. 5.19 – Fluxograma de preparação da imagem C1 (envolve valores em classes)

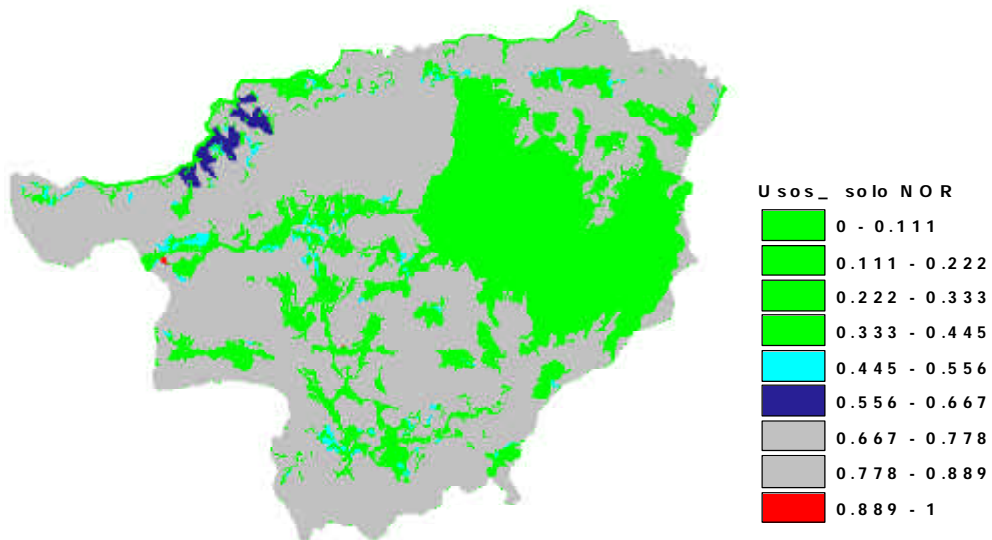


Fig. 5.20 – Imagem C1 normalizada

Imagens que envolvem o relevo

Estão englobadas neste grupo de imagens o estudo da visibilidade a partir de áreas urbanas e as condições de implantação das instalações industriais. São portanto, imagens que necessitam do modelo digital do terreno para o seu cálculo.

O Modelo Digital do Terreno (MDT) foi gerado a partir de curvas de nível e de pontos cotados que permitiram definir uma rede irregular de triângulos, normalmente designada por TIN (*Triangulated Irregular Network*), através da triangulação de Delaunay. A triangulação entre pontos com distribuição irregular e de altitude conhecida constitui

uma superfície modelada por uma conjunto de faces triangulares. Tratando-se de um processo fundamental na construção de modelos do terreno, é por si mesma um modelo digital do terreno em sistemas vectoriais e um caso particular da estrutura arco-nó.

Cada nó é um ponto definido pelas suas coordenadas planas (x,y) e pela cota (z), que irá ser unido com outro ponto de coordenadas (x,y,z) por uma linha recta, definindo um arco. Assim, cada nó é um vértice de um triângulo e cada arco é uma aresta de um triângulo. A união dos nós desenha triângulos adjacentes que correspondem a superfícies cujo objectivo é modelar a superfície terrestre. Deste modo, é estabelecida a estrutura topológica de um MDT para um modelo vectorial. Assim, é possível identificar declives, orientações, linhas de água e bacias hidrográficas.

A modelação do terreno efectuou-se com aplicação das ferramentas da extensão *3D Analyst* do ArcView. Analisando a TIN gerada e comparando-a com o modelo digital do terreno calculado a partir dela, verifica-se que não existem grandes variações, sendo em grande parte os triângulos menores que as células da grelha. Isto deve-se ao facto da grande densidade de curvas de nível e pontos cotados existente. Pontualmente encontram-se zonas onde o relevo apresenta algumas distorções, mas dada a escassez dos locais onde isso acontece não se considerou necessário introduzir um filtro em todo o MDT, correndo o risco de estar a calcular valores menos correctos. Na Figura 5.21 apresenta-se o modelo digital do terreno da área territorial do município de Vieira do Minho.

A Figura 5.22 mostra o fluxograma de preparação das imagens que envolvem o relevo.

A preparação da imagem referente ao factor “Protecção ambiental – visibilidade a partir de áreas urbanas” (Quadro 5.1), envolveu o cálculo da intervisibilidade entre células. Para tal considerou-se como distância máxima de visibilidade 1000 metros a partir da altura de 3 metros, o que define áreas visíveis dentro de um *buffer* de 1000 metros. Esta imagem foi criada a partir das imagens referentes ao MDT e aos aglomerados urbanos. A imagem gerada constitui três classes relativas a áreas visíveis, a áreas não visíveis e a pontos de vista (aglomerados urbanos), com valores 1, 0 e 2, respectivamente. A reclassificação desta imagem para valores pertencentes à escala normalizada adoptada, gera a imagem C2 referente a este factor. Foram considerados para a normalização os seguintes *scores* normalizados: 0 para os pontos de vista, 0.5 para zonas visíveis e 1 para zonas não visíveis.

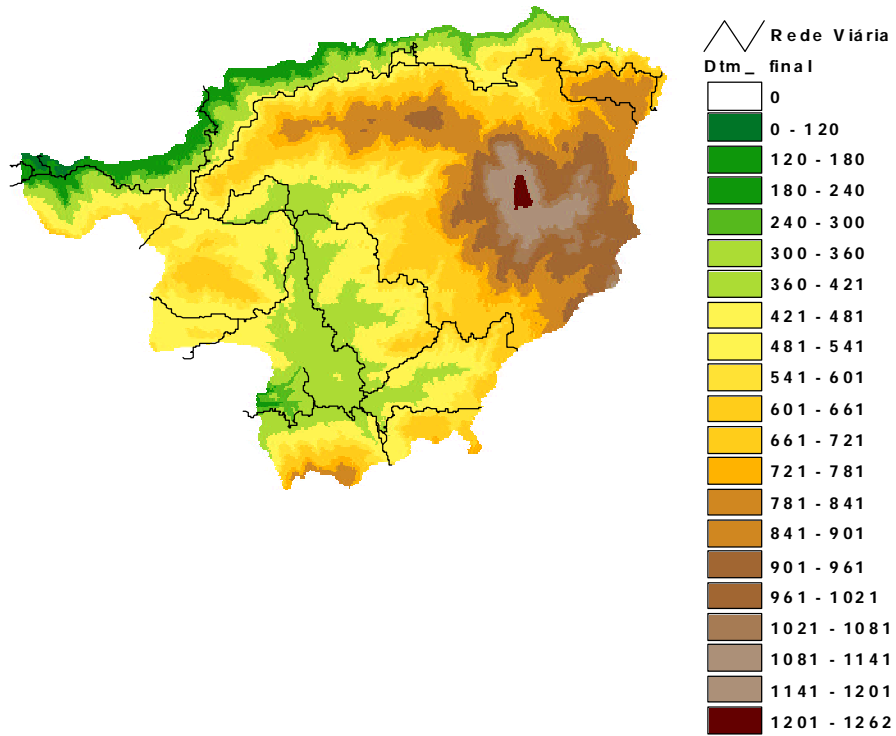


Fig. 5.21 – Modelo Digital do Terreno

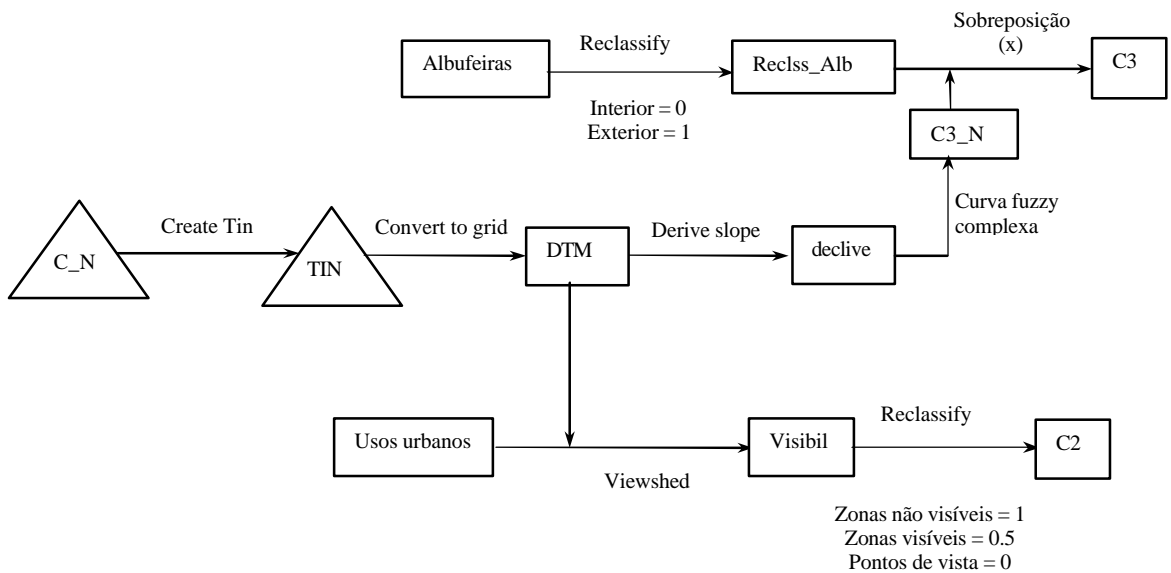


Fig. 5.22 – Fluxograma de preparação das imagens C2 e C3 (que envolvem o relevo)

As Figuras 5.23 e 5.24¹⁰. apresentam, respectivamente, a imagem C2 antes e depois da normalização.

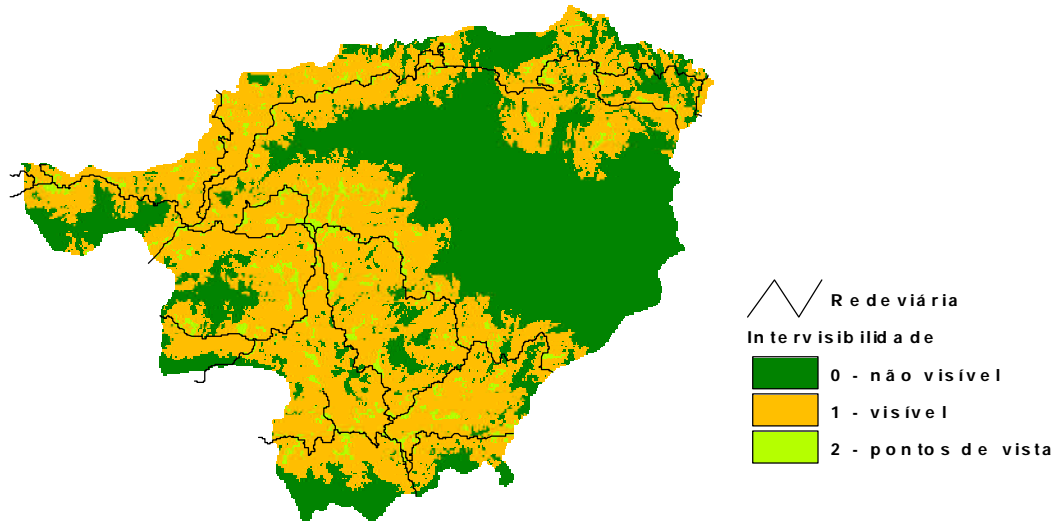


Fig. 5.23 – Estudo da intervisibilidade entre pontos (imagem C2 antes de normalizada)

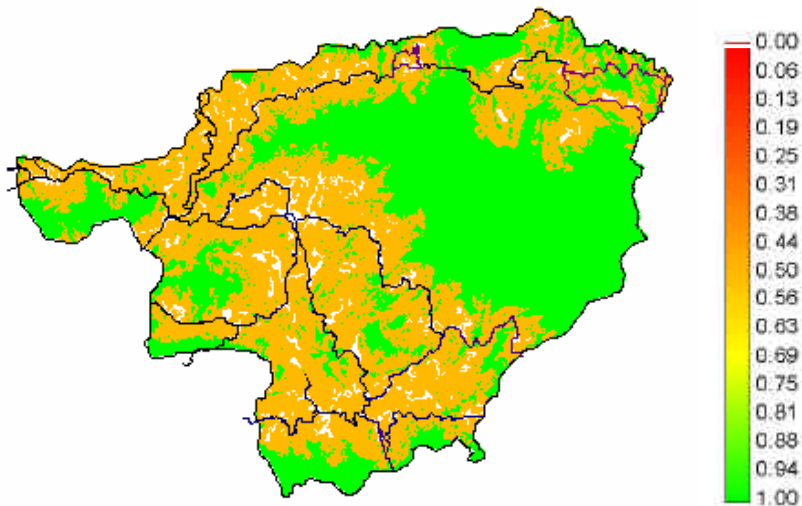


Fig. 5.24 – Visibilidade a partir de áreas urbanas (imagem C2 normalizada)

¹⁰ Todas as imagens geradas no IDRISI apresentam-se com uma paleta de cores diferentes das geradas no ArcView. A escala de cores adoptada é iniciada na cor vermelho finalizando na cor verde, correspondendo à ordem crescente dos valores dos *scores* dos pixels de cada imagem. O valor zero é representado pela cor branco.

O factor C3, “condições de implantação das instalações industriais” (Quadro 5.1), permite identificar áreas aptas atendendo ao declive do terreno. Assim, são consideradas três classes de declives que diferenciam a aptidão do terreno. A primeira classe com declives compreendidos entre 0% e 10%, gera uma imagem cuja normalização é feita através da definição de uma recta decrescente, com valores do score a variar de 1.0 a 0.5 traduzida pela equação (5.4).

$$[Final] = [declive \leq 10] \times \left(-\frac{1}{20} \right) + 1 \quad (5.4)$$

onde:

[Final] – imagem a obter

[declive = 10] – imagem com declives não superiores a 10%

A segunda classe de declives com valores entre 10% e 15%, cria uma outra imagem cuja normalização é feita através de uma curva *fuzzy* sigmoidal decrescente, com pontos de controlo iguais aos limites do intervalo da classe, e com *scores* a variar de 0.5 a 0.0.

A terceira classe agrega todas as células com valores de declives superiores a 15%, sendo o *score* atribuído igual a zero.

Assim, a normalização da imagem do declive é feita através de uma curva *fuzzy* complexa, como mostra a Figura 5.25, definida pelas funções referidas. Uma vez que o ArcView não possui nenhuma função para a execução da normalização, optou-se por fazer o cálculo da curva *fuzzy* em separado e como descrito, já que desta forma a programação da curva complexa para imagens *raster* se tornava desnecessário.

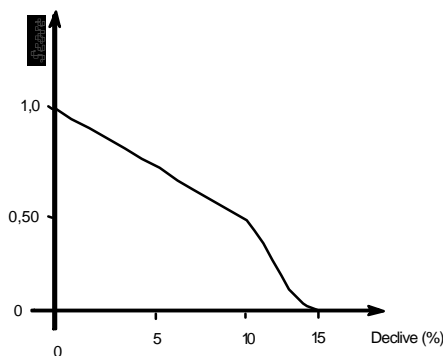


Fig. 5.25 – Curva *fuzzy* complexa para normalização do declive

Para gerar a imagem C3 foram também consideradas as áreas referentes às albufeiras, uma vez que, correspondem a zonas sem aptidão. Procedeu-se à sua reclassificação atribuindo-se-lhes, respectivamente, os valores 0 e 1 para dentro e fora das suas áreas (Figura 5.22).

A sobreposição da imagem normalizada do declive com a imagem reclassificada das albufeiras gerou uma respeitante ao factor “condições de implantação das instalações industriais” (Figura 5.26).

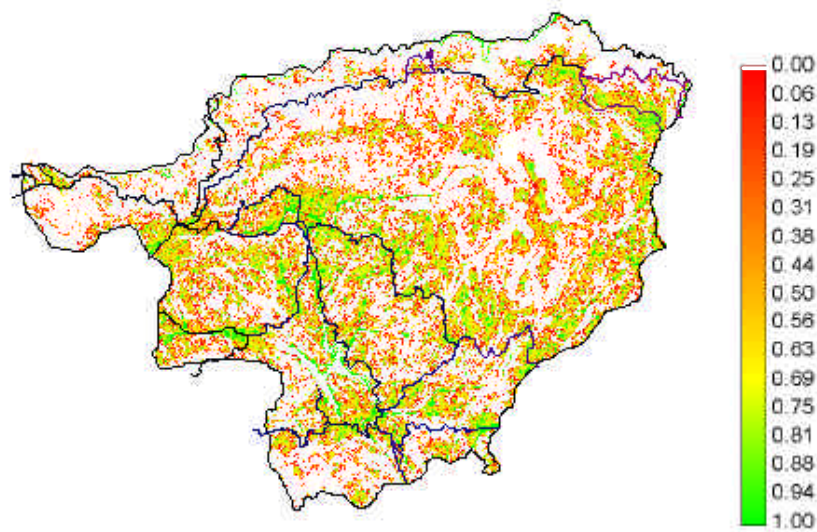


Fig. 5.26 – Imagem C3 normalizada

Tal como referido anteriormente, a combinação das imagens do 3º nível permite obter a composição respeitante ao 2º nível. Assim, pelo procedimento WLC as imagens A_{ij} ; ($i = 1, \dots, 5$ e $j = 1, \dots, 5$) geram as imagens A_i ; ($i = 1, \dots, 5$). Da mesma forma as imagens B_{ij} ; ($i = 1, \dots, 3$ e $j = 1, 2$) geram as imagens B_i ; ($i = 1, \dots, 3$). A Combinação Linear Pesada foi desenvolvida no ArcView a partir do cálculo do somatório das imagens pesadas pelo respectivo peso.

Nas Figuras de 5.27 a 5.37 podem ser visualizadas as imagens referentes ao 2º nível hierárquico que servirão para gerar as imagens relativas aos cenários do 1º nível.

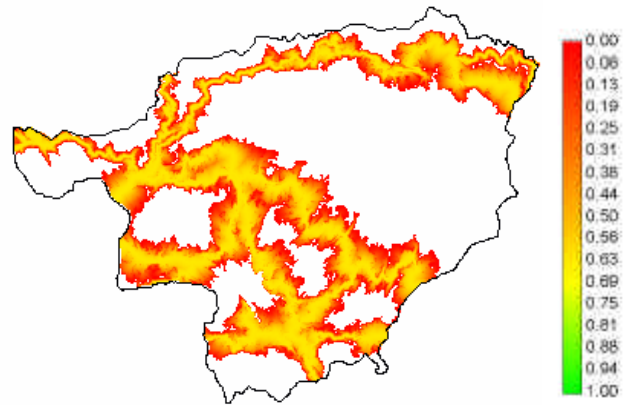


Fig. 5.27 - Imagem A1 (Acessibilidade)

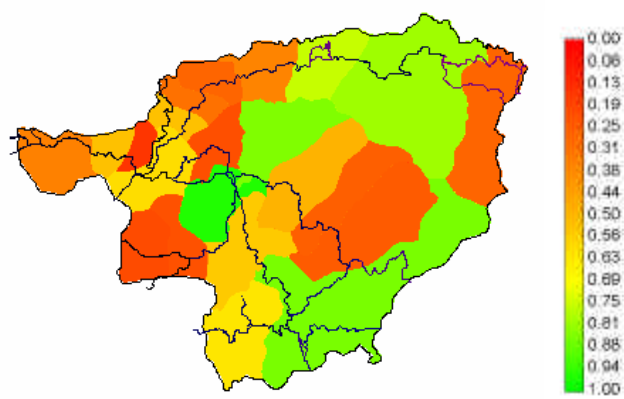


Fig. 5.28 - Imagem A2 (Mão-de-obra)

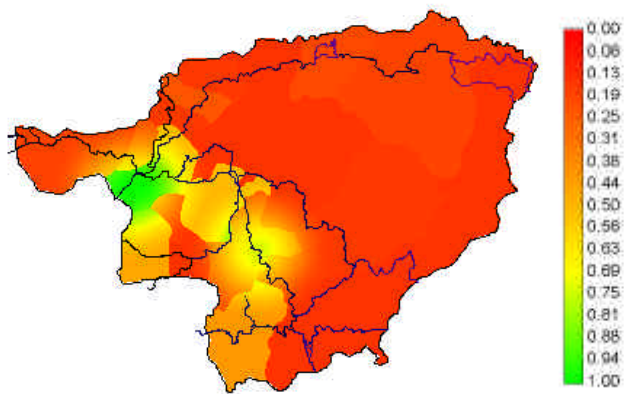


Fig. 5.29 - Imagem A3 (Inércia industrial)

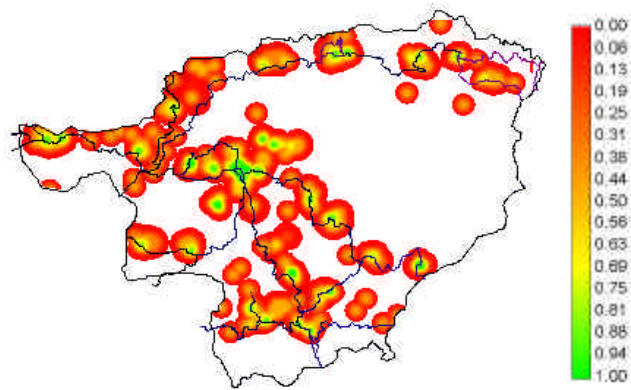


Fig. 5.30 - Imagem A4 (Infra-estruturas básicas)

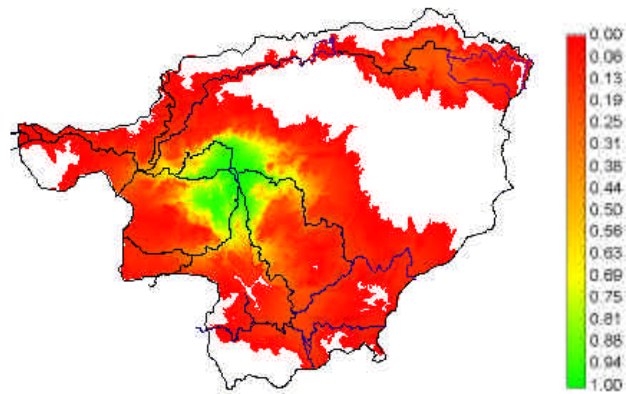


Fig. 5.31 - Imagem A5 (Equipamentos terciários)

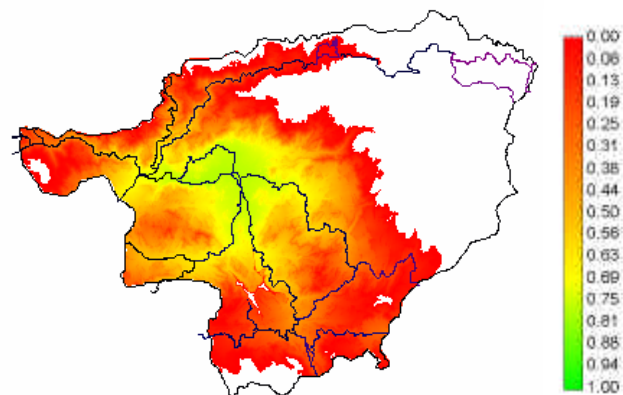


Fig. 5.32 – Imagem B1 (Preferências pessoais)

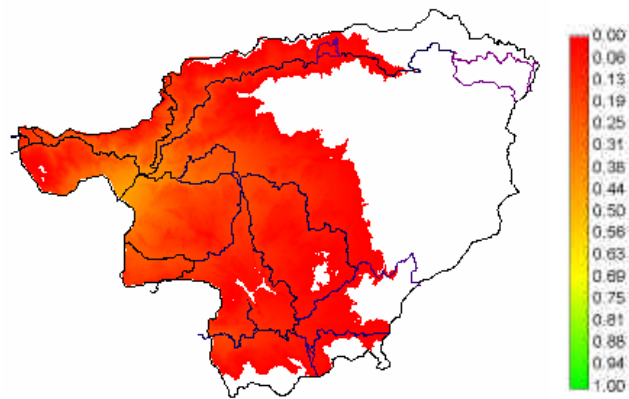


Fig. 5.33 – Imagem B2 (Proximidade a centros de investigação)

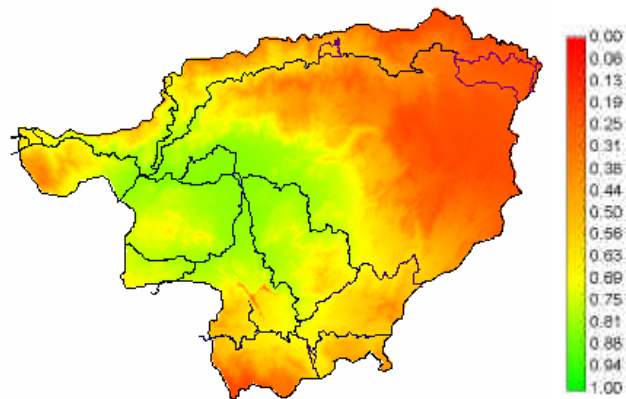


Fig. 5.34 – Imagem B3 (Proximidade a centros de decisão)

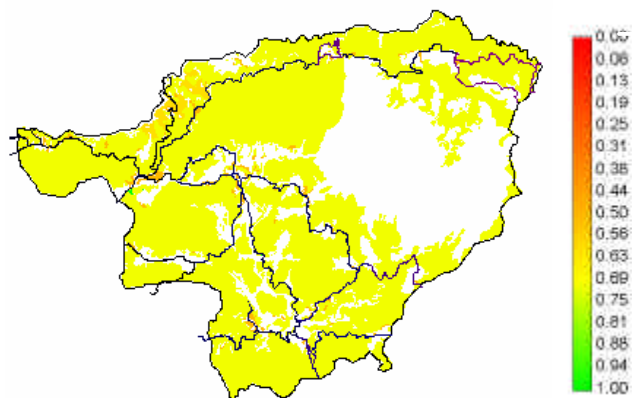


Fig. 5.35 – Imagem C1 (Uso preferencial do solo de acordo com o PDM)

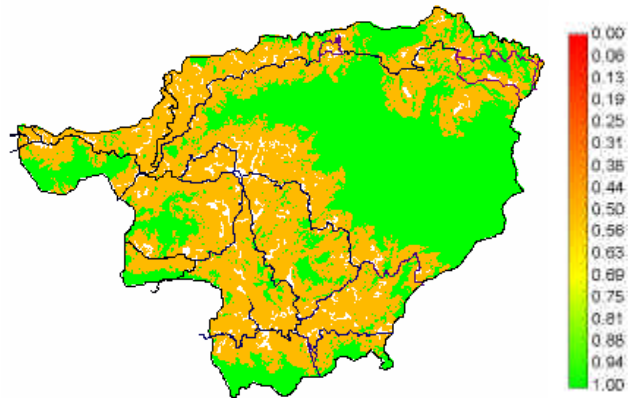


Fig. 5.36 – Imagem C2 (Visibilidade a partir de áreas urbanas)

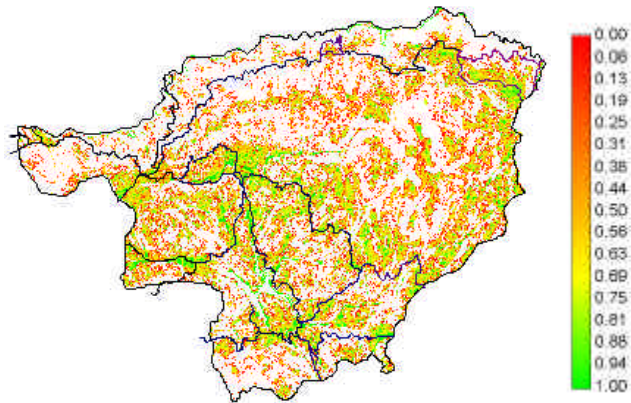


Fig. 5.37 – Imagem C3 (Condições de implantação das instalações industriais)

5.2.6.3 Imagens relativas a exclusões

As exclusões dividem-se em três grandes grupos, a saber: uso do solo, protecção ambiental e servidões administrativas e restrições de utilidade pública, que correspondem às imagens E1, E2 e E3, respectivamente (Quadro 5.2).

Constituem imagens de dois tipos: imagens que envolvem classes de valores (E11, E21 e E22) e imagens referentes a zonas de protecção – *buffers* de protecção (E12, E23, E31, E32 e E33).

Trata-se de imagens binárias, onde o valor zero diz respeito a áreas a excluir (não consideradas para a análise) e o valor unitário corresponde a áreas a incluir na análise. Assim, são combinadas através do operador lógico AND, ou o mesmo será dizer que são combinadas através da multiplicação dos valores das células correspondentes a cada imagem (Figura 5.5).

Às imagens referentes a zonas de protecção é aplicada a função *Buffer* ao tema vectorial correspondente, atribuindo-se o valor zero para as áreas interiores através de uma operação sobre tabela criando um novo campo designado “inside”. Após a conversão do tema resultante para formato *raster* é aplicada uma reclassificação por forma a classificar a envolvente ao *buffer* com o valor um e assim, criar uma imagem binária (0/1).

Relativamente às imagens que envolvem classes, após a conversão para *raster* são sujeitas a uma reclassificação de forma a serem convertidas em imagens binárias (0/1).

Na Figura 5.38 é apresentado um fluxograma de preparação de imagens de exclusões que envolvem *buffers*. O fluxograma respeitante ao outro tipo de imagens de exclusões é semelhante ao apresentado na Figura 5.19.

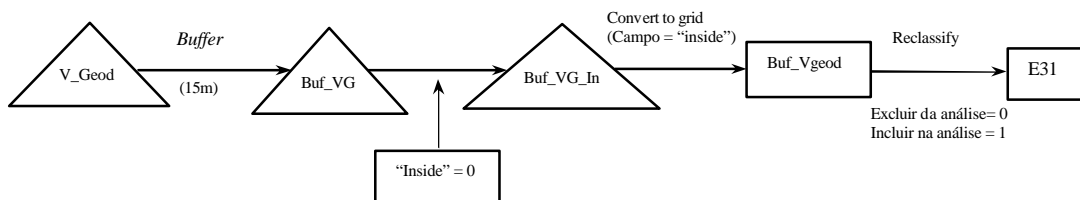


Fig. 5.38 – Fluxograma de preparação da imagem E31 (que envolve cálculo de *buffer*)

Como exemplo deste tipo de imagens de exclusões são apresentadas, respectivamente, nas Figuras 5.39 e 5.40 a imagem E12 antes e depois da aplicação *buffer*. É apresentado este exemplo por ser mais perceptível à operação efectuada.

As restantes imagens referentes a exclusões encontram-se em Anexo, bem como todas as imagens respeitantes aos factores incluídos na análise e que compõem a estrutura hierárquica do modelo implementado.

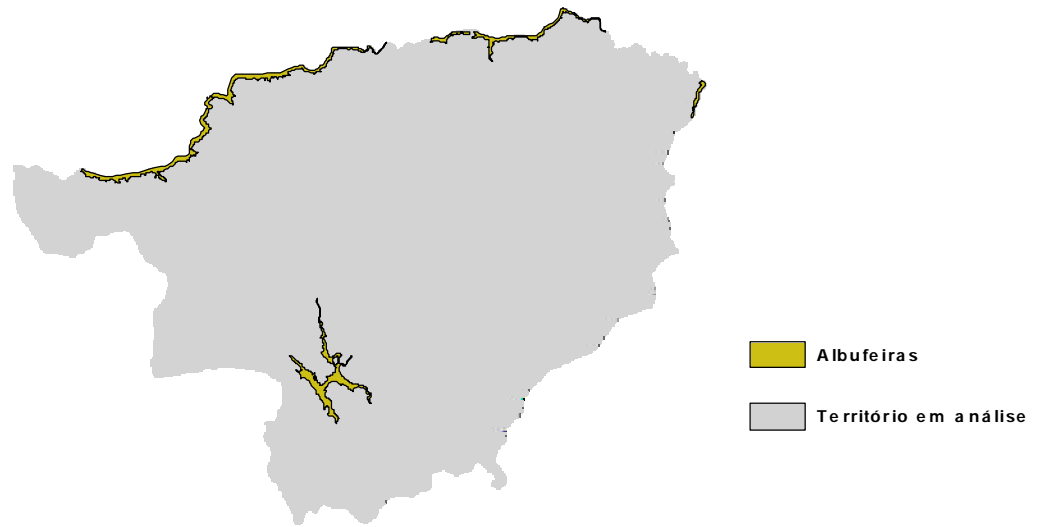


Fig. 5.39 – Imagem E12 – antes do *buffer*

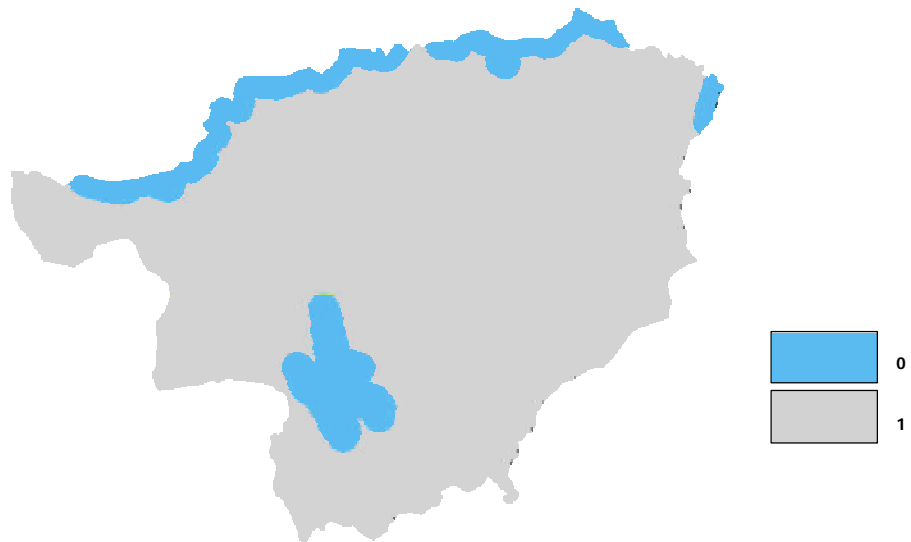


Fig. 5.40 – Imagem E12 – depois do *buffer*

5.2.7 Cenários de avaliação

Na sequência da implementação do modelo descrito na secção anterior, procede-se à geração de cenários de avaliação de aptidão do solo para a localização industrial com recurso aos procedimentos de agregação de factores WLC e OWA.

A criação de mapas de aptidão para o uso industrial desenvolveu-se em três fases:

- a partir da combinação das várias imagens que compõem o 2º nível da estrutura hierárquica, através do procedimento OWA, originando o 1º nível hierárquico;
- a partir da combinação de imagens obtidas na fase anterior pelo procedimento WLC, atribuindo pesos aos factores considerados para esta análise;
- a partir do procedimento OWA aplicado a um dos cenários obtidos na fase anterior, considerando três níveis de *trade-off*.

5.2.7.1 Combinação de critérios do 2º nível

A combinação dos factores associados a cada grupo de critérios do 2º nível através do procedimento OWA gera os grupos de factores do 1º nível, a saber: A – associados à actividade industrial; B – associados a opções administrativas e sócio-económicas; C – associados ao ordenamento do território.

Foram simulados cinco cenários para cada grupo de factores com diferentes níveis de risco e de *trade-off*, que correspondem a igual número de pontos de decisão, tal como se mostra na Figura 5.41. Nos Quadros 5.3, 5.4 e 5.5 apresentam-se os correspondentes *order weights*.

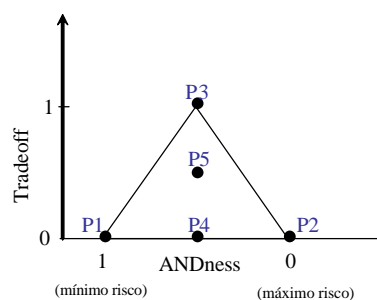












Fig. 5.41 – Pontos de decisão


Quadro 5.3 – Cenários de avaliação do grupo de factores A

Cenário	Order Weights		ANDness	Trade-off	Tipo de avaliação
A_P1	[1.00 0.00 0.00 0.00 0.00]		1.00	0.00	Risco mínimo (pessimista) Sem <i>trade-off</i>
A_P2	[0.00 0.00 0.00 0.00 1.00]		0.00	0.00	Risco máximo (optimista) Sem <i>trade-off</i>
A_P3	[0.20 0.20 0.20 0.20 0.20]		0.50	1.00	Risco neutro Máximo <i>trade-off</i>
A_P4	[0.00 0.00 1.00 0.00 0.00]		0.50	0.00	Risco neutro Sem <i>trade-off</i>
A_P5	[0.05 0.15 0.60 0.15 0.05]		0.50	0.49	Risco neutro <i>Trade-off</i> parcial

Quadro 5.4. – Cenários de avaliação do grupo de factores B

Cenário	Order Weights		ANDness	Trade-off	Tipo de avaliação
B_P1	[1.00 0.00 0.00]		1.00	0.00	Risco mínimo (pessimista) Sem <i>trade-off</i>
B_P2	[0.00 0.00 1.00]		0.00	0.00	Risco máximo (optimista) Sem <i>trade-off</i>
B_P3	[0.33 0.33 0.33]		0.50	1.00	Risco neutro Máximo <i>trade-off</i>
B_P4	[0.00 1.00 0.00]		0.50	0.00	Risco neutro Sem <i>trade-off</i>
B_P5	[0.17 0.66 0.17]		0.50	0.51	Risco neutro <i>Trade-off</i> parcial

Quadro 5.5. – Cenários de avaliação do grupo de factores C

Cenário	Order Weights		ANDness	Trade-off	Tipo de avaliação
C_P1	[1.00 0.00 0.00]		1.00	0.00	Risco mínimo (pessimista) Sem <i>trade-off</i>
C_P2	[0.00 0.00 1.00]		0.00	0.00	Risco máximo (optimista) Sem <i>trade-off</i>
C_P3	[0.33 0.33 0.33]		0.50	1.00	Risco neutro Máximo <i>trade-off</i>
C_P4	[0.00 1.00 0.00]		0.50	0.00	Risco neutro Sem <i>trade-off</i>
C_P5	[0.17 0.66 0.17]		0.50	0.51	Risco neutro <i>Trade-off</i> parcial

O procedimento OWA foi desenvolvido no módulo MCE do programa IDRISI, como já referido. Este módulo permite introduzir os respectivos pesos dos factores do 2º nível, além dos *order weights* considerados para cada cenário de análise (Figura 5.42).

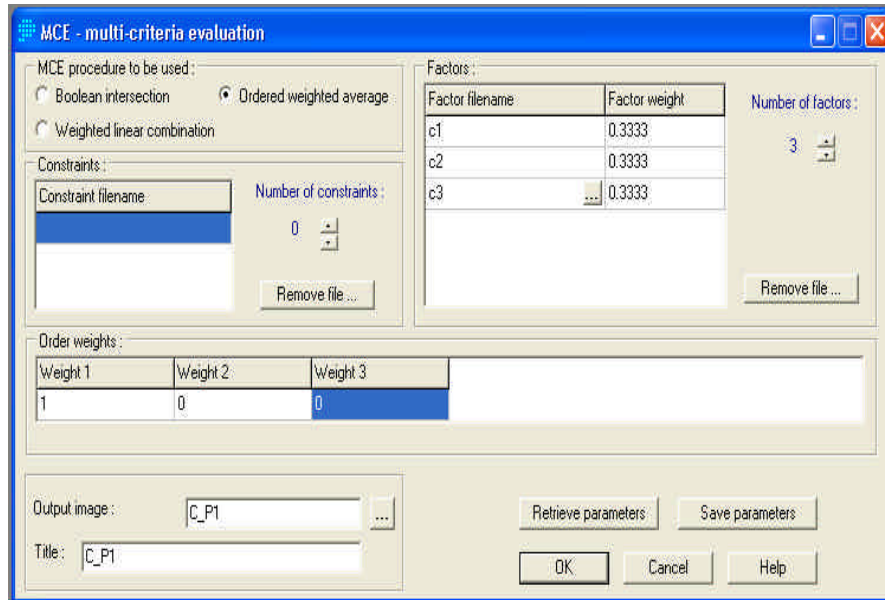


Fig. 5.42 – Módulo MCE do IDRISI para o cálculo OWA

Apresentam-se nas Figuras entre 5.43 a 5.48 os quinze cenários simulados e respectivos histogramas de frequências.

Os histogramas de frequências representam em forma de gráfico o número de células por cada valor de um determinado atributo da imagem ou por conjunto de atributos. Possibilitam medidas estatísticas tais como, mínimo, máximo, média e desvio padrão, permitindo assim, mais facilmente estabelecer comparações entre imagens.

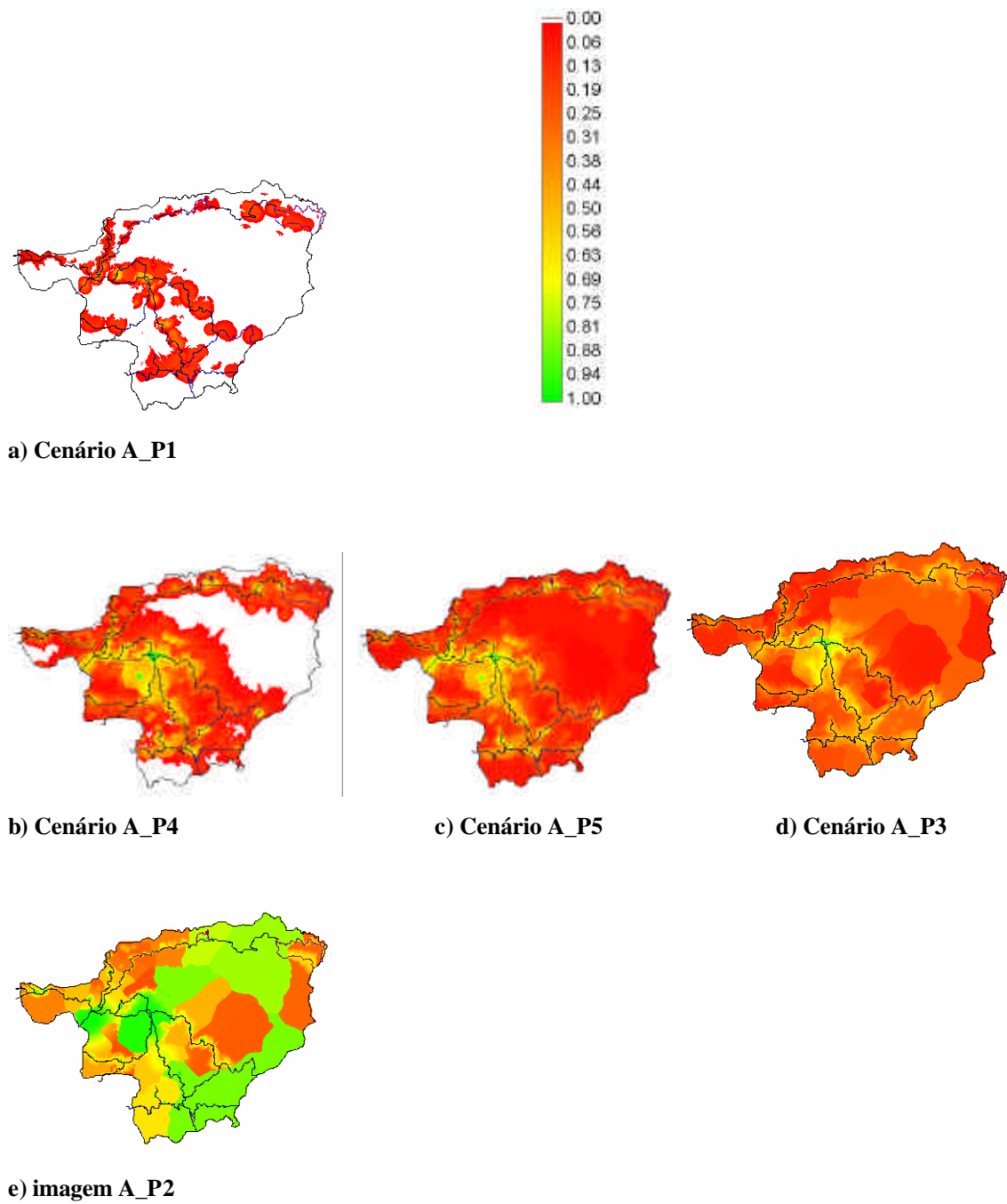
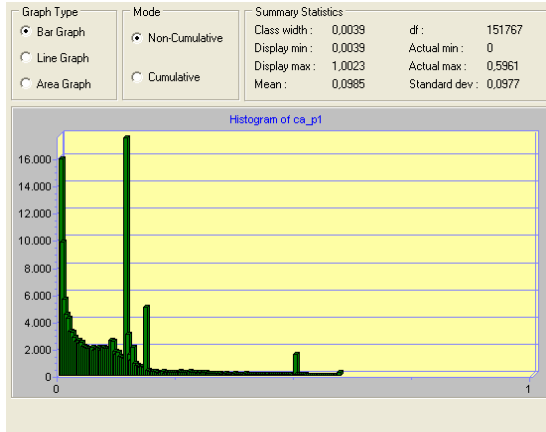
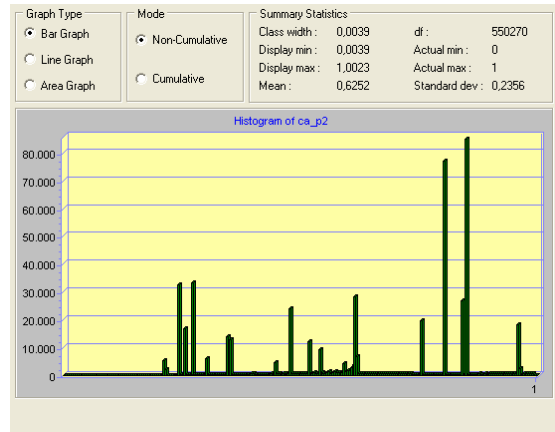


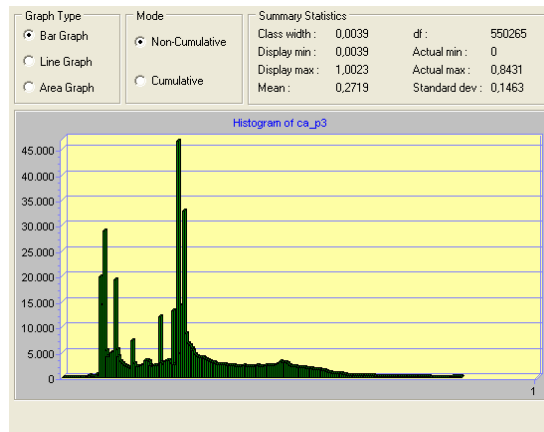
Fig. 5.43 – Cenários de avaliação – Factores associados à actividade industrial (grupo de factores A)



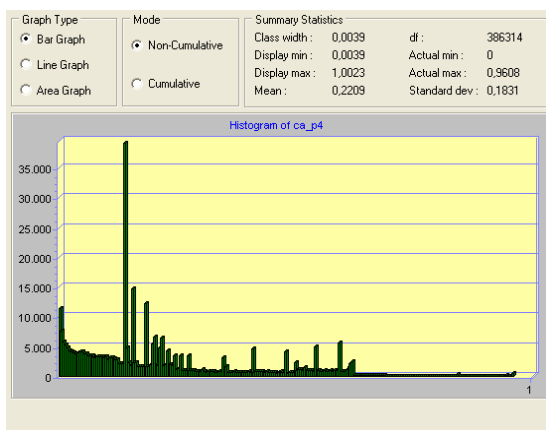
a) Cenário A_P1



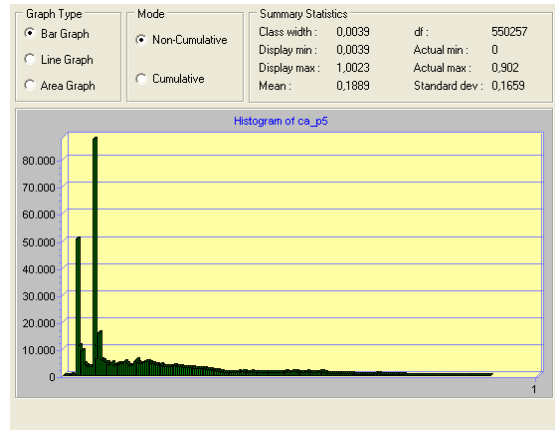
b) Cenário A_P2



c) Cenário A_P3



d) Cenário A_P4



e) Cenário A_P5

Fig. 5.44 – Histogramas de frequências do grupo de factores A

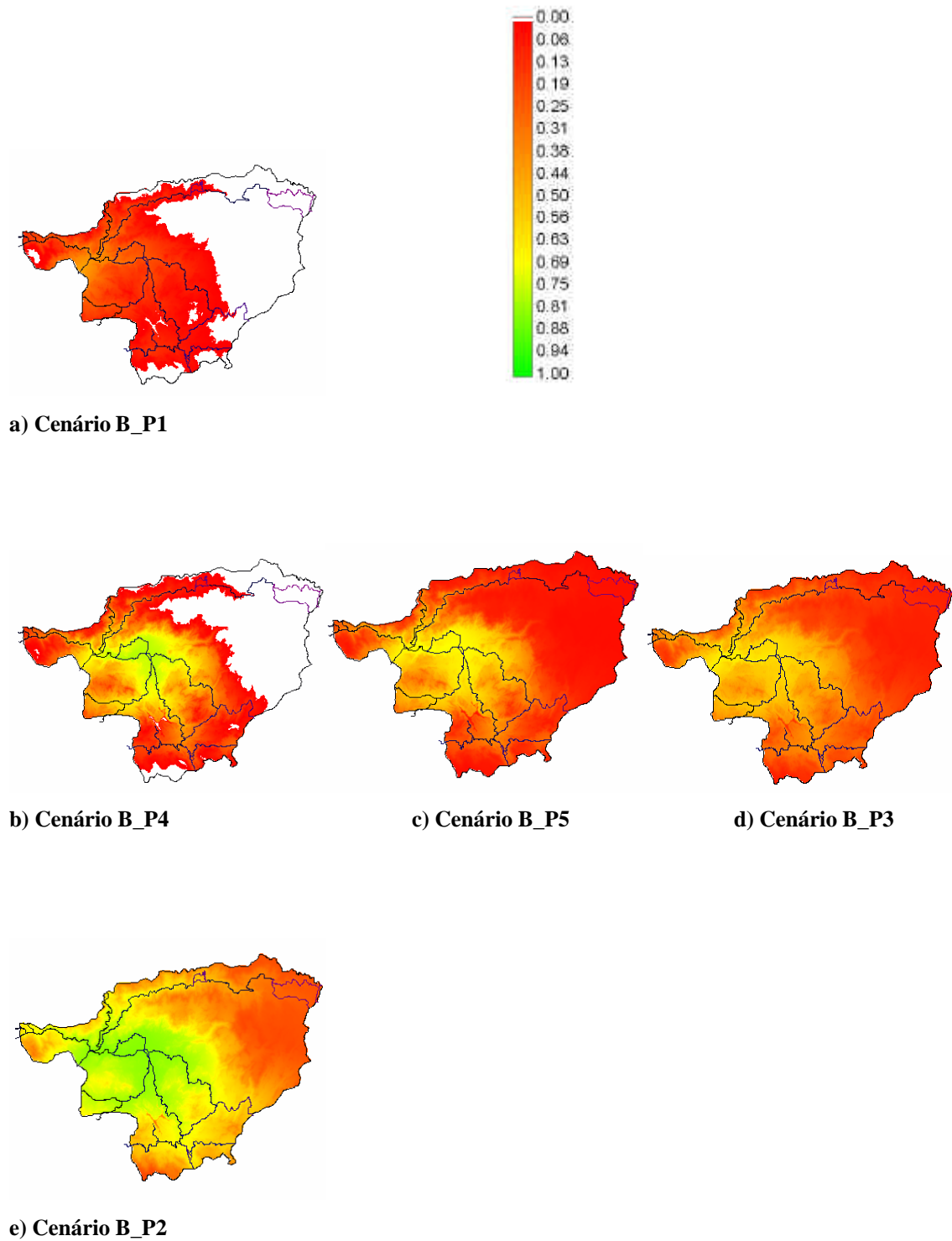
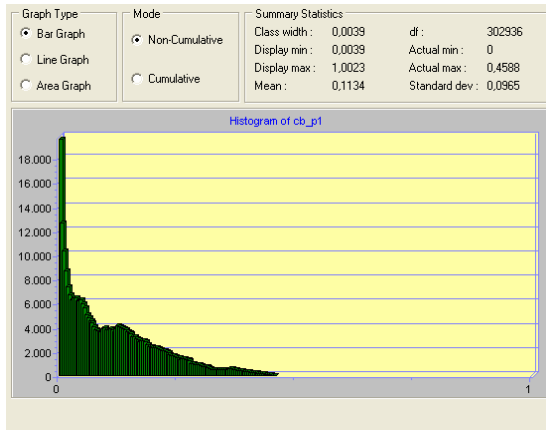
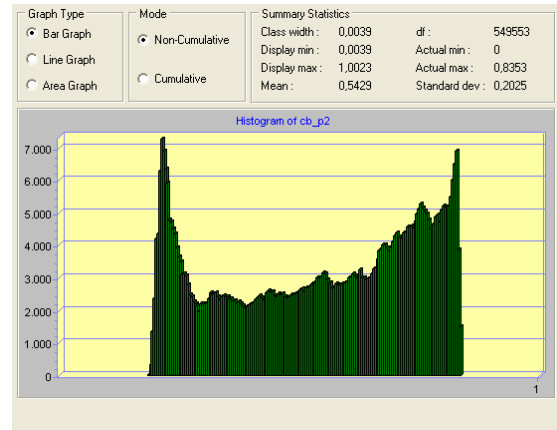


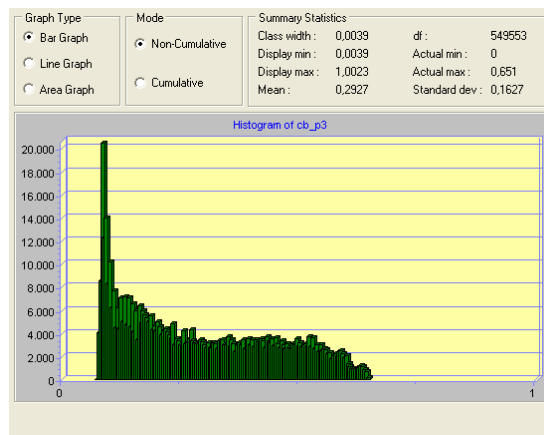
Fig. 5.45 – Cenários de avaliação – Factores associados a opções administrativas e sócio-económicas (grupo de factores B)



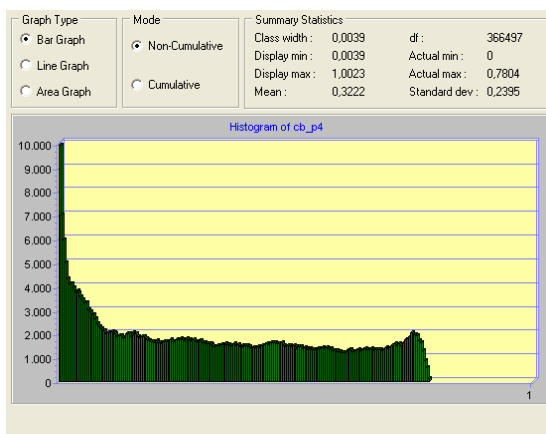
a) Cenário B_P1



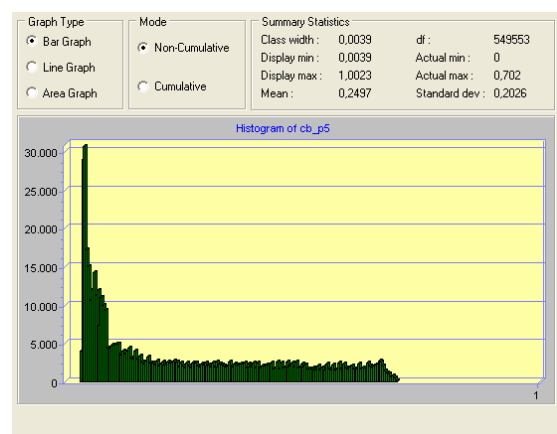
b) Cenário B_P2



c) Cenário B_P3



d) Cenário B_P4



e) Cenário B_P5

Fig. 5.46 – Histogramas de frequências do grupo de factores B

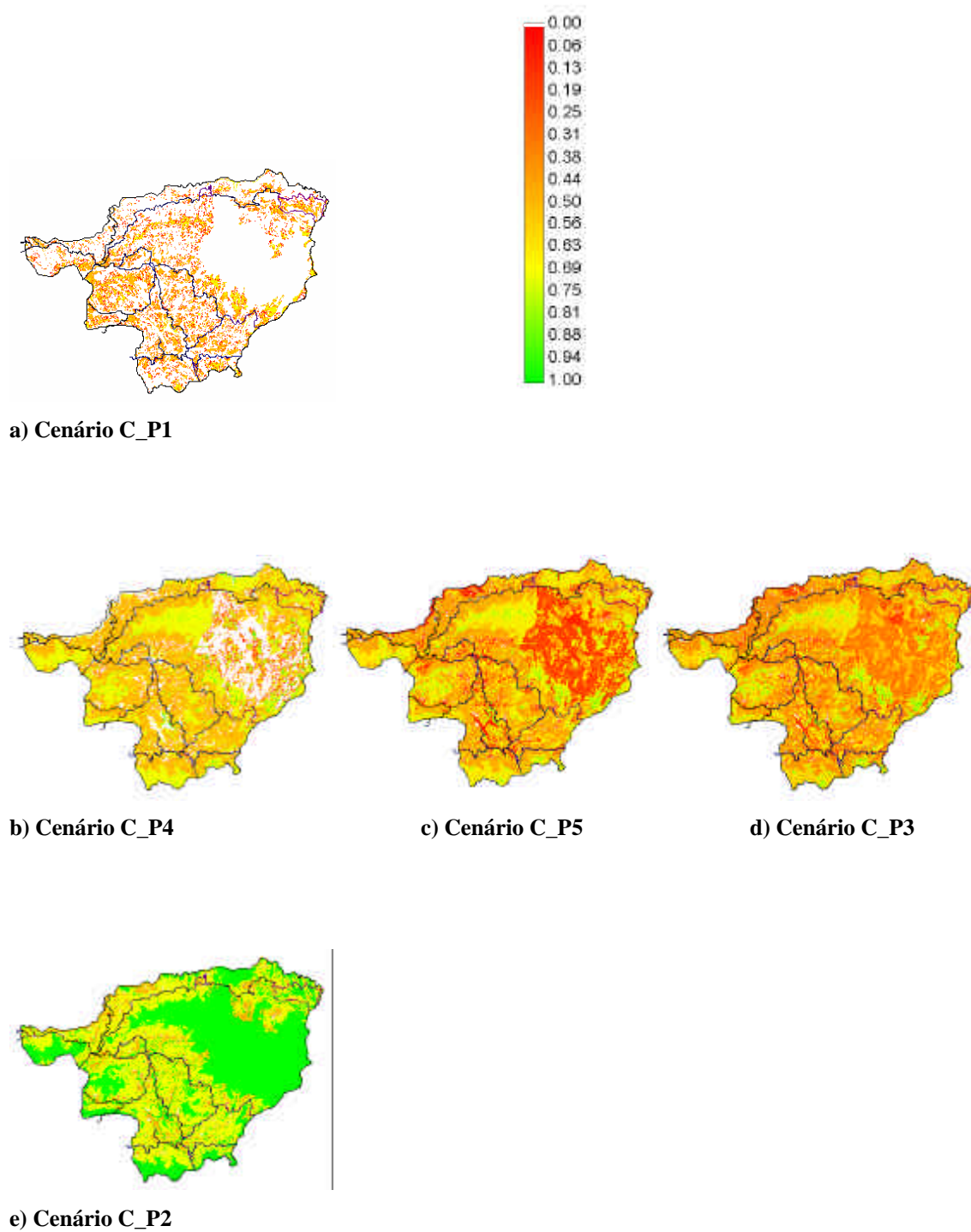
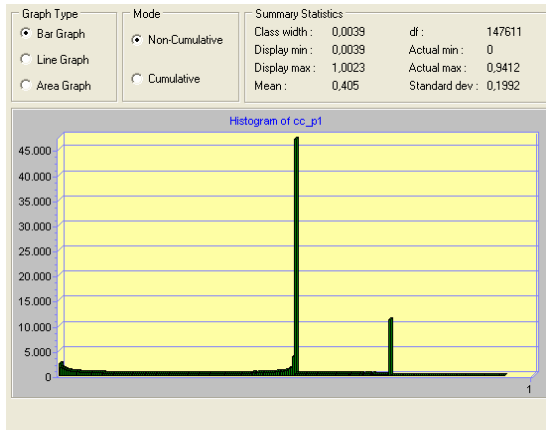
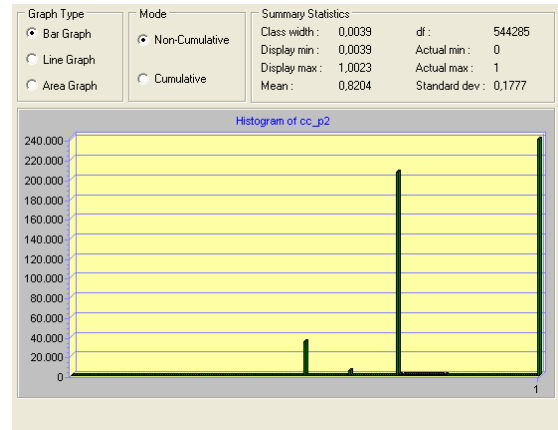


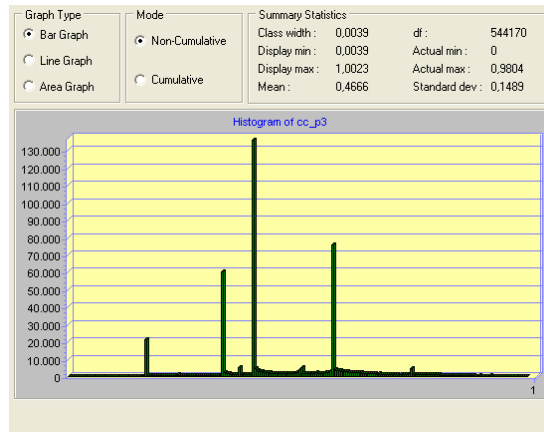
Fig. 5.47 – Cenários de avaliação – Factores associados ao ordenamento do território (grupo de factores C)



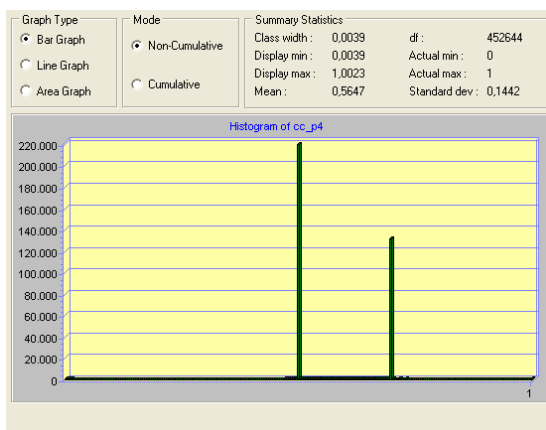
a) Cenário C_P1



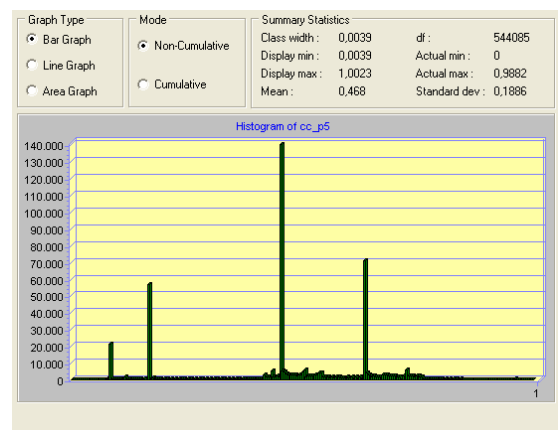
b) Cenário C_P2



c) Cenário C_P3



d) Cenário C_P4



e) Cenário C_P5

Fig. 5.48 – Histogramas de frequências do grupo de factores C

5.2.7.2 Combinação de critérios do 1º nível

A combinação de cenários resultantes da análise anterior (secção 5.2.7.1), em conjunto com as exclusões geram a imagem final de aptidão.

Antes de prosseguir com a análise houve necessidade de converter as imagens a utilizar para a escala normalizada de *scores* adoptada.

Desenvolveram-se quatro cenários de avaliação com recurso ao procedimento WLC. Optou-se por dois tipos de avaliação:

- uma com mais ênfase na perspectiva do empresário, atribuindo maior peso aos critérios dos grupos A e B. Foram utilizadas as imagens dos pontos de decisão P3 (risco neutro e máximo *trade-off*) e P5 (risco neutro e *trade-off* parcial);
- outra com mais ênfase na perspectiva do ordenamento do território, atribuindo maior peso aos critérios do grupo C. Consideraram-se as avaliações pessimista e optimista, ou seja, os pontos de decisão P1 (risco mínimo e sem *trade-off*) e P2 (risco máximo e sem *trade-off*).

O Quadro 5.6 mostra os pesos adoptados para este nível de análise.

Quadro 5.6 – Cenários finais de avaliação (WLC)

Cenários finais	Cenários combinados	Pesos (WLC)	Tipo de análise
Cenário_1	A_P3	0.50	Combinação de cenários de risco neutro e máximo <i>trade-off</i>
	B_P3	0.25	
	C_P3	0.25	
Cenário_2	A_P5	0.40	Combinação de cenários de risco neutro e <i>trade-off</i> parcial
	B_P5	0.40	
	C_P5	0.20	
Cenário_3	A_P2	0.25	Combinação de cenários com risco máximo e sem <i>trade-off</i>
	B_P2	0.25	
	C_P2	0.50	
Cenário_4	A_P2	0.25	Combinação de cenários: A – risco máximo sem <i>trade-off</i> B – risco máximo sem <i>trade-off</i> C – risco mínimo sem <i>trade-off</i>
	B_P2	0.25	
	C_P1	0.50	

O primeiro conjunto de cenários, cenário_1 e cenário_2, resultam da combinação de cenários com risco neutro e diferente compensação de critérios, variando de máximo para parcial. Servindo para avaliar a perspectiva dos empresários atribuiu-se maior peso à imagem resultante dos factores associados à actividade industrial, cenário_1. Admitindo

que os empresários, além dos factores associados à indústria, também valorizam os factores associados a opções administrativas e sócio-económicas, atribuiu-se igual peso às imagens respectivas, e menor peso à imagem respeitante ao ordenamento do território considerando que este seja uma preocupação menor para os empresários se localizarem, resultando o cenário_2. Consideraram-se duas atitudes de risco neutro para não se cair nos pontos extremos de demasiado optimista ou demasiado pessimista, acreditando ser esta uma posição sensata.

O segundo conjunto, cenário_3 e cenário_4, avalia a aptidão do ponto de vista do ordenamento do território. Foram considerados para a análise cenários com ausência de *trade-off* e de máximo e mínimo risco. Assim, foi atribuído maior peso ao cenário resultante dos factores associados ao ordenamento do território. Distinguem-se estes cenários finais, por se considerarem relativamente ao ordenamento do território pontos de decisão extremos. O cenário_3 avalia a aptidão tendo uma atitude optimista relativamente ao ordenamento do território; por outro lado, o cenário_4 avalia a aptidão tendo uma atitude mais restritiva (risco mínimo) em relação ao ordenamento do território.

Nas Figuras 5.49, 5.50, 5.51 e 5.52 são apresentados os cenários finais resultantes desta avaliação e respectivos histogramas de frequências.

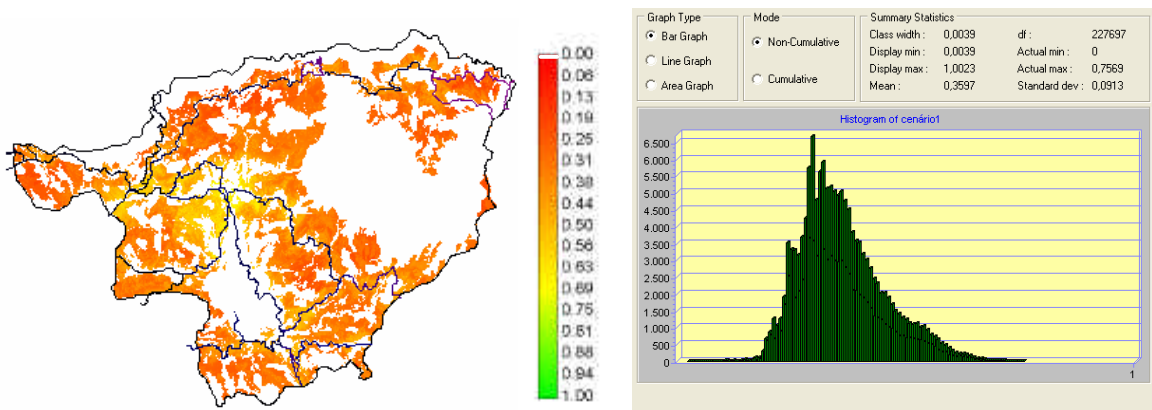


Fig. 5.49 – Cenário_1 e respectivo histograma de frequências (WLC)

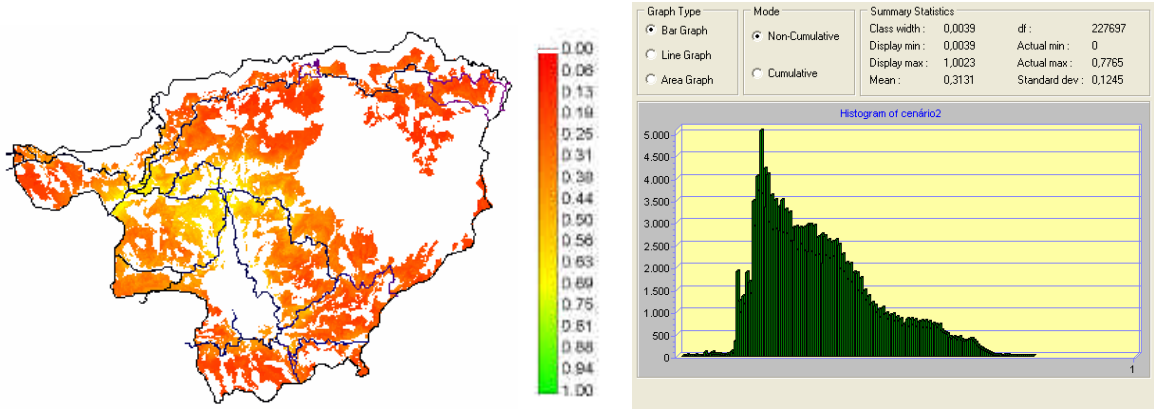


Fig. 5.50 – Cenário_2 e respectivo histograma de frequências (WLC)

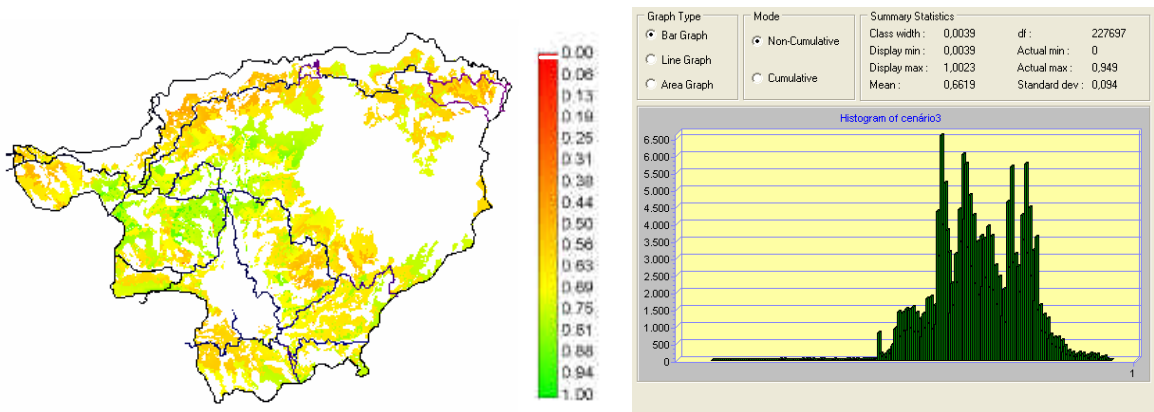


Fig. 5.51 – Cenário_3 e respectivo histograma de frequência (WLC)

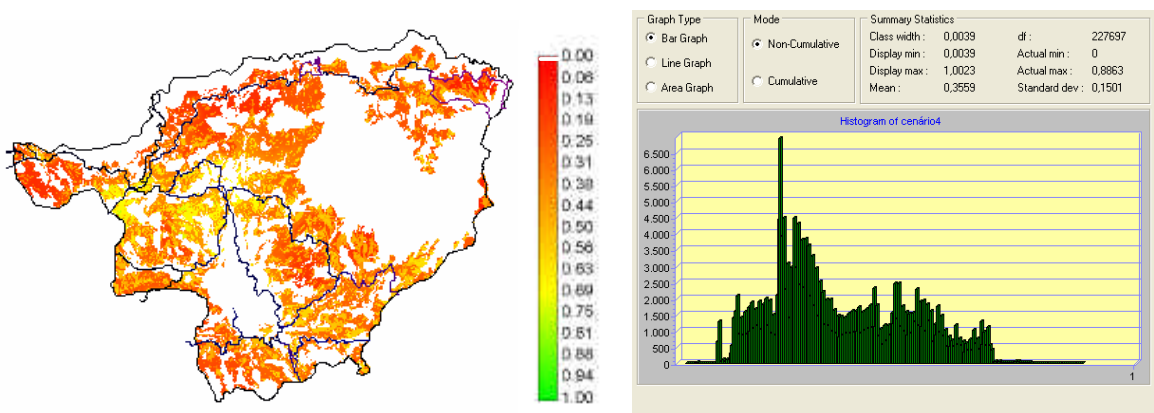


Fig. 5.52 – Cenário_4 e respectivo histograma de frequência (WLC)

Com respeito à terceira fase da análise, aplicou-se o procedimento OWA ao cenário_1 resultante da avaliação anterior (secção 5.2.7.2.), isto é, foram consideradas as mesmas imagens e os mesmos pesos do cenário_1, apenas variando o procedimento utilizado para a sua agregação. Consideraram-se três pontos de decisão com risco neutro e diferentes graus de *trade-off*, tal como mostra a Figura 5.53. Esta análise tem por objectivo avaliar a aptidão do solo para a localização industrial na óptica dos empresários, considerando diferentes níveis de compensação de critérios (*trade-off*).

No Quadro 5.7 apresentam-se os *order weights* considerados para esta análise.

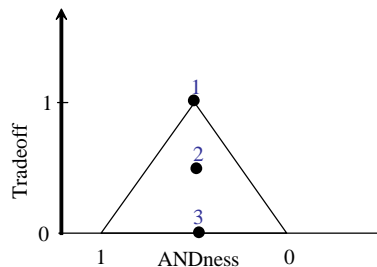


Fig. 5.53 – Cenários a avaliar

Quadro 5.7 – Cenários finais de avaliação com OWA

Cenário	Order Weights	ANDness	Trade-off	Tipo de avaliação
Cenário_11	[0.33 0.33 0.33]	0.50	1.00	Risco neutro Máximo <i>trade-off</i>
Cenário_12	[0.17 0.66 0.17]	0.50	0.51	Risco neutro <i>Trade-off</i> parcial
Cenário_13	[0.00 1.00 0.00]	0.50	0.00	Risco neutro Sem <i>trade-off</i>

Apresentam-se de seguida, nas Figuras 5.54, 5.55 e 5.56, os três cenários resultantes e respectivos histogramas de frequências.

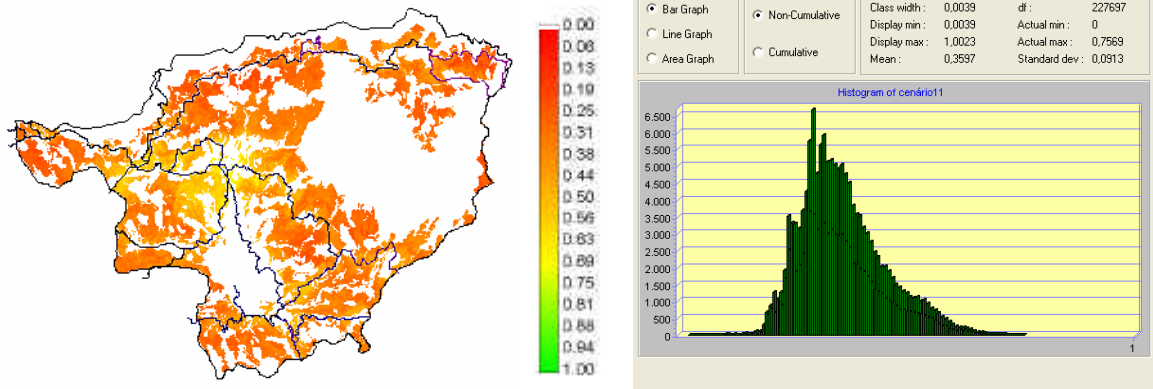


Fig. 5.54 – Cenário_11 e respectivo histograma de frequências (OWA)

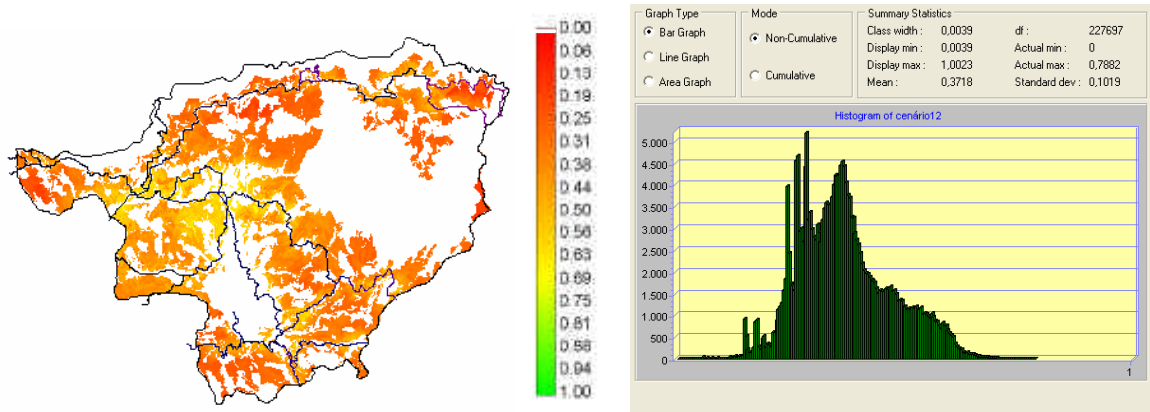


Fig. 5.55 – Cenário_12 e respectivo histograma de frequência (OWA)

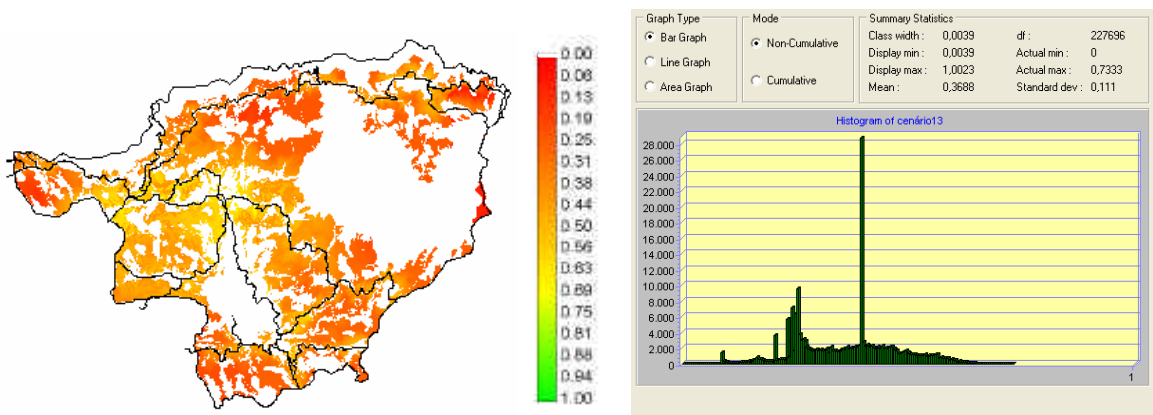


Fig. 5.56 – Cenário_13 e respectivo histograma de frequência (OWA)

5.2.8 Discussão dos resultados

5.2.8.1 Análise dos cenários do 1º nível

Cenário A_P1 (sem *trade-off*; risco mínimo)

Basicamente existem duas zonas melhor demarcadas em áreas limítrofes da Vila de Vieira do Minho e a Oeste do território por influência das imagens A4 (Infra-estruturas básicas) e A5 (Equipamentos terciários) que aí combinam os seus melhores *scores* e uma terceira área com valores menores de *scores* localizada no Centro-Sul do território por influência dos critérios A3 (Inércia industrial), mais propriamente pela proximidade ao aglomerado industrial lá existente.

Analisando o histograma de frequências, verifica-se a predominância de *scores* baixos existindo um pico próximo do valor 0.14; é um cenário com valor de média baixo, havendo neste contexto pouca aptidão do território para a localização industrial.

Cenário A_P2 (sem *trade-off*; risco máximo)

Cenário que confere grande aptidão ao território, o que se verifica pelas extensas áreas com *scores* altos (manchas verdes). Sendo de máximo risco, combina os maiores valores de *scores* de todas as imagens. Verifica-se grande influência dos valores da imagem referente aos critérios do grupo A2 (Mão-de-obra) e A3 (Inércia industrial). Apresenta ainda pequenas áreas com aptidão elevada que resultam dos valores da imagem do grupo de factores A4, pela existência de infra-estruturas básicas nesses aglomerados. Média elevada mas desvio padrão também elevado, o que torna este cenário pouco robusto em termos da aptidão do solo para localizar indústrias.

Cenário A_P3 (máximo *trade-off*; risco neutro)

Os *scores* mais baixos são compensados pelos *scores* mais altos o que justifica a presença de várias tonalidades dentro do vermelho por combinação dos *scores* relativos aos factores pertencentes aos grupos A2 e A3. O maior número de *scores* verifica-se próximo dos valores 0.27 e 0.1 que correspondem às várias tonalidades de vermelho. As áreas de maior aptidão, que correspondem às manchas verdes, registam-se na localidade de Vieira do Minho por influência das imagens A5 e A2, dado que é nessa localidade que existem

grande parte dos equipamentos terciários e de mão-de-obra. Registam-se os *scores* mais altos em áreas comuns às imagens destes grupos de factores com *scores* altos.

Cenário A_P4 (sem *trade-off*; risco neutro)

Os *scores* mais altos verificam-se na Vila de Vieira do Minho, e noutra pequena área a sudoeste da sede do concelho por forte influência dos valores da imagem A5; regista-se também alguma influência das imagens A4, A2 e A3. Não havendo compensação de critérios, os espaços de *score* nulo resultam da combinação dos valores nulos das imagens A5 e A4. Relativamente ao histograma verifica-se que o desvio padrão tem um valor alto o que se traduz no gráfico por uma grande dispersão dos valores.

Cenário A_P5 (*trade-off* parcial; risco neutro)

Relativamente às áreas de maior aptidão mostra-se muito semelhante ao cenário A_P4. Havendo alguma compensação de critérios, as áreas sem aptidão do cenário A_P4 passam a ter alguma aptidão por influência dos valores das imagens A2 e A3, o que justifica os dois picos no histograma. As áreas de maior aptidão localizam-se nos mesmos pontos descritos para o cenário anterior e também na saída Oeste do concelho, envolvente à EN103, por influência do grupo de factores A3, nomeadamente presença de áreas industriais.

Cenário B_P1 (sem *trade-off*; risco mínimo)

Mancha de cores representativa de fraca aptidão do território para o uso industrial, o que se traduz no histograma por *scores* com valores baixos e média baixa. Verifica-se forte influência dos valores da imagem B2, o que justifica a presença dos *scores* mais elevados na zona da saída oeste do concelho que dá acesso à Universidade do Minho, considerada como centro de investigação e de ensino superior na análise. Por se tratar de uma avaliação de risco mínimo combina os *scores* mais baixos das imagens B1, B2 e B3, o que se traduz na presença de áreas com *score* nulo ou de reduzido valor.

Cenário B_P2 (sem *trade-off*; risco máximo)

Tratando-se de um cenário de risco máximo é atribuído maior peso aos *scores* mais elevados das três imagens a combinar, o que se traduz na extensa área de grande aptidão.

Verifica-se forte influência das imagens B1 e B3, o que justifica a localização dos espaços preferenciais nas proximidades de Vieira do Minho e saídas do concelho para outras localidades consideradas como áreas urbanas com particular qualidade de vida, com infraestruturas de recreio e lazer e localização do centro de decisão a nível central. Pela análise do histograma verifica-se média alta mas desvio padrão também elevado, encontrando-se o maior número de pixeis nos valores de *scores* mais baixos e mais altos.

Cenário B_P3 (máximo *trade-off*; risco neutro)

Relativamente a B_P1 e a B_P2 pode considerar-se uma imagem mediana, diminuindo a aptidão relativamente a B_P2 e aumentando relativamente a B_P1. Este facto deve-se a ser um cenário com *trade-off* total e os *scores* mais altos compensarem os mais baixos. Em relação ao histograma verifica-se grande desvio padrão, com valores de *scores* entre 0 e 0.651, registando-se o maior número de *scores* com valor próximo de 0.06.

Cenário B_P4 (sem *trade-off*; risco neutro)

Relativamente ao cenário anterior aumenta a aptidão devido a haver menor compensação de critérios, localizando-se as áreas mais aptas na freguesia e Vila de Vieira do Minho devido aos factores B1 e B3, para os quais foram consideradas as localidades de Vieira do Minho, Braga, Guimarães, Póvoa de Lanhoso, Cabeceiras de Bastos e Porto. Regista-se um intervalo de valores dos *scores* grande, o que se traduz por elevado valor do desvio padrão, encontrando-se o maior número de *scores* para valores próximos de zero.

Cenário B_P5 (algum *trade-off*; risco neutro)

Existindo algum *trade-off* será uma situação intermédia de B_P3 e B_P4, o que justifica os *scores* mais baixos relativamente a B_P4 por influência da imagem B2. No entanto os *scores* de aptidão nula são compensados, sendo-lhes atribuída alguma aptidão (mancha vermelha) por influência de B3. Verifica-se que o *score* mais alto tem valor 0.702; o desvio padrão é elevado como consequência dos valores dos *scores* dispersos; maior número de *scores* para os valores mais baixos do intervalo devido à presença da grande mancha vermelha.

Cenário C_P1 (sem *trade-off*; risco mínimo)

Tratando-se de uma avaliação pessimista é influenciado pelos menores *scores* das imagens C1, C2 e C3. Verifica-se a presença de pequenas áreas dispersas por maior influência do factor C3 (condições de implantação), baixando o *score* relativamente a C3 devido ao factor C1 que também é responsável pela presença das zonas de aptidão nula. Pela análise do histograma verifica-se a existência de um pico próximo do valor 0.51, em consequência das áreas maiores estarem coloridas em tons de amarelo. Embora a média seja alta, o desvio padrão também é, dispersando os valores dos *scores*.

Cenário C_P2 (sem *trade-off*; risco máximo)

Este cenário atribui aptidão quase total ao território, o que se traduz no histograma por uma média alta dado o maior número de *scores* se encontrar no valor 1. Verifica-se forte influência da imagem C2, que em conjunto com C1 aumenta o valor de alguns *scores*, relativamente a C2. É claramente um cenário optimista.

Cenário C_P3 (máximo *trade-off*; risco neutro)

Havendo compensação dos *scores* mais baixos pelos mais altos, gera-se uma imagem intermédia, visualmente, relativamente a C_P1 e C_P2. As áreas com aptidão 0 de C_P1 são compensadas pelos elevados valores de *scores* de C2, atribuindo-lhes algum grau de aptidão. O valor do *score* mais alto é 0.98, mas o maior número de *scores* encontra-se no valor 0.40, o que se traduz na imagem por muitas manchas alaranjadas. As áreas de maior aptidão estão dispersas e localizadas em zonas não visíveis, facto resultante da imagem C2.

Cenário C_P4 (sem *trade-off*; risco neutro)

As áreas de maior aptidão resultam da combinação da imagem C2 com *scores* elevados nessas áreas, com a imagem C1 de menores *scores* nessas mesmas áreas. A existência de zonas sem aptidão é consequência de C1 (uso preferencial do solo) e por não haver *trade-off*. Confere bastante aptidão ao território, o que se verifica pela média alta e maior número de *scores* com valor 0.51 (cerca de 50% de aptidão), embora o desvio padrão não seja um valor a desprezar. Relativamente a C_P3 aumenta a aptidão devido a C2.

Cenário C_P5 (algum *trade-off*; risco neutro)

Havendo algum *trade-off*, relativamente ao cenário C_P4 aumenta a aptidão do solo nas áreas onde era nula, influência dos *scores* elevados da imagem C2. As zonas de maior aptidão localizam-se nas mesmas regiões de C_P4. No entanto, tornam-se menos dispersas e com valores de *scores* mais baixos devido às áreas sem aptidão da imagem C3. O maior número de *scores* situa-se próximo do valor 0.47, verificando-se ainda média alta mas desvio padrão também elevado.

Seguidamente no Quadro 5.8 apresentam-se os resultados estatísticos dos vários cenários.

Quadro 5.8 – Valores relativos aos resultados estatísticos dos cenários do 1º nível

Cenário	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Tipo de avaliação
A_P1	0	0.5961	0.09858	0.0977	Sem <i>trade-off</i> Mínimo risco
A_P2	0	1.0	0.6252	0.2356	Sem <i>trade-off</i> Máximo risco
A_P3	0	0.8431	0.2719	0.1463	<i>Trade-off</i> total Risco neutro
A_P4	0	0.9608	0.2209	0.1831	Sem <i>tradeoff</i> Risco neutro
A_P5	0	0.902	0.1889	0.1659	<i>Trade-off</i> parcial Risco neutro
B_P1	0	0.4588	0.1134	0.0965	Sem <i>trade-off</i> Mínimo risco
B_P2	0	0.8353	0.5429	0.2025	Sem <i>trade-off</i> Máximo risco
B_P3	0	0.651	0.2927	0.1627	<i>Trade-off</i> total Risco neutro
B_P4	0	0.7804	0.3222	0.2395	Sem <i>trade-off</i> Risco neutro
B_P5	0	0.702	0.2497	0.2026	<i>Trade-off</i> parcial Risco neutro
C_P1	0	0.9412	0.405	0.1992	Sem <i>trade-off</i> Mínimo risco
C_P2	0	1.0	0.8204	0.1777	Sem <i>trade-off</i> Máximo risco
C_P3	0	0.9804	0.4666	0.1489	<i>Trade-off</i> total Risco neutro
C_P4	0	1.0	0.5647	0.1442	Sem <i>trade-off</i> Risco neutro
C_P5	0	0.9882	0.468	0.1886	<i>Trade-off</i> parcial Risco neutro

5.2.8.2 Análise dos cenários finais

Antes de começar a análise deste grupo de cenários, convém referir que o seu processamento inclui as áreas restritas à localização industrial o que justifica a presença de muitos espaços com *score* nulo (sem aptidão).

Cenário 1

Resulta da combinação de três imagens com máximo *trade-off* e risco neutro. Verifica-se que as zonas de maior aptidão se localizam em torno de Vieira do Minho originárias dos altos *scores* existentes na mesma região da imagem A_P3, a acrescer o facto de ser este o cenário com maior peso. A curva de distribuição aproxima-se da curva normal, embora ligeiramente deslocada para a esquerda, dando uma aptidão mediana ao território. O maior número de *scores* regista-se entre 0.29 e 0.31.

Cenário 2

Resulta da combinação de três imagens com *trade-off* parcial e risco neutro. Comparando com o cenário_1, aumenta o desvio padrão e diminui a média, no entanto aumenta o valor máximo do *score*. A curva de distribuição desloca-se para a esquerda, encontrando-se o maior número de *scores* próximo do valor 0.20, o que confere menor aptidão ao território relativamente ao cenário_1. A diminuição da aptidão pode dever-se à menor compensação de critérios, em que os *scores* de menores valores são menos compensados pelos *scores* de maiores valores e também por se atribuir igual peso a A_P5 e B_P5, duas imagens com maior número de *scores* com valores baixos.

Cenário 3

Resulta de cenários optimistas (risco máximo), o que justifica que quase todo o território, com excepção das exclusões, tenha grande aptidão para a localização industrial. O grande número de manchas verdes deve-se ao facto dos valores deste cenário resultarem dos melhores *scores* das três imagens combinadas, uma vez que grande parte das áreas de menor aptidão destas imagens coincidem com as exclusões e também por se atribuir maior peso a C_P2, que confere aptidão a todo o território. A grande aptidão traduz-se no gráfico

pelo existência de maior número de *scores* com valores próximos e acima dos 50% do *score* máximo.

Cenário 4

É de todos os cenários o que confere menor homogeneidade à aptidão do território. Por se introduzir na combinação um cenário pessimista (C_P1), embora sejam mantidos os pesos, verifica-se uma grande diminuição de aptidão relativamente ao Cenário_3, que utiliza o cenário C_P2 (optimista). As áreas com aptidão que se encontram localizadas a sudeste e a nordeste, resultam de A_P2, uma vez que são áreas coincidentes nas duas imagens (A_P2 e Cenário_4), no entanto o valor do *score* diminui, o que se deve aos valores mais baixos das imagens B_P2 e C_P1 nessas zonas. Na parte oeste as áreas de maior aptidão coincidem com as de A_P2 e B_P2, o que também justifica a presença de algumas células verdes (*score* alto). As áreas de menor aptidão resultam da combinação dos *scores* mais baixos de B_P2 e A_P2.

Analisando todo o espectro de avaliação, poderá afirmar-se que o Cenário_1, dado que a curva de distribuição dos *scores* do histograma de frequências está próximo da curva normal e embora não tenha a média mais elevada é o que tem menor desvio padrão, conduz a uma maior concentração de áreas de aptidão. Estas localizam-se em zonas envolventes a Vieira do Minho (sede do concelho), saída oeste do concelho (próximo da EN103) por influência da proximidade a outras localidades, como Porto, Braga e Guimarães, e Vieira do Minho, que sendo sede do concelho oferece mais valias à localização de indústrias.

No Quadro 5.9 apresentam-se os resultados estatísticos desta análise.

Quadro 5.9 – Resultados estatísticos dos histogramas dos cenários finais (WLC)

Cenário	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Tipo de avaliação	Cenários combinados
Cenário_1	0	0.7569	0.3597	0.0913	Combinação de cenários de risco neutro e máximo <i>trade-off</i>	A_P3 B_P3 C_P3
Cenário_2	0	0.7765	0.3131	0.1245	Combinação de cenários de risco neutro e <i>trade-off</i> parcial	A_P5 B_P5 C_P5
Cenário_3	0	0.949	0.6619	0.094	Combinação de cenários com risco máximo e sem <i>trade-off</i>	A_P2 B_P2 C_P2
Cenário_4	0	0.8863	0.3559	0.1501	Combinação de cenários: A – risco máximo sem <i>trade-off</i> B – risco máximo sem <i>trade-off</i> C – risco mínimo sem <i>trade-off</i>	A_P2 B_P2 C_P1

Cenário 11

Este cenário é igual ao Cenário_1 dado que os *order weights* considerados têm igual valor, caindo na situação WLC, pelo que se aplicam os mesmos comentários relativos ao Cenário_1.

Cenário 12

Resulta do procedimento OWA com algum *trade-off* aplicado ao Cenário_1. Relativamente ao Cenário_1, a média aumenta mas o desvio padrão também aumenta. Próximo do valor 0.39 verifica-se grande número de *scores*. Por haver alguma compensação dos *scores* mais baixos pelos mais altos, aumenta a aptidão e também o valor máximo dos *scores*, sendo este aspecto visível na curva que se desloca para a direita. A localização destas áreas são basicamente coincidentes com as do Cenário_1, verificando-se a nordeste, pela mancha de cor, uma melhoria dos valores de aptidão.

Cenário 13

Analisando a mancha de cores na imagem, poucas alterações acontecem relativamente ao Cenário_12; o próprio histograma é semelhante, apenas diferindo na Figura 5.56 devido a uma grande acumulação de pixels na zona do *score* 0.40, o que distorce a apresentação do mesmo. O valor do *score* mais alto diminui e o maior número de *scores* corresponde, visivelmente, ao valor 0.41, o que justifica a proximidade na mancha de cores das imagens dos Cenários _12 e _13. Pelo facto de a maioria dos *scores*

ter valor 0.41, torna o território muito homogéneo e talvez ambíguo para a escolha do local para implantar indústrias. A média relativamente ao Cenário_12 diminui e aumenta o desvio padrão, o que indica que o Cenário_12 conduz a áreas um pouco mais concentradas. Os menores *scores* podem resultar da não compensação de critérios.

No Quadro 5.10 apresentam-se os resultados da estatística destes cenários.

Quadro 5.10 – Resultados estatísticos dos histogramas dos cenários finais (OWA)

Cenário	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Tipo de avaliação
Cenário_11	0	0.7569	0.3597	0.0913	Máximo <i>trade-off</i> Risco neutro
Cenário_12	0	0.7882	0.3718	0.1019	<i>Trade-off</i> parcial Risco neutro
Cenário_13	0	0.7333	0.3688	0.1110	Sem <i>Trade-off</i> Risco neutro

5.2.8.3 Síntese da análise efectuada

Nesta secção é apresentada uma visão global de toda a análise efectuada para os vários cenários gerados.

No Quadro 5.11 apresenta-se a síntese da avaliação efectuada aos cenários referentes ao 1º nível da análise.

Quadro 5.11 – Quadro síntese da análise dos cenários do 1º nível

Pontos de decisão					
Grupo de factores	P1	P2	P3	P4	P5
	Risco mínimo Sem <i>trade-off</i>	Risco máximo Sem <i>trade-off</i>	Risco neutro Máximo <i>trade-off</i>	Risco neutro Sem <i>trade-off</i>	Risco neutro <i>Trade-off</i> parcial
A	Reduzida aptidão.	Elevada aptidão.	Boa aptidão em torno de Vieira do Minho.	Aptidão muito localizada em dois pontos centrais do território, diluindo-se a aptidão com a distância a esses centros.	Aptidão muito localizada em dois pontos centrais do território, diluindo-se a aptidão com a distância a esses centros.
B	Reduzida aptidão.	Elevada aptidão em redor de Vieira do Minho e saídas principais do concelho, diluindo-se aptidão a partir desse centro.	Aptidão mediana (em geral). Maior aptidão junto a Vieira do Minho e saída do concelho (EN103) diluindo-se para o exterior a esses pontos.	Boa aptidão na envolvente a Vieira do Minho.	Aptidão mediana.
C	Reduzida aptidão	Elevada aptidão	Áreas de maior aptidão dispersas.	Grande amplitude da aptidão ao longo do território.	Diminui a aptidão das zonas aptas do cenário anterior mas aumentam as áreas disponíveis (aptas)

No Quadro 5.12 apresenta-se a síntese da avaliação efectuada aos cenários finais resultantes do procedimento WLC.

Quadro 5.12 – Quadro síntese da análise dos cenários finais (WLC)

Cenário_1	Cenário_2	Cenário_3	Cenário_4
Diminui a dispersão de áreas aptas			
	Aumenta a aptidão		
		Diminui a aptidão, dispersando a gama de <i>scores</i>	

No Quadro 5.13 apresenta-se a síntese da avaliação efectuada aos cenários finais resultantes do procedimento OWA.

Quadro 5.13 – Quadro síntese da análise dos cenários finais (OWA)

Cenário_11 Risco neutro Máximo <i>trade-off</i>	Cenário_12 Risco neutro <i>Trade-off</i> parcial	Cenário_13 Risco neutro Sem <i>trade-off</i>
Dispersão da gama de <i>scores</i> →		
	Dispersão da gama de <i>scores</i> →	

5.2.9 Identificação de áreas com maior aptidão

Para complementar a avaliação de áreas preferenciais para a localização industrial no território municipal de Vieira do Minho, procedeu-se à identificação das áreas mais aptas. A análise efectuou-se de dois modos:

- identificação do número de pixeis com maior aptidão que deverão perfazer uma determinada área;
- identificação de uma área de maior aptidão com uma superfície pré-definida.

Analisando as zonas industriais existentes e previstas no PDM de Vieira do Minho, verifica-se que ocupam no total uma área de 42 000m², o que equivale na imagem *raster* a 105 pixeis. Desta forma definiu-se que a área a procurar seria de 50 000m², uma vez que não tem interesse ser inferior à definida em PDM. Para atingir o objectivo proposto foi traçada a seguinte regra de decisão:

- ordenar os pixeis da imagem por ordem decrescente do seu *score* e agrupar as células contíguas, sendo atribuído a cada grupo um número inteiro. A solução será encontrada quando o número de pixeis agrupados perfizer a área pretendida;
- só serão tidos em conta para a solução os grupos cuja área não seja inferior a 10 000m².

É um processo iterativo que se inicia com um determinado número de pixels (n) que será incrementado até se atingir a solução pretendida, satisfazendo a regra de decisão. A ordem de entrada dos pixels neste processo é feita do maior *score* para o menor *score*. Este processo foi desenvolvido no programa IDRISI, uma vez que contém as ferramentas necessárias para ordenar os pixels e agrupá-los. O fluxograma da Figura 5.57 apresenta a regra de decisão descrita.

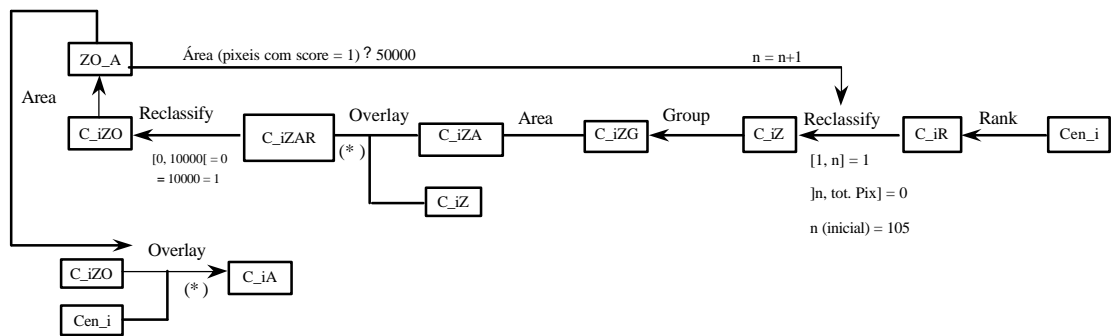


Fig. 5.57 - Fluxograma para identificação de áreas com aptidão

Procurou seleccionar-se para esta avaliação cenários que representassem os pontos de vistas dos empresários e do ordenamento do território, de forma a fazer-se uma análise das localizações de áreas mais aptas em cada um destes contextos.

Para a primeira avaliação utilizou-se o Cenário_1, procurando desta forma encontrar as melhores áreas para a localização industrial. Foram realizadas sete tentativas com diferente número inicial de pixels, como mostra o Quadro 5.14.

Quadro 5.14 – Número de iterações para a obtenção da solução (Cenário_1)

Iteração	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª
n (inicial)	160	250	350	400	380	390	395
Área (m ²)	15200	20800	41200	58400	44400	47200	57200

A solução encontrada para $n(\text{inicial}) = 395$ corresponde a três zonas com áreas 27 600m², 19 600m² e 10 000m², respectivamente, perfazendo o total de 57 200m². Na Figura 5.58 encontra-se o resultado encontrado e na Figura 5.59 o respectivo histograma de frequências.

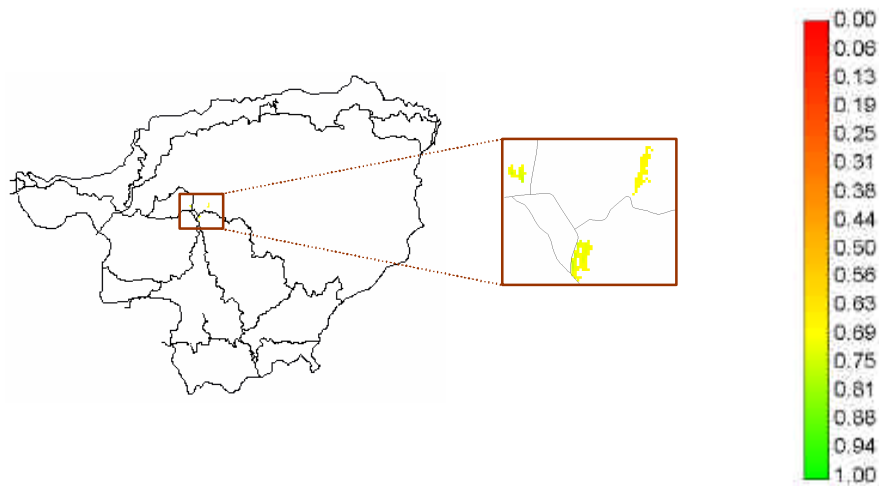


Fig. 5.58 – Áreas de maior aptidão relativas ao Cenário_1

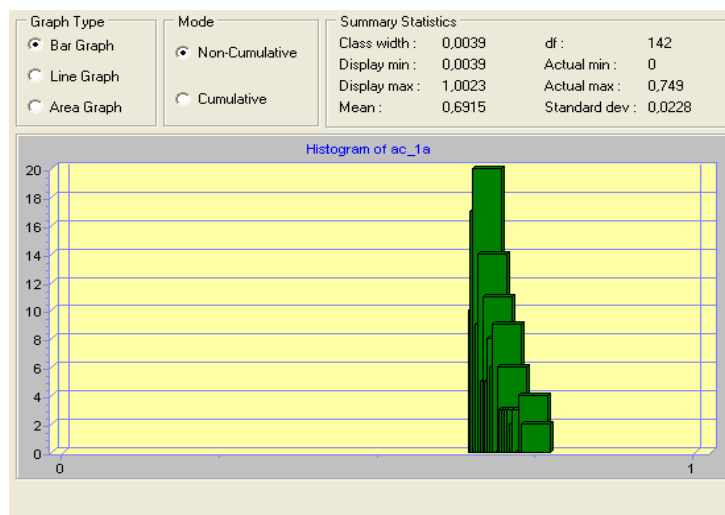


Fig. 5.59 – Histograma de frequências relativo à identificação de áreas (Cenário_1)

Verifica-se que se trata de pequenos aglomerados, localizados próximo de Vieira do Minho. O *score* com maior valor é de 0.749, que em termos de aptidão corresponde a 75% do máximo, o que poderá ser justificado pela imposição de limite mínimo de área que poderá eliminar *scores* mais elevados.

Por processo semelhante, alterando apenas a segunda regra de decisão, procurou-se um único espaço de maior aptidão para o uso industrial com área não inferior a 50 000m². Para tal foram considerados o Cenário_3 e o Cenário_4. Escolheram-se estes cenários por

mostrarem maior aptidão na zona dos espaços industriais classificados em PDM, e por isso possibilitarem a avaliação destes em termos de área e localização.

As tentativas realizadas encontram-se no Quadro 5.15. As Figuras 5.60, 5.61, 5.62 e 5.63 apresentam as soluções encontradas para cada um dos cenários e respectivos histogramas de frequências.

Quadro 5.15 - Tentativas para a obtenção da solução (Cenário_3 e Cenário_4)

Cenário	Iteração	$n(\text{inicial})$	Área (m ²)
Cenário_3	1 ^a	250	21200
	2 ^a	500	32400
	3 ^a	750	54400
	4 ^a	700	49200
	5 ^a	725	52400
	6 ^a	715	50400
Cenário_4	1 ^a	700	36800
	2 ^a	900	50400

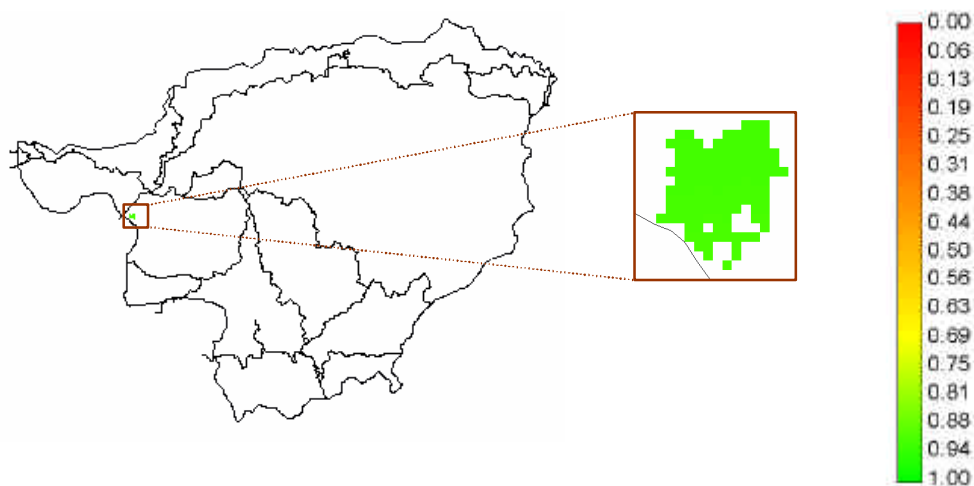


Fig. 5.60 – Área de maior aptidão relativa ao Cenário_3

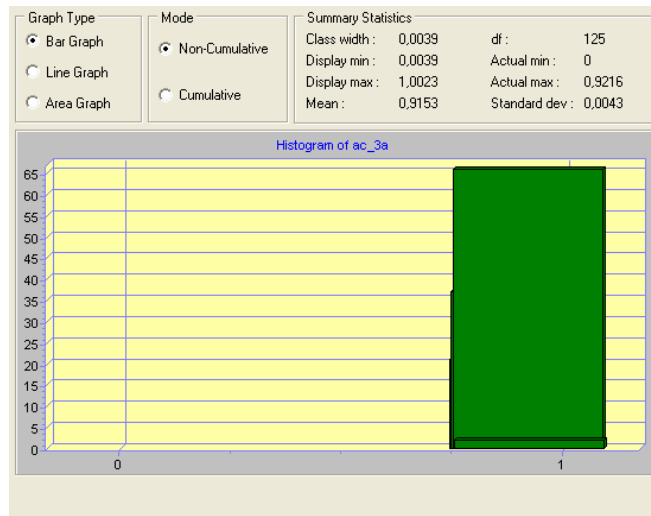


Fig. 5.61 – Histograma de frequências relativo à identificação de área (Cenário_3)

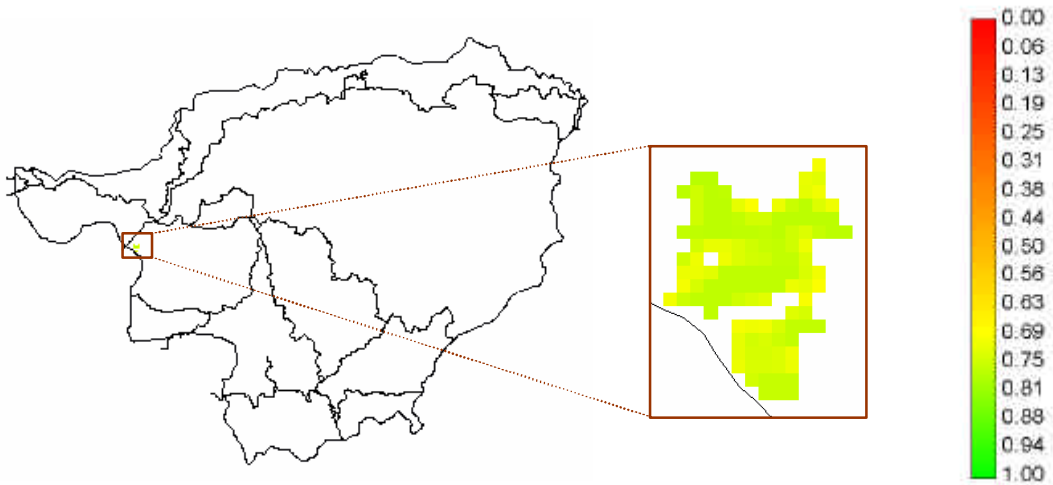


Fig. 5.62 – Área de maior aptidão relativa Cenário_4

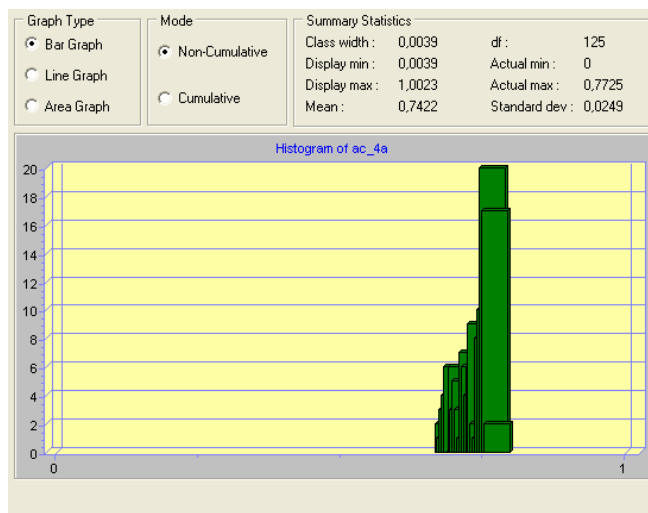


Fig. 5.63 – Histograma de frequências relativo à identificação de área (Cenário_4)

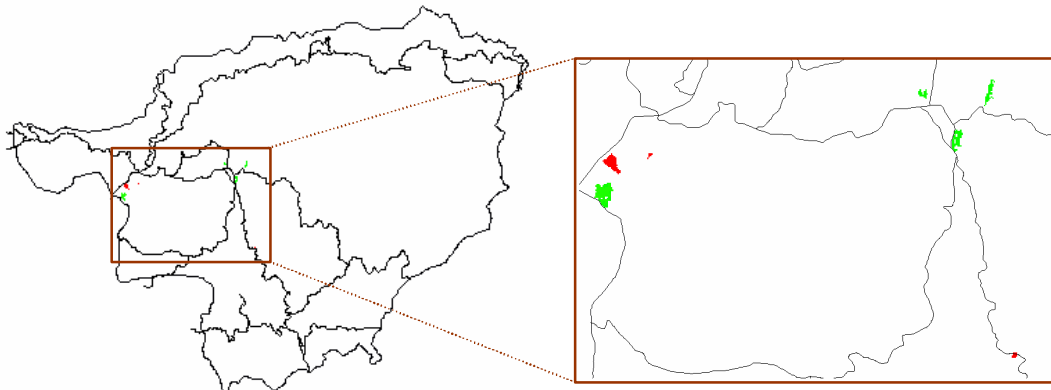
Verifica-se que a solução para ambos os cenários corresponde a uma área única de 50 400m², iniciando-se o processo iterativo com 715 e 900 pixels, respectivamente. Pela análise dos resultados verifica-se que a solução para o Cenário_3 apresenta melhores valores que a do Cenário_4, isto é, o *score* máximo e a média são superiores e o desvio padrão menor (Quadro 5.16). Verifica-se ainda que a solução para o Cenário_3 tem *scores* mais altos. A razão disto acontecer deve-se ao facto de, para o Cenário_3 a solução ter sido encontrada com um número de pixels inicial igual a 715, enquanto que para o Cenário_4 a solução foi obtida com $n(\text{inicial}) = 900$, o que quer dizer que para o resultado do Cenário_4 foram eliminados pixels com *scores* mais altos que os relativos à solução. Apesar disto, não se podem considerar maus os resultados referentes ao Cenário_4, pelo que poder-se-à afirmar que ambos os cenários apresentam grande aptidão para a área encontrada.

No Quadro 5.16 apresentam-se os valores estatísticos obtidos.

Quadro 5.16 – Resultados estatísticos dos histogramas das soluções encontradas

Cenário	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Cenário_3	0	0.9216	0.9153	0.0043
Cenário_4	0	0.7725	0.7422	0.0249

Verifica-se ainda que as áreas encontradas se aproximam geograficamente a uma das classificadas no PDM, como se pode observar na Figura 5.64.



Legenda:

- - Áreas previstas e existentes classificadas em PDM
- - Áreas de maior aptidão identificadas

Fig. 5.64 – Áreas industriais avaliadas e existentes no Município de Vieira do Minho

5.3 Conclusões da análise efectuada ao município de Vieira do Minho

Tendo em conta os cenários avaliados, pode afirmar-se que em todo o território do município existem duas zonas preferenciais para a implantação de novas indústrias. Uma delas localizada em áreas envolventes à sede do concelho e outra com localização a oeste do território, próximo de um dos parques industriais já existentes.

Relativamente à área localizada nas proximidades de Vieira do Minho, deve-se essencialmente às mais valias oferecidas pela sede do concelho, no que respeita a acessibilidade, população activa, infra-estruturas básicas, equipamentos terciários e ser considerada na análise como uma área urbana com particular qualidade de vida. Contribui também positivamente para esta solução, a proximidade do centro de decisão a nível municipal.

A respeito da outra área preferencial encontrada, justifica-se a sua localização pela proximidade a espaços industriais já implantados, bem como a contiguidade à EN 103, principal via de acesso a outras localidades fora do concelho consideradas na análise como áreas com infra-estruturas de recreio e lazer (Braga e Guimarães), com centros de

investigação e ensino superior (Universidade do Minho) e centros de decisão a nível central (Porto).

Pela análise das áreas identificadas pode concluir-se que embora haja zonas com grande aptidão (relativa, no contexto estrito do município), quando se agregam as células de maior *score* para identificar uma área contínua da aptidão, verifica-se que se trata de pequenas áreas. Isto deve-se fundamentalmente à grande declividade do terreno que restringe o espaço adequado para a implantação de instalações industriais.

Assim, a grande restrição de áreas de elevada aptidão deve-se sobretudo ao acentuado do relevo do território e também à não existência de infra-estruturas básicas em algumas freguesias do concelho.

O facto de se estar a realizar uma avaliação dentro de um espaço condicionado por uma fronteira administrativa, também pode contribuir para a limitação de áreas consideradas aptas. Ou seja, na vizinhança do território estudado poderão existir factores que poderiam contribuir positivamente para a solução pretendida, uma vez que, um limite administrativo não é uma barreira física e o território é um espaço contínuo, podendo existir intercâmbio de factores relativos à actividade industrial.

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

6.1 Modelo implementado

O modelo de localização industrial, apresentado no Capítulo 4, foi aplicado ao município de Vieira do Minho, e teve por objectivo avaliar as potencialidades do solo da área territorial para localizar novas unidades industriais.

A estrutura de análise está implementada num SIG *raster*, sendo cada célula sujeita a um processo de avaliação da aptidão por técnicas de análise multicritério.

Feito o levantamento dos dados referentes ao município relativamente a ocupação do solo, características morfológicas do terreno e dados populacionais, e atendendo aos resultados de inquéritos realizados a empresários instalados na região do Noroeste de Portugal (Ramos, 2000), decidiu-se quais os critérios a considerar para o modelo. Estes foram agrupados em três níveis hierárquicos de análise, segundo uma abordagem AHP (*Analytic Hierarchy Process*), e combinados pelos processos de agregação de critérios WLC (*Weighted Linear Combination*) e OWA (*Ordered Weighted Average*), a par da combinação de pesos e de *order weights*, resultando um conjunto de cenários finais de aptidão.

Trata-se de um modelo de leitura fácil, bem estruturado, tornando a sua implementação um processo linear e transparente. O facto de utilizar o procedimento OWA para agregação de critérios aumenta as suas potencialidades em avaliação de cenários, uma vez que permite gerar cenários com diferentes níveis de risco (ANDness) e

de compensação de critérios (*trade-off*), e deste modo obter-se um amplo espectro estratégico de decisão.

6.2 Conclusões relativas ao Caso de Estudo

Concretizaram-se três patamares de análise: um de nível mais baixo resultando num conjunto de quinze cenários relativos ao primeiro nível da hierarquia, originários da combinação dos factores do 2º nível pelo procedimento OWA; outro de hierarquia superior que resultou num conjunto de quatro cenários finais de aptidão, pelo procedimento de agregação de critérios WLC; e um terceiro relativo à aplicação do procedimento OWA a um dos cenários finais, originando três cenários de avaliação.

Para o nível mais baixo da análise, os cenários gerados permitem obter uma boa caracterização da aptidão do território em estudo para cada conjunto de factores (secção 5.2.7.1.), sendo também útil para estabelecer uma avaliação comparativa entre cenários de grupos de factores diferentes e entre os vários cenários do mesmo grupo. Pela análise dos pontos estratégicos de decisão para cada grupo de factores, conclui-se que:

- para os factores associados à actividade industrial, verifica-se que à medida que aumenta o risco e a compensação de critérios, a localização das áreas de maior aptidão concentra-se em torno de Vieira do Minho;
- para os factores associados a opções administrativas e sócio-económicas, verifica-se que existem dois pontos extremos relativos à concentração de áreas aptas no espaço em análise, correspondentes às combinações de (risco mínimo/ausência de *trade-off*) e (risco máximo/ausência de *trade-off*), aumentando a aptidão nesse sentido. Nas situações de risco neutro, aumentando o *trade-off* a aptidão diminui, verificando-se uma diluição da aptidão no sentido do interior para o exterior. As áreas de maior aptidão localizam-se em torno de Vieira do Minho e principal via de acesso à saída do lado oeste do concelho;
- para os factores associados ao ordenamento do território, existem duas situações extremas de reduzida e elevada aptidão, correspondentes a cenários de (risco mínimo/ausência de *trade-off*) e (risco máximo/ausência de *trade-off*),

respectivamente. Relativamente aos cenários de risco neutro e variação de compensação de critérios, verifica-se a existência de áreas “explodidas”, diminuindo a amplitude da aptidão ao longo do território com o aumento de *trade-off* e aumentando a concentração de áreas de maior aptidão disponíveis.

De um modo geral, para todos os cenários relativos aos três grupos de critérios, verifica-se que os cenários que melhor identificam a localização de áreas de maior aptidão são os correspondentes às situações de risco neutro e variação de *trade-off*. Aos cenários de baixo risco/ausência de *trade-off* e aos de risco neutro/ausência de *trade-off* correspondem grandes áreas de aptidão nula. Os cenários de alto risco/ausência de *trade-off* são os que apresentam áreas mais extensas de grande aptidão, devido ao facto de pertencerem a um contexto avesso ao risco.

Relativamente ao segundo patamar da análise, verifica-se um comportamento semelhante para três dos cenários gerados, havendo um quarto cenário que se destaca pela elevada abrangência das áreas aptas no território.

Passando de uma situação de (risco neutro/máximo *trade-off* e maior peso para o factor relativo à actividade industrial) para outra de (risco neutro/*trade-off* parcial e igual peso para os factores referentes à actividade industrial e opções administrativas e sócio-económicas), verifica-se que diminui a amplitude da aptidão do solo havendo maior concentração das áreas mais aptas.

Por combinação de cenários com ausência de *trade-off* e diferentes níveis de risco para o factor relativo ao ordenamento do território, o qual tem maior peso no procedimento WLC, é visível na solução que a aptidão tem uma quebra bastante acentuada quando se substitui o cenário de máximo risco pelo de mínimo risco, dispersando-se a gama de *scores* de maiores valores. Verifica-se ainda uma diminuição da concentração de pixels com maiores valores, formando áreas de maior aptidão menores e mais dispersas.

Aumentando o risco e diminuindo o *trade-off* dos cenários combinados, aumenta o número de áreas aptas.

Em relação ao terceiro patamar da análise, verificam-se as seguintes situações:

- ao passar de uma situação de *trade-off* total para *trade-off* parcial, a gama de *scores* dispersa-se, registando-se também uma pequena melhoria da aptidão e expansão das áreas mais aptas;
- da situação de *trade-off* parcial para ausência de *trade-off* verifica-se uma situação muito semelhante à anterior, continuando a registar-se dispersão dos *scores*.

Relativamente à identificação de áreas com maior aptidão, é notável o bom desempenho de áreas localizadas a oeste do território em estudo e de áreas com aptidão média-alta localizadas próximo da sede do concelho, Vila de Vieira do Minho. Este resultado deve-se sobretudo aos cenários escolhidos para esta análise. Um favorecendo o ponto de vista dos empresários, identificando por isso as áreas de maior aptidão próximo da sede do concelho; e os outros favorecendo o ponto de vista do ordenamento do território localizando as áreas mais aptas numa zona de baixo declive.

Dos aglomerados industriais existentes e previstos no Plano Director Municipal, apenas os localizados a oeste da sede do concelho estão próximos destas áreas identificadas.

Constata-se que o segundo aglomerado industrial, localizado a sudoeste de Vieira do Minho, se dilui na análise devido a encontrar-se localizado junto a uma albufeira, e por isso numa área restrita da análise.

Como nota final, refira-se que o desenvolvimento do estudo da avaliação da aptidão nesta dissertação conduz sempre a resultados relativos ao município em causa, sendo todas as interpretações feitas neste âmbito estrito e jamais em termos absolutos.

6.3 Desenvolvimentos futuros

Considera-se que os objectivos da implementação e aplicação do modelo para avaliação de cenários de localização industrial num município foram integralmente conseguidos. No entanto, como em qualquer processo de investigação, não se pode dar por concluído o exercício.

O prosseguimento dos estudos poderá incidir na consolidação do modelo alargando o leque de empresários inquiridos de forma a melhorar os pesos e a calibração das funções de normalização; alargar a área geográfica de estudo procurando fazer uma análise mais abrangente que permitisse estabelecer relações de comparação da aptidão para diferentes áreas administrativas; criar um Sistema Espacial de Apoio à Decisão.

Sugere-se ainda a integração do modelo num outro mais vasto de planeamento do uso do solo, permitindo fazer avaliações para diferentes usos, do tipo multi-objectivo. Desta forma poder-se-ia avaliar qual o melhor uso para implantar num determinado local.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aydalot, P. (1985), *Economie Régional et Urbaine*. Paris: Economica.
- Bossard, E.G. (1999), Envisioning Neighborhood Quality of Life Using Conditions in the Neighborhood Access To and From Conditions in the Surrounding Region. In Paola Rizzi (Ed.), *Computers in Urban Planning and Urban Management on the Edge of the Millenium*. Venice: FrancoAngeli.
- Cantillon, R. (1755), *Essai sur la Nature du Commerce en General* (escrito em 1725 e editado em 1755). Reeditado em 1952, INED, Paris. Tradução para inglês por Higgs, H. (1931). London: Macmillan.
- Carver, S. J. (1991), Integrating Multi-Criteria Evaluation with Geographical Information Systems. *International Journal of Geographic Information Systems*, Vol.5(3), pp.321-339.
- Christaller, W. (1933), *Die Zentralen Orte in Suddeutschland: Eine Ekonomisch-geographisch Untersuchung über die Gesetzmässigkeit der Verbreitung und Entwicklung der Siedlungen mit Stadtischen Funktionen*. Jena: Gustav Fischer Verlag. Tradução para inglês por Baskin, C. (1966), *Central Places in Southern Germany*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall Inc.
- Eastman, J. R. (1997), *IDRISI for Windows: User's Guide. Version 2.0*. Worcester: Clark University-Graduate School of Geography.

- Eastman, J. R.; Jiang, H. (1996), Fuzzy Measures in Multi-Criteria Evaluation. Proceedings, Second International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Studies, May 21-23, Fort Collins, D:\Elis00\Elis01\elisabtempColorado, pp.527-534.
- Eastman, J. R.; Jiang, H.; Toledano, J. (1998), Multi-Criteria and Multi-Objective decision Making for Land Allocation Using GIS. In Beinart, E. ; Nijkamp, P. (Eds), *Multicriteria Analysis for Land-Use Management*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, pp. 227-251.
- Eastman, J. R.; Jin, W.; Kyem, P. A. K.; Toledano, J. (1993), GIS and Decision Making, Explorations. In *Geographic Information System Technology*, Vol. 4. Geneva: UNITAR - The United Nations Institute for Training and Research.
- Eastman, J. R.; Jin, W.; Kyem, P. A. K.; Toledano, J. (1994), Raster Procedures for Multi-Criteria/Multi-Objective Decisions. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol.61(5), pp.539-547.
- Easton, A. (1973), *Complex managerial decision involving multiple objectives*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Findlay, A.; Morris, A.; Rogerson, R. (1988), Where to live in Britain in 1988: Quality of life in British Cities. *Cities*, Vol.5(3), pp.268-276.
- Honea, R.B.; Hake, R.C.; Durfee, R.C. (1991), Incorporating GIS into Decision Support Systems: Where Have We Come From and Where Do We Need To Go. In Heit, M.; Shortreid, A. (Eds) *GIS Applications in Natural Resources*. Fort Collins: GIS World Inc.
- Janssen, R.; Rietveld, P. (1990), Multicriteria Analysis and GIS: An Application to Agricultural Landuse in the Netherlands. In Scholten, H.J.; Stillwell, J.C.H. (Eds), *Geographical Information Systems for Urban and Regional Planning*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, pp.129-139.

- Launhardt, W. (1882), Die Bestimmung des Zweckmassigsten Standortes Einer Gewerblichen Anlage. *Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure*, Vol.26.
- Lösch, A. (1940), *Die Raumliche Ordnung der Wirtschaft*. Jena: Gustav Fischer. Tradução para inglês por Woglom, W. H., Stolper, W. F. (1954), *The Economics of Location*. New Haven: Yale University Press.
- Malczewski, J. (1999), *GIS and Multicriteria Decision Analysis*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Mendes, José F.G. (2000), Decision Strategy Spectrum for the Evaluation of Quality of Life in Cities. In *Proceedings of the International Conference on Quality of Life in Cities - ICQOLC 2000*, Singapore.
- Mendes, José F.G.; Silva, J.; Rametta, F.; Giordano, S. (1999a), Mapping Urban Quality of Life in Portugal: A GIS Approach. In Bento, J.; Arantes e Oliveira, E.; Pereira, E. (Eds), *EPMESC VII: Computational Methods in Engineering and Science*, Vol. 2, 1107-1115. Macao: Elsevier.
- Mendes, José F.G.; Rametta, F.; Giordano, S.; Torres, L. (1999b), A GIS Atlas of Environmental Quality in Major Portuguese Cities. In Paola Rizzi (Ed.), *Computers in Urban Planning and Urban Management on the Edge of the Millenium*. Venice: FrancoAngeli.
- NCGIA - National Center of Geographic Information and Analysis (1990), *NCGIA Core Curriculum*. Santa Barbara: University of California.
- North, D. (1955), Location Theory and Regional Economic Growth. *Journal of Political Economy* (Junho/1955), pp.243-258.
- Osgood, C.E.; Suci, G.J.; Tannenbaum, P.H. (1957), *The Measurement of Meaning*. Urbana: University of Illinois Press.
- Palander, T. (1935), *Beitrage zur Standortstheorie*. Uppsala: Almqvist & Wiksells Boktryckeri.

- Predöhl, A. (1925), Das Standortsproblem in der Wirtschaftstheorie. *Weltwirts Archiv*, Vol.21.
- Predöhl, A. (1927), Zur Frage Einer Allgemein Standortstheorie. *Zeitschrift für Volkswirtschaft und Sozialpolitik*, Vol.5.
- Predöhl, A. (1928), The Theory of Location in its Relation to General Economics. *Journal of Political Economy*, Vol.36.
- Ramos, R. A. R. (2000), *Localização Industrial. Um Modelo Espacial para o Noroeste de Portugal*. Tese de Doutoramento. Braga: Universidade do Minho.
- Rees, J., Hewings, G., Stafford, H. (1981), *Industrial Location and Regional Systems*. New York: J. F. Bergin Publications.
- Richardson, H. (1973), *Regional Growth Theory*. London: Macmillan.
- Saaty, T. L. (1977), A scaling method for priorities in hierararchical strutures. *Journal of Mathematical Psycology*, Vol.15(3), pp.234-281.
- Saaty, T. L. (1980), *The Analytical Hierarchy Process: planning, priority setting, resource allocation*. New York: McGraw-Hill.
- Saaty, T. L. (1987), Concepts, theory, and techniques: rank generation, preservation, and reversal in the analytic hierarchy decision process. *Decision Sciences*, Vol.18(2), pp.157-177.
- Saaty, T. L. (1990), How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, Vol.48(1), pp.9-26.
- Saaty, T. L. e Kearns, K. P. (1985), *Analytical Planning*. Oxford: Pergamon Press Ltd.
- Saaty, T. L. e Vargas, L. G. (1991), *Prediction, projection and forecasting*. Norwell: Kluwer Academic Plublishers.
- Smith, D. (1977), *Industrial Location*. New York: Wiley.

- Stillwell, W.G.; Seaver, D.A.; Edwards, W. (1981), A comparison of weight approximation techniques in multiattribute utility decision making. *Organizational Behavior and Human Performance*, Vol.28(1), pp.62-77.
- Thünen, J. Von ,(1826), *Der Isolierte Staat in Beziehung auf Landwirtschaft und Nationalökonomie. Parte I*, 1ªEd., Hamburg: Perthes. 2ªEd. (1846), Rostock: Leopold. Tradução para francês por Laverriere, J. (1851), Paris: Guillaumin. *Parte II, Secção I* (1850), Rostock: Leopold. Tradução para francês por Wolkoff (1857), Paris: Guillaumin. *Parte II, Secção 2 e Parte III* (1863), Posthumous Ed., Rostock: Leopold. Parte I e II, Sec.1, reeditado por Waentig, H. (1ªEd. 1910, 2ªEd. 1921, 3ªEd. 1930), *Thunen, Der Isolierte Staat*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft. Tradução parcial para inglês por Wartenberg, C. (1966), *Von Thunen's Isolated State*. Oxford: Pergamon Press.
- Voogd, H. (1983), *Multicriteria Evaluation for Urban and Regional Planning*. London: Pion Ltd.
- Weber, A. (1909), *Ueber den Standort der Industrien, Part.I: Reine Theorie des Standorts*. Tübingen (1ªEd.), (2ªEd. 1922). Tradução para inglês por Friedrich, C. (1ªEd. 1929, 2ªEd. 1957), *Alfred Weber's Theory of Location of Industries*. Chicago: University of Chicago Press.
- Weigmann, H. (1931), Ideen zu Einer Theorie der Raumwirtschaft. *Weltwirts Archiv*, Vol. 34.
- Winterfeldt, D. Von; Edwards, W. (1986), *Decision Analysis and Behavioural Research*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Yager, R.R. (1988), On Ordered Weighted Averaging aggregation operators in multicriteria decision making. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol.8(1), pp.183-190.
- Zadeh, L.A. (1965). Fuzzy Sets. *Information and Control*, Vol.8, pp.338-353.



UNIVERSIDADE DO MINHO
ESCOLA DE ENGENHARIA
Departamento de Engenharia Civil

Cenários de Localização Industrial em Ambiente SIG

ANEXO

MARIA ELISABETE SANTOS SOARES
Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Municipal

B r a g a , 2 0 0 2



UNIVERSIDADE DO MINHO
ESCOLA DE ENGENHARIA
Departamento de Engenharia Civil

Cenários de Localização Industrial em Ambiente SIG

ANEXO

**Orientador científico:
Professor José Fernando Gomes Mendes**

**Co-Orientador científico:
Professor Rui António Rodrigues Ramos**

MARIA ELISABETE SANTOS SOARES
Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Municipal

ÍNDICE

ÍNDICE.....c

ÍNDICE DE FIGURAS.....d

ANEXO A- IMAGENS REFERENTES AOS CRITÉRIOS DO MODELO DE AVALIAÇÃO

MULTICRITÉRIO.....123

A.1 Introdução.....123

A.2 Imagens.....126

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. A.1 – Factor A11: não normalizado (a) e normalizado (b).....	126
Fig. A.2 – Factor A12: não normalizado (a) e normalizado (b).....	127
Fig. A.3 – Factor A1.....	128
Fig. A.4 – Factor A21: não normalizado (a) e normalizado (b).....	129
Fig. A.5 – Factor A22: não normalizado (a) e normalizado (b).....	130
Fig. A.6. – Factor A23: não normalizado (a) e normalizado (b).....	131
Fig. A.7 – Factor A2.....	132
Fig. A.8 – Factor A31: não normalizado (a) e normalizado (b).....	133
Fig. A.9 – Factor A32: não normalizado (a) e normalizado (b).....	134
Fig. A.10 – Factor A3.....	135
Fig. A.11 – Factor A41: não normalizado (a) e normalizado (b).....	136
Fig. A.12 – Factor A42: não normalizado (a) e normalizado (b).....	137
Fig. A.13 – Factor A43: não normalizado (a) e normalizado (b).....	138
Fig. A.14 – Factor A44: não normalizado (a) e normalizado (b).....	139
Fig. A.15 – Factor A45: não normalizado (a) e normalizado (b).....	140
Fig. A.16 – Factor A4.....	141
Fig. A.17 – Factor A51: não normalizado (a) e normalizado (b).....	142
Fig. A.18 – Factor A52: não normalizado (a) e normalizado (b).....	143
Fig. A.19 – Factor A53: não normalizado (a) e normalizado (b).....	144
Fig. A.20 – Factor A54: não normalizado (a) e normalizado (b).....	145
Fig. A.21 – Factor A55: não normalizado (a) e normalizado (b).....	146
Fig. A.22 – Factor A5.....	147
Fig. A.23 – Factor B11: não normalizado (a) e normalizado (b).....	148
Fig. A.24 – Factor B12: não normalizado (a) e normalizado (b).....	149
Fig. A.25 – Factor B1.....	150
Fig. A.26 – Factor B21: não normalizado (a) e normalizado (b).....	151

Fig. A.27 – Factor B2.....	152
Fig. A.28 – Factor B31 não normalizado (a) e normalizado (b).....	153
Fig. A.29 – Factor B32: não normalizado (a) e normalizado (b).....	154
Fig. A.30 – Factor B3.....	155
Fig. A.31 – Factor C1.....	155
Fig. A.32 – Factor C2.....	156
Fig. A.33 – Factor C3.....	156
Fig. A.34 – Cenário A_P1.....	157
Fig. A.35 – Cenário A_P2.....	157
Fig. A.36 – Cenário A_P3.....	158
Fig. A.37 – Cenário A_P4.....	158
Fig. A.38 – Cenário A_P5.....	159
Fig. A.39 – Cenário B_P1.....	160
Fig. A.40 – Cenário B_P2.....	160
Fig. A.41 – Cenário B_P3.....	161
Fig. A.42 – Cenário B_P4.....	161
Fig. A.43 – Cenário B_P5.....	162
Fig. A.44 – Cenário C_P1.....	163
Fig. A.45 – Cenário C_P2.....	163
Fig. A.46 – Cenário C_P3.....	164
Fig. A.47 – Cenário C_P4.....	164
Fig. A.48 – Cenário C_P5.....	165
Fig. A.49 – Exclusão E11.....	166
Fig. A.50 – Exclusão E12.....	166
Fig. A.51 – Exclusão E1.....	167
Fig. A.52 – Exclusão E21.....	167
Fig. A.53 – Exclusão E22.....	168
Fig. A.54 – Exclusão E23.....	168
Fig. A.55 – Exclusão E2.....	169
Fig. A.56 – Exclusão E31.....	169
Fig. A.57 – Exclusão E32.....	170
Fig. A.58 – Exclusão E33.....	170
Fig. A.59 – Exclusão E3.....	171

Fig. A.60 – Exclusão E.....	171
Fig. A.61 – Cenário_1.....	172
Fig. A.62 – Cenário _2.....	172
Fig. A.63 – Cenário _3.....	173
Fig. A.64 – Cenário _4.....	173
Fig. A.65 – Cenário _11.....	174
Fig. A.66 – Cenário _12.....	174
Fig. A.67 – Cenário _13.....	175

ANEXO A

IMAGENS REFERENTES AOS CRITÉRIOS DO MODELO DE AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO

A.1 Introdução

Para a aplicação do Modelo de Avaliação ao Caso de Estudo desenvolveram-se várias imagens referentes aos factores e exclusões considerados para a análise, tendo sido inseridos alguns exemplos no Capítulo 5.

Neste Anexo apresenta-se a totalidade das imagens geradas ao longo do Caso de Estudo referentes aos critérios. Considerou-se também oportuno a inclusão das imagens relativas aos cenários de avaliação com dimensões superiores ao utilizado no Capítulo 5 de forma a melhorar a sua leitura. São apresentados dois tipos de legenda e gradação de cores correspondentes aos programas utilizados.

Apresentam-se as imagens antes e depois da normalização de cada factor.

Nos quadros seguintes identificam-se os respectivos códigos dos critérios, a distância máxima utilizada para a normalização dos factores e as localidades exteriores ao concelho consideradas para a análise.

Designação	Código	D _{max} (Km)	Localidades exteriores consideradas
Factores associados à actividade industrial	A		
Acessibilidade	A1		
Proximidade a nós de auto-estrada	A11	27.36	Nó da A3 (Braga)
Proximidade a estradas da rede principal	A12	3.49	---
Mão-de-obra	A2		
População activa residente na freguesia	A21	---	---
População desempregada residente na freguesia	A22	---	---
População empregada no sect. sec. residente na freguesia	A23	---	---
Inércia industrial	A3		
Proximidade a aglomerados industriais	A31	3.21	---
Densidade industrial	A32	---	---
Infra-estruturas básicas	A4		
Proximidade a rede de abastecimento de água	A41	0.29	---
Proximidade a rede de drenagem de águas residuais	A42	0.30	---
Proximidade a rede de distribuição eléctrica	A43	0.53	---
Proximidade a rede de comunicações	A44	0.46	---
Proximidade a ponto de recolha de resíduos sólidos	A45	0.66	---
Equipamentos terciários	A5		
Proximidade a um CBD	A51	16.53	Póvoa de Lanhoso Cabeceiras de Bastos
Proximidade a centro coordenador transportes rodo/ferrov.	A52	8.09	---
Proximidade a corporação de bombeiros	A53	5.95	---
Proximidade a serviço de saúde com urgência/emergência	A54	7.51	---
Proximidade a laboratório de cálculo/medida e controlo	A55	31.17	Universidade do Minho (Braga e Guimarães)
Factores associados a opções administrativas e sócio-económicas	B		
Preferências pessoais	B1		
Proximidade a áreas urbanas com qualidade de vida	B11	18.60	Póvoa de Lanhoso Cabeceiras de Bastos
Proximidade a áreas com infra-estruturas de recreio e lazer	B12	44.40	Braga Guimarães
Proximidade a centros de investigação e ensino superior	B2		
Proximidade a Universidade com ramo tecnológico	B21	45.60	Universidade do Minho (Braga e Guimarães)
Proximidade a centros de decisão	B3		
Proximidade a centros de decisão a nível municipal	B31	33.60	---
Proximidade a centros de decisão a nível central	B32	217.60	Porto
Factores associados ao ordenamento do território	C		
Uso preferencial do solo de acordo com o PDM	C1	---	---
Protecção ambiental – visibilidade a partir de áreas urbanas	C2	---	---
Condições de implantação das instalações industriais	C3	---	---

Descrição	Código
Exclusões associadas ao ordenamento do território	E
Uso do solo	E1
Exclusão de zonas classificadas em PDM	E11
Exclusão de <i>buffer</i> de protecção a albufeiras	E12
Protecção ambiental	E2
Reserva Ecológica Nacional – REN	E21
Áreas únicas e ecossistemas classificados não incluídos na REN	E22
Exclusão de <i>buffer</i> de protecção a linhas de água	E23
Servidões administrativas e restrições de utilidade pública	E3
Exclusão de <i>buffer</i> de protecção a vértices geodésicos	E31
Exclusão de <i>buffer</i> de protecção às Estradas Nacionais	E32
Exclusão de <i>buffer</i> de protecção às Estradas Municipais	E33

A.2 Imagens

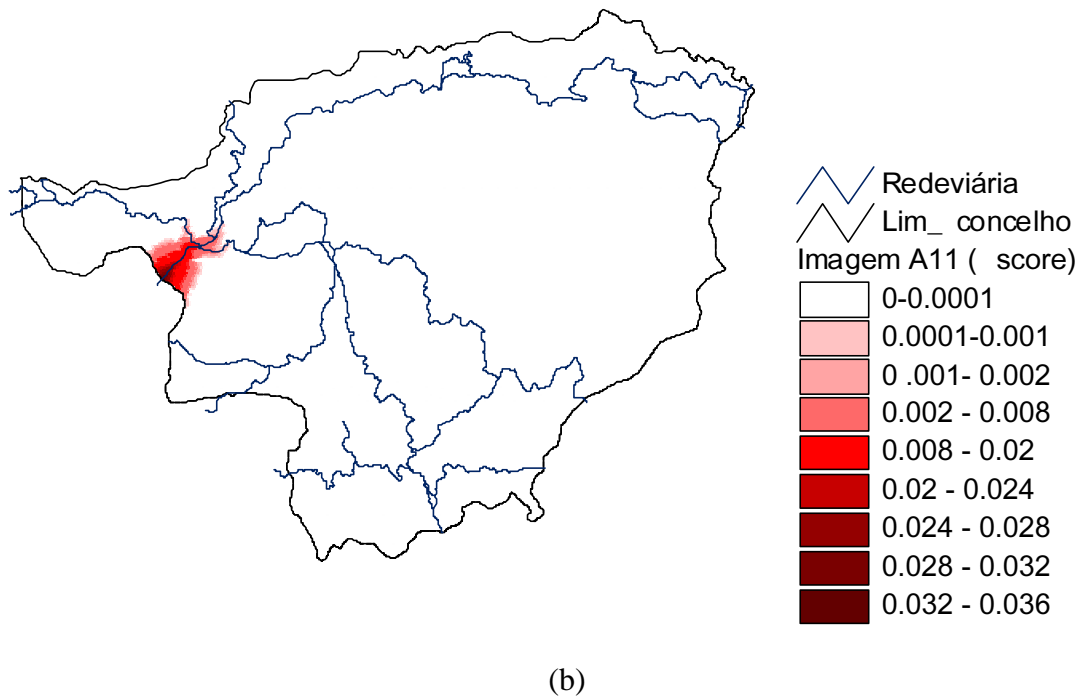
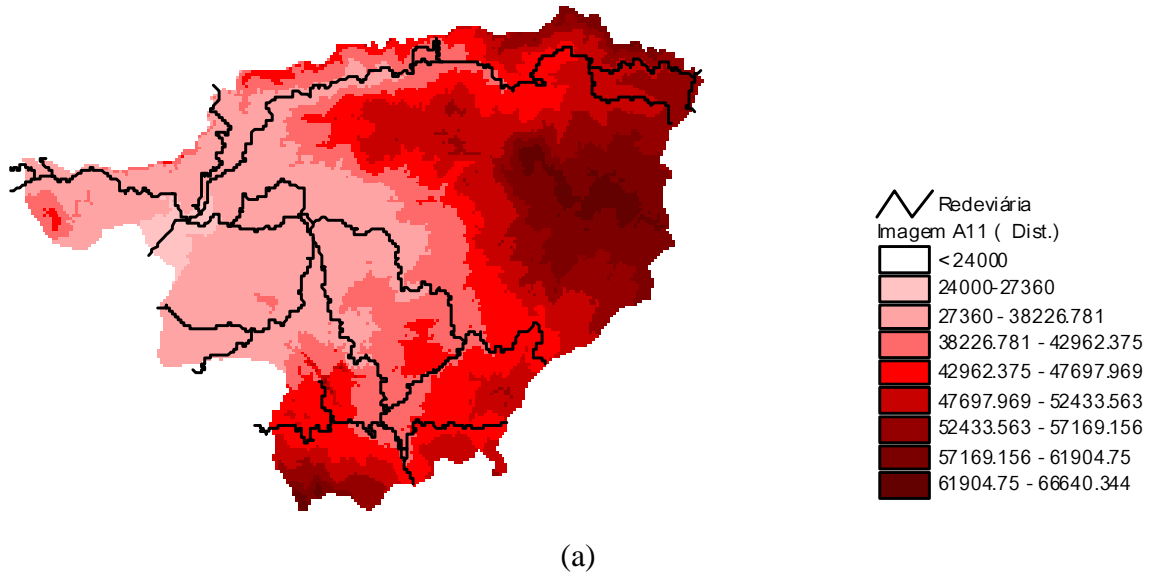


Fig. A.1 - Factor A11: não normalizado (a) e normalizado (b)

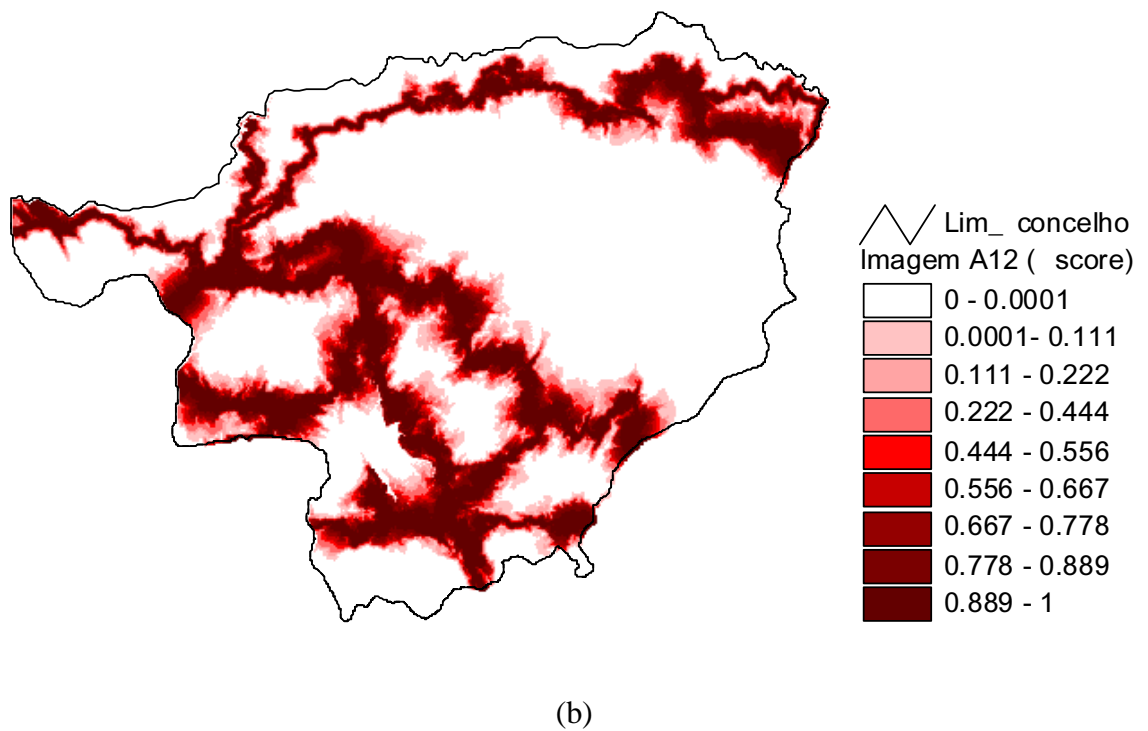
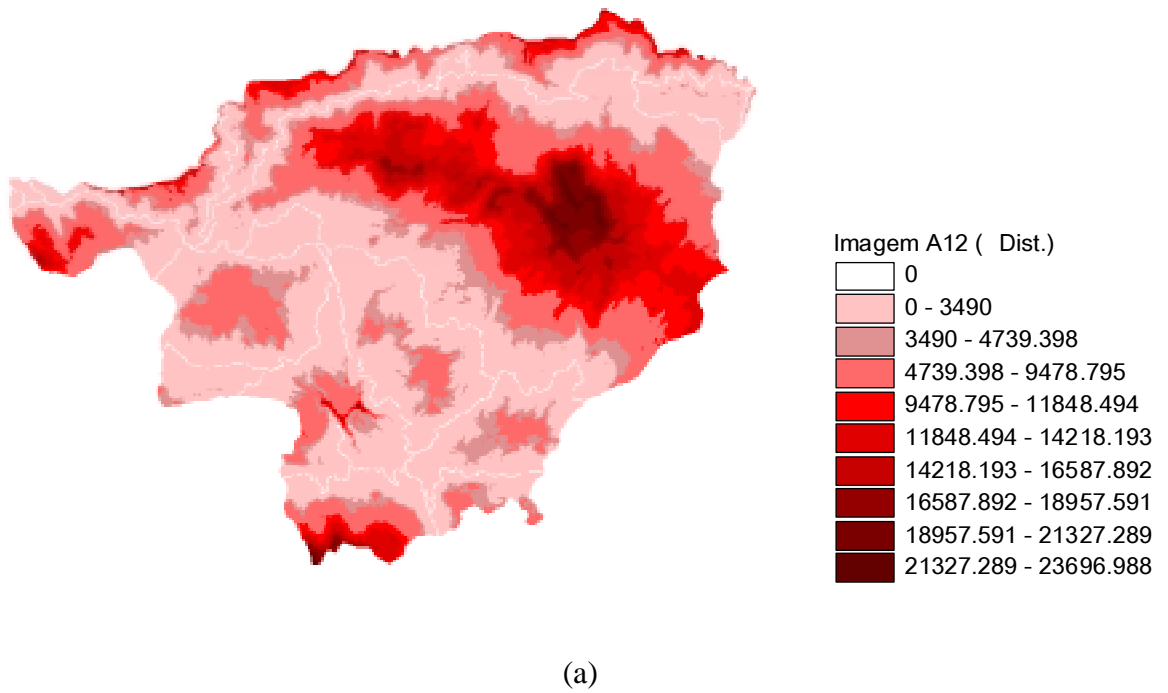


Fig. A.2 - Factor A12: não normalizado (a) e normalizado (b)

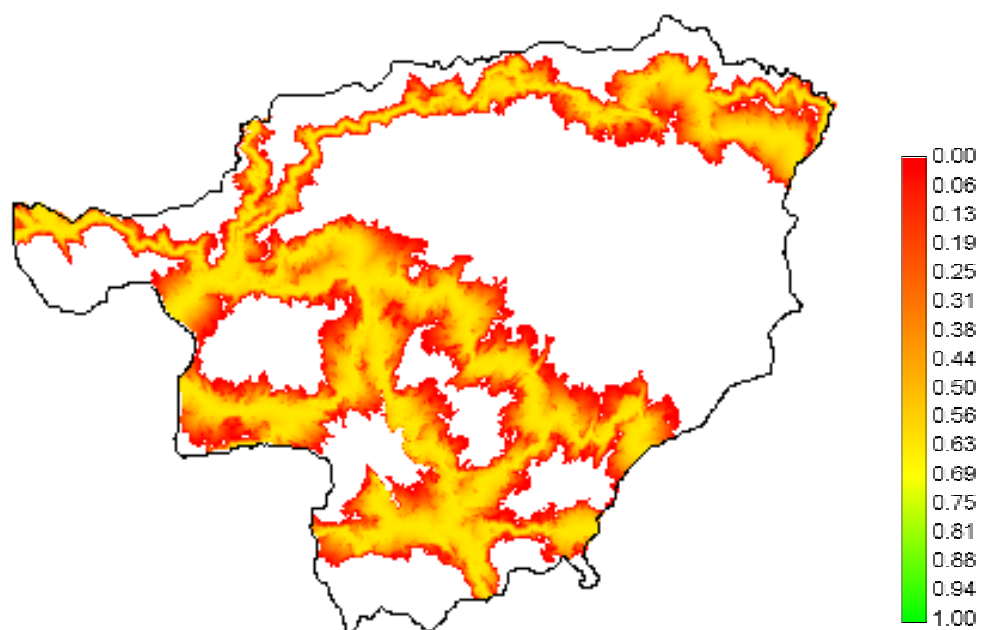
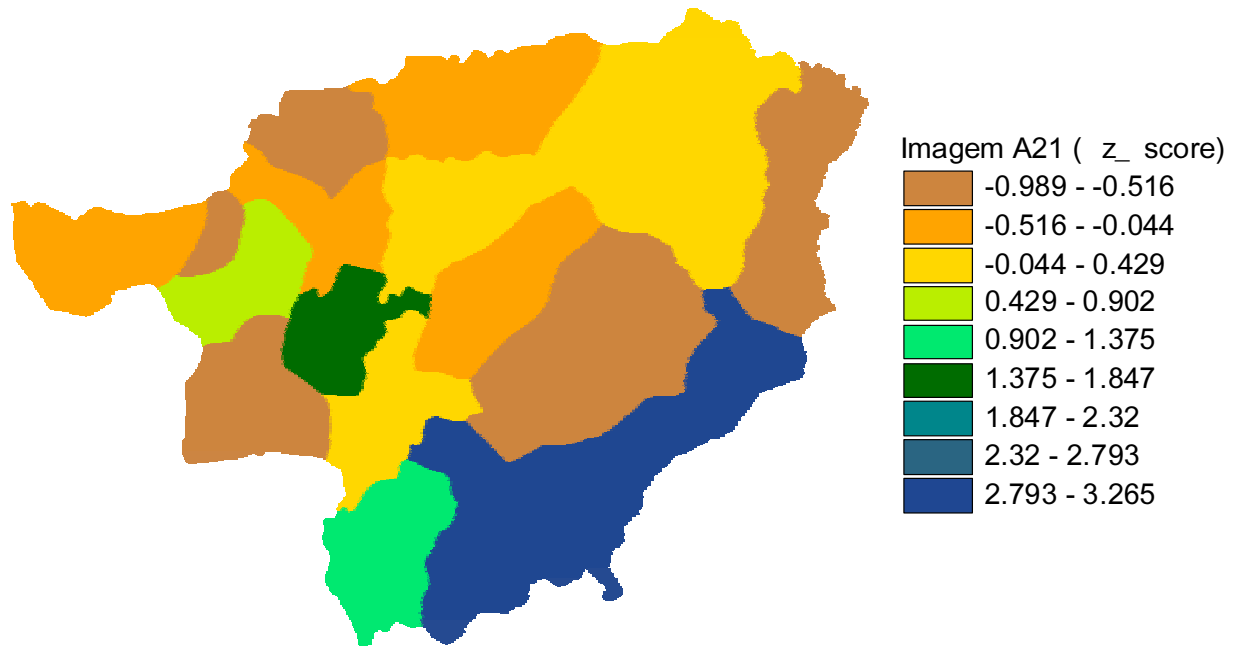
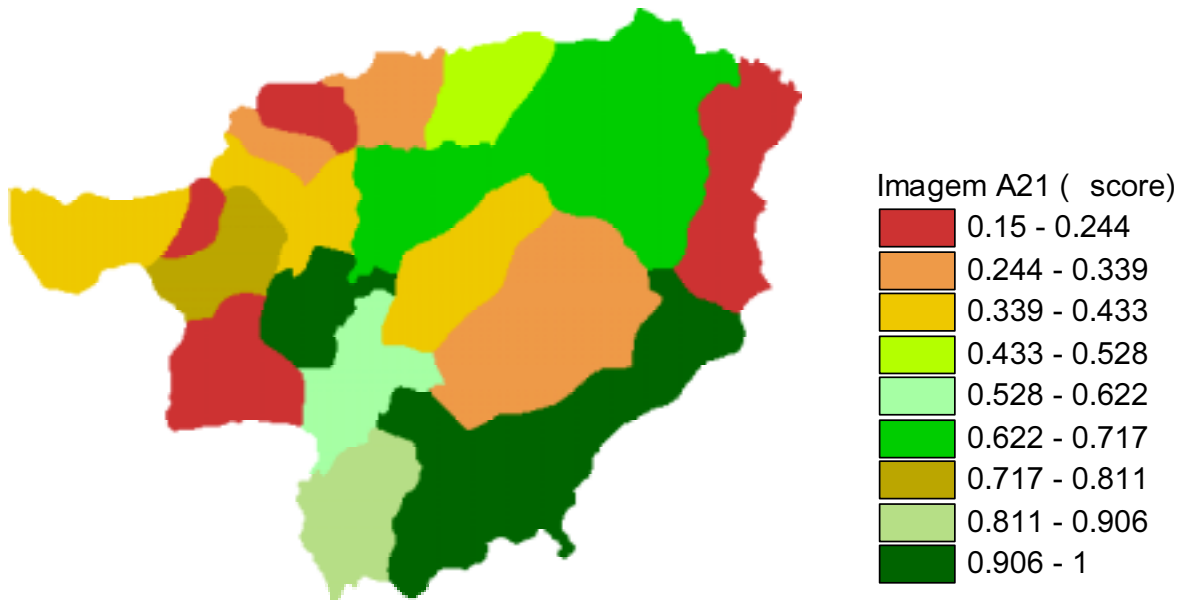


Fig. A.3 - Factor A1

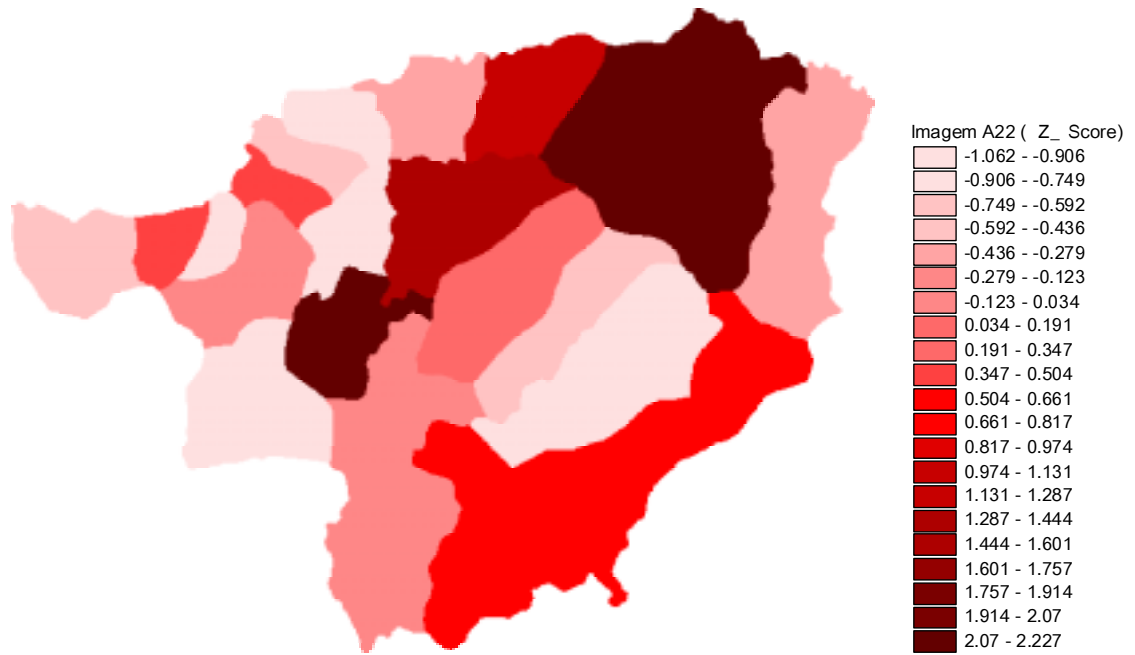


(a)

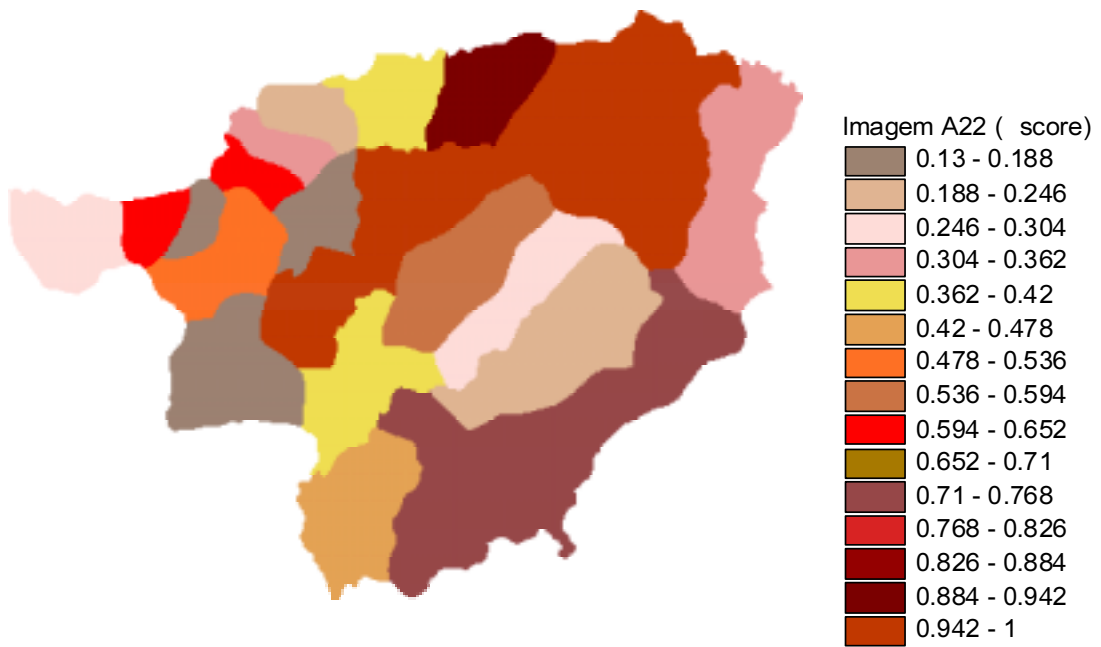


(b)

Fig. A.4 - Factor A21: não normalizado (a) e normalizado (b)

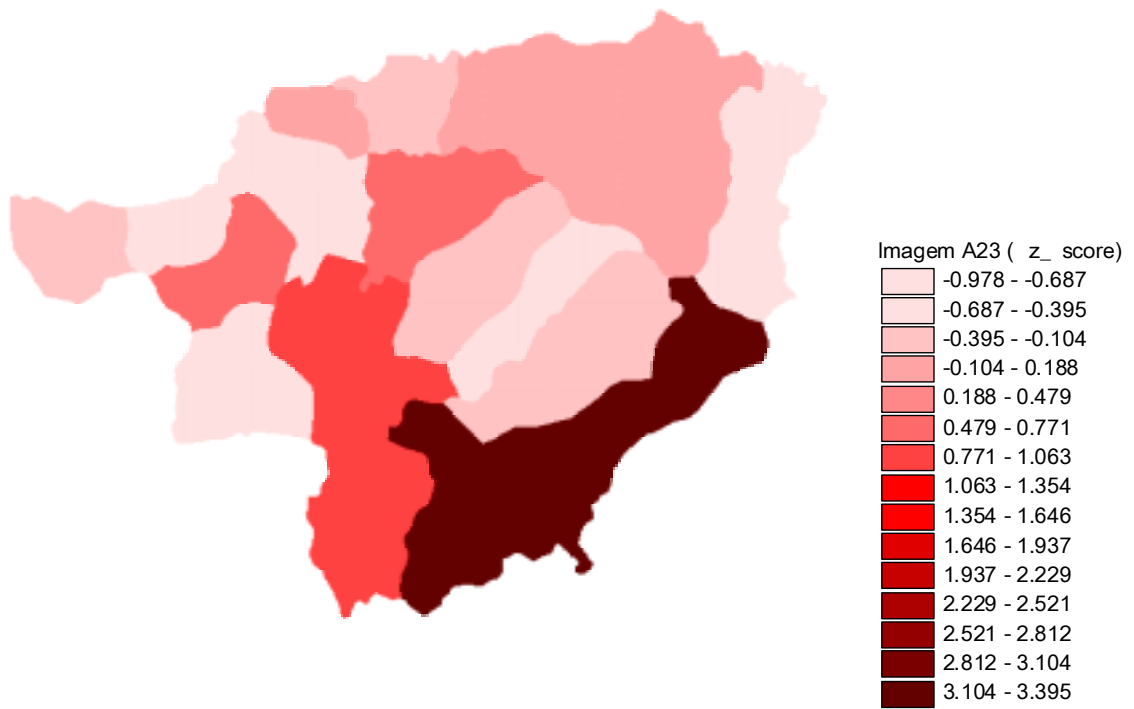


(a)

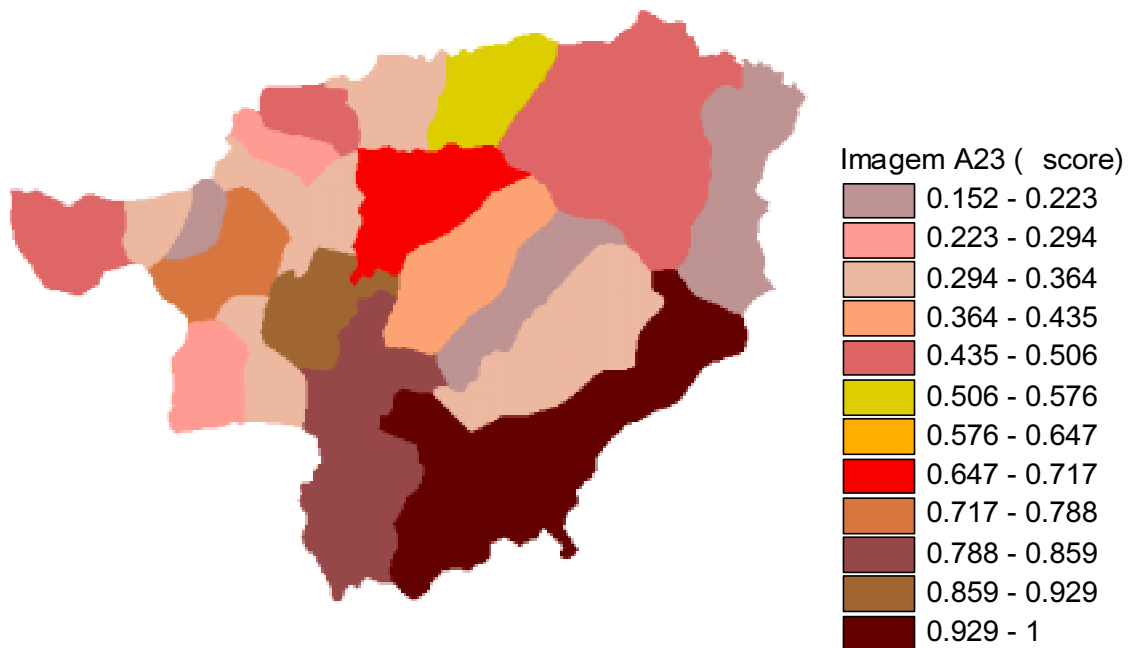


(b)

Fig. A.5 - Factor A22: não normalizado (a) e normalizado (b)



(a)



(b)

Fig. A.6 - Factor A23: não normalizado (a) e normalizado (b)

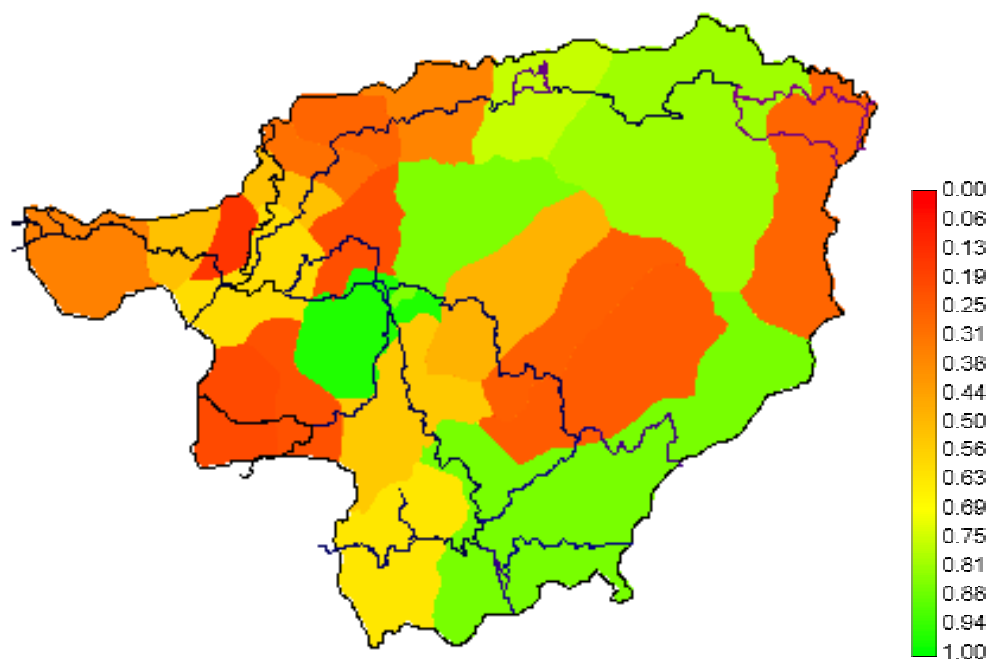
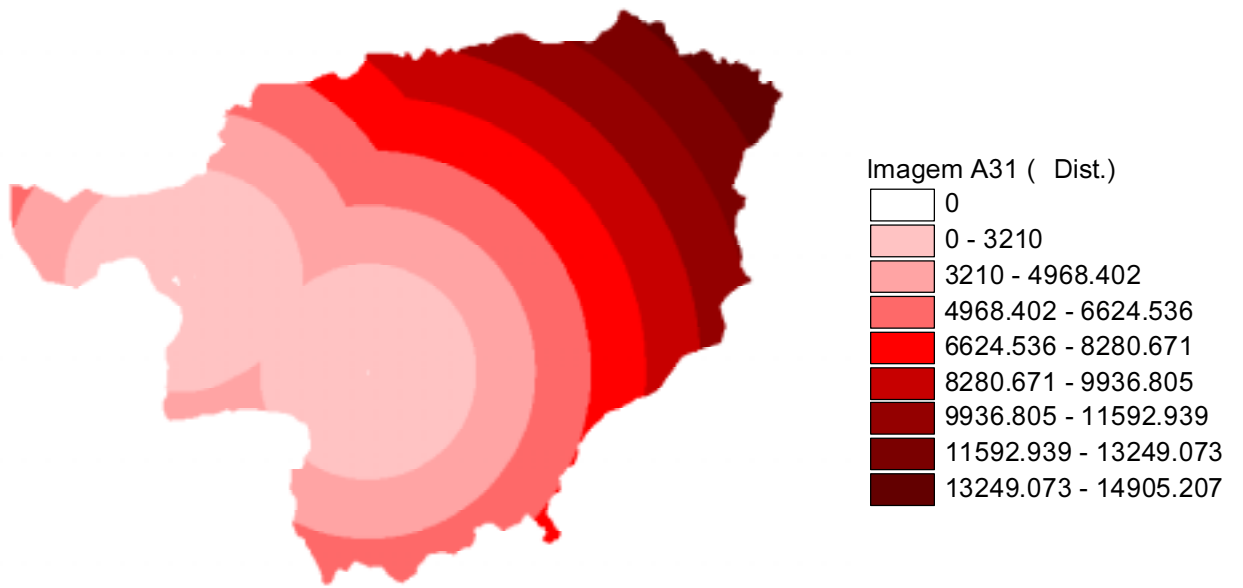
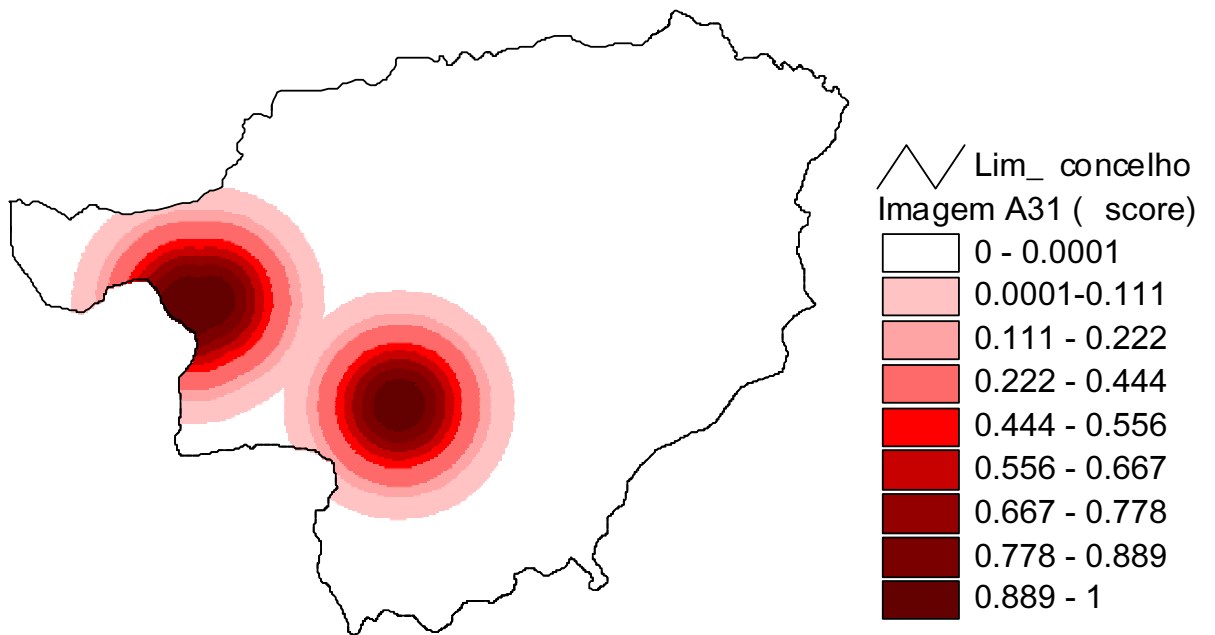


Fig. A.7 - Factor A2

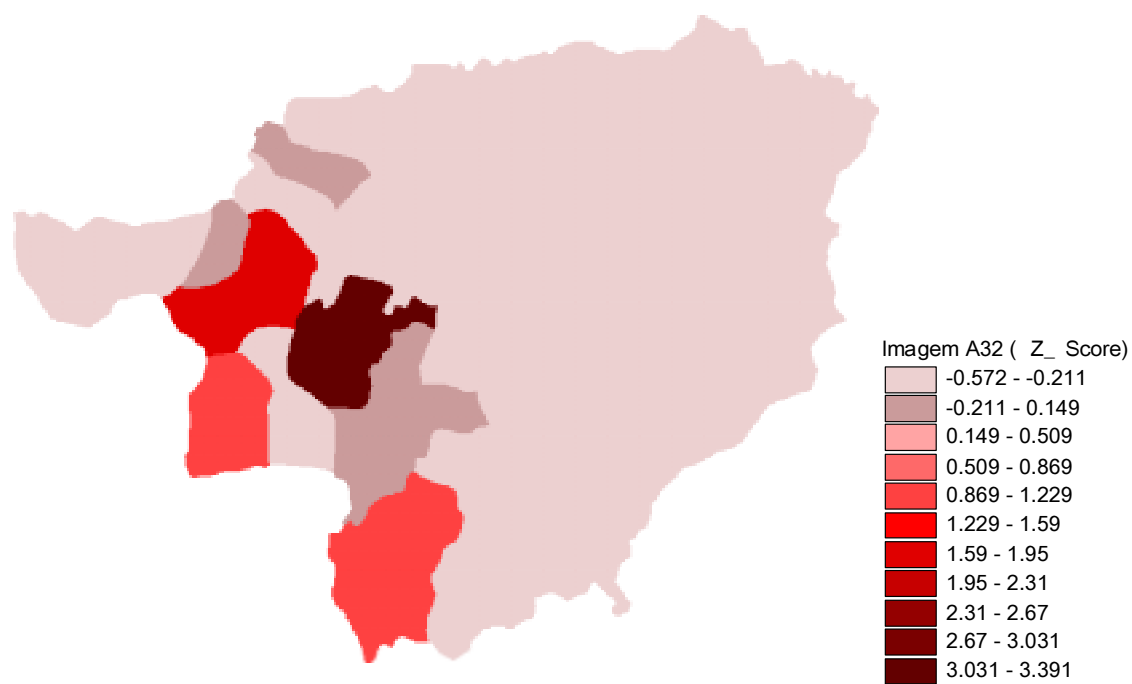


(a)

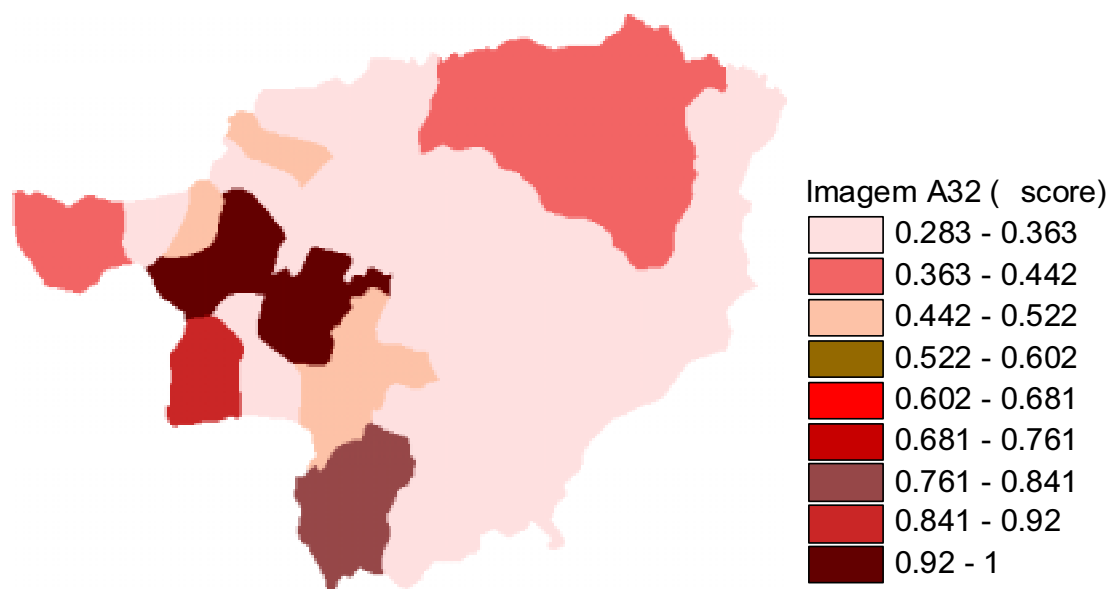


(b)

Fig. A.8 - Factor A31: não normalizado (a) e normalizado (b)



(a)



(b)

Fig. A.9 - Factor A32: não normalizado (a) e normalizado (b)

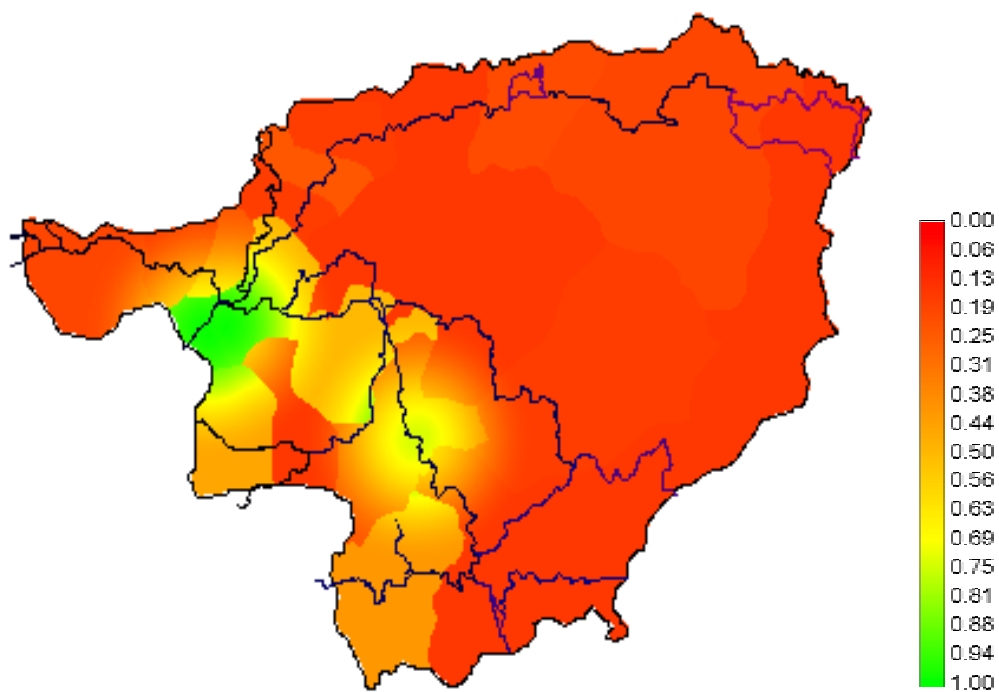
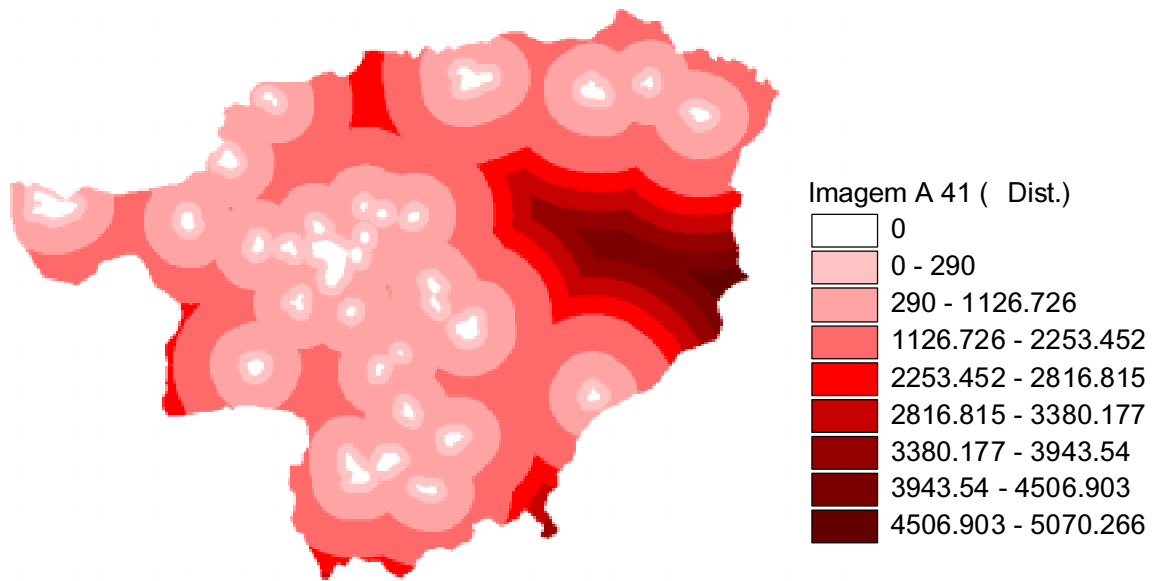
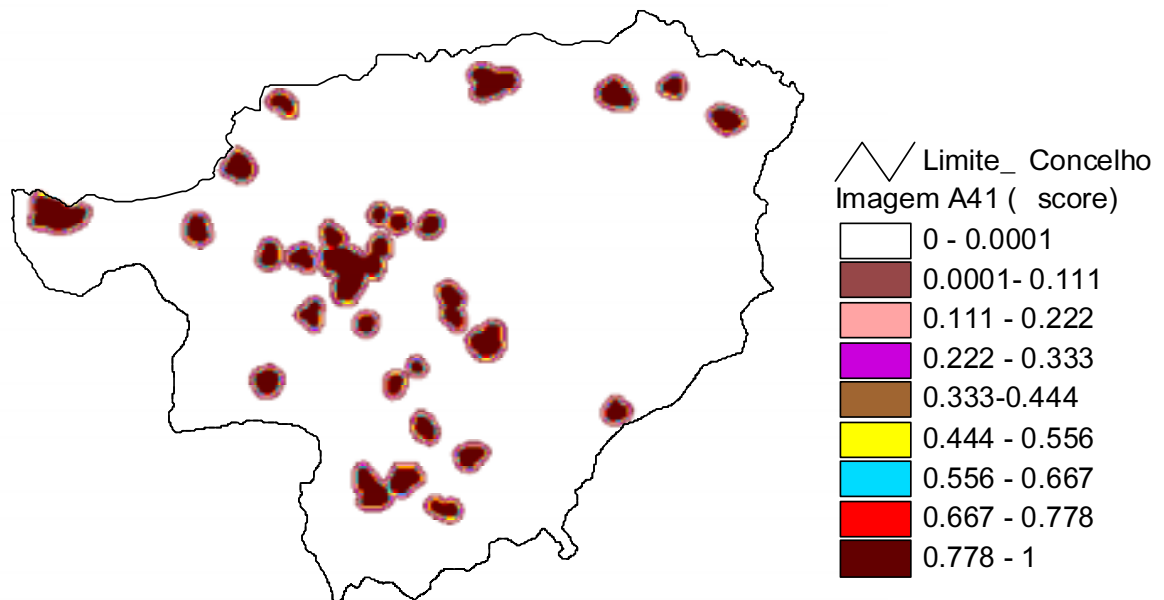


Fig. A.10 - Factor A3

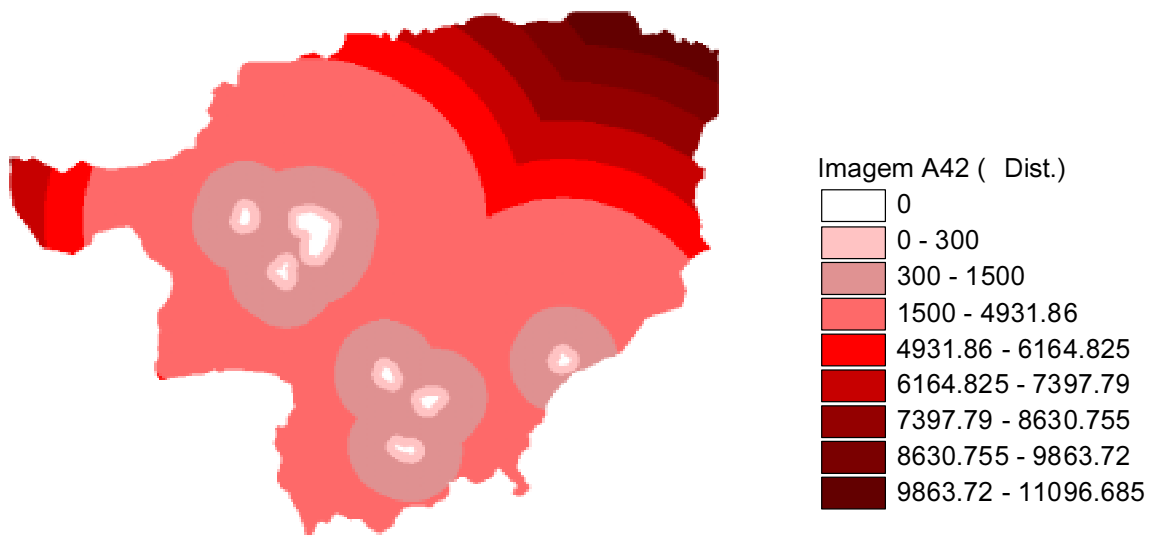


(a)

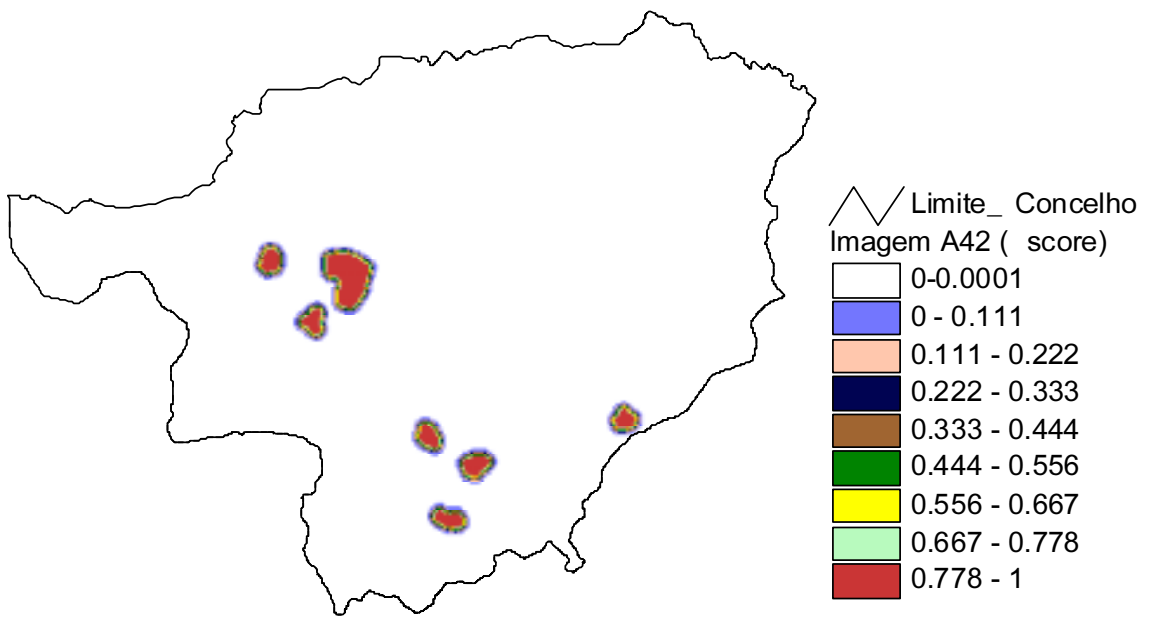


(b)

Fig. A.11 - Factor A41: não normalizado (a) e normalizado (b)

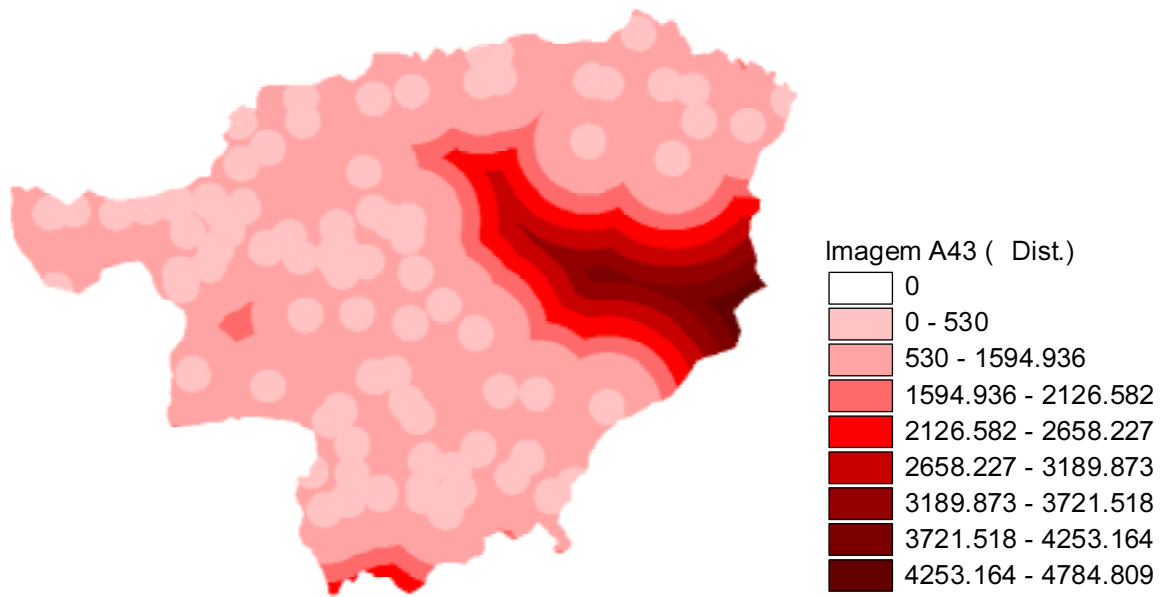


(a)

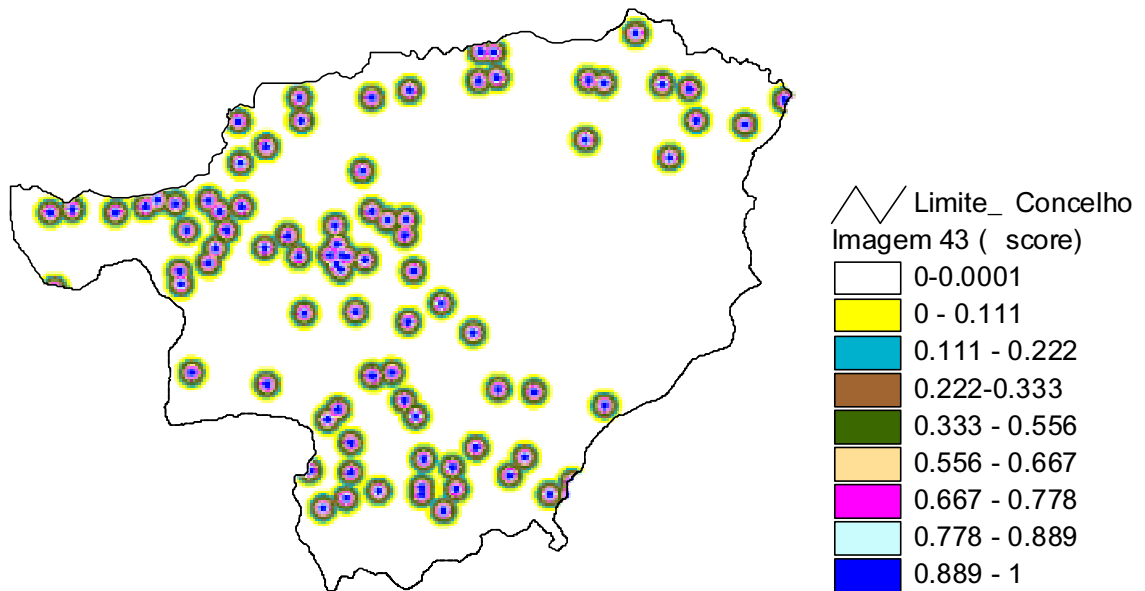


(b)

Fig. A.12 - Factor A42: não normalizado (a) e normalizado (b)

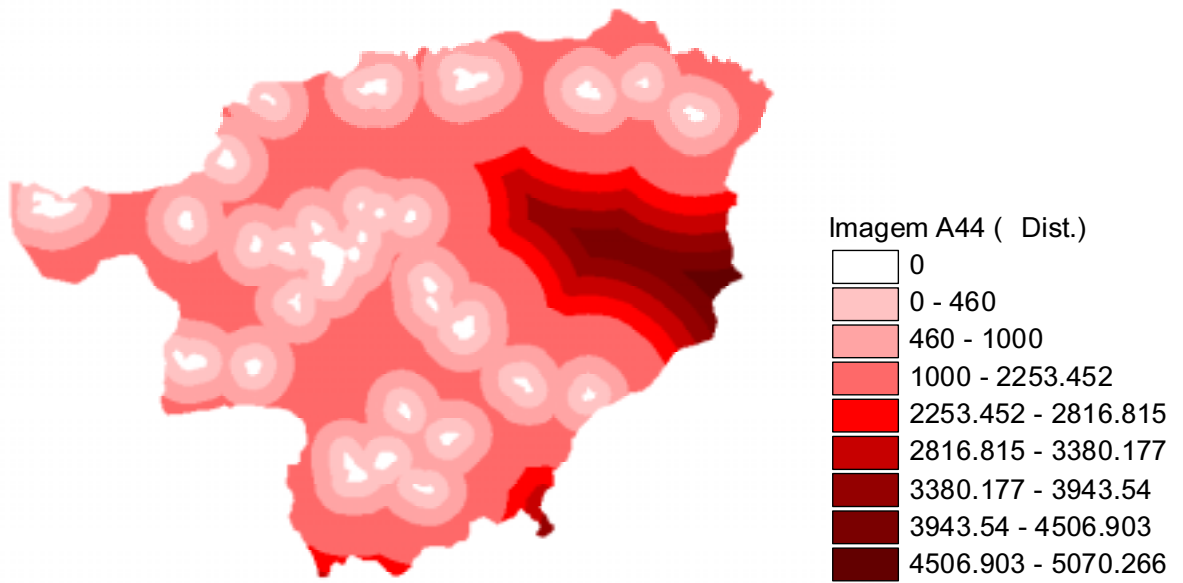


(a)

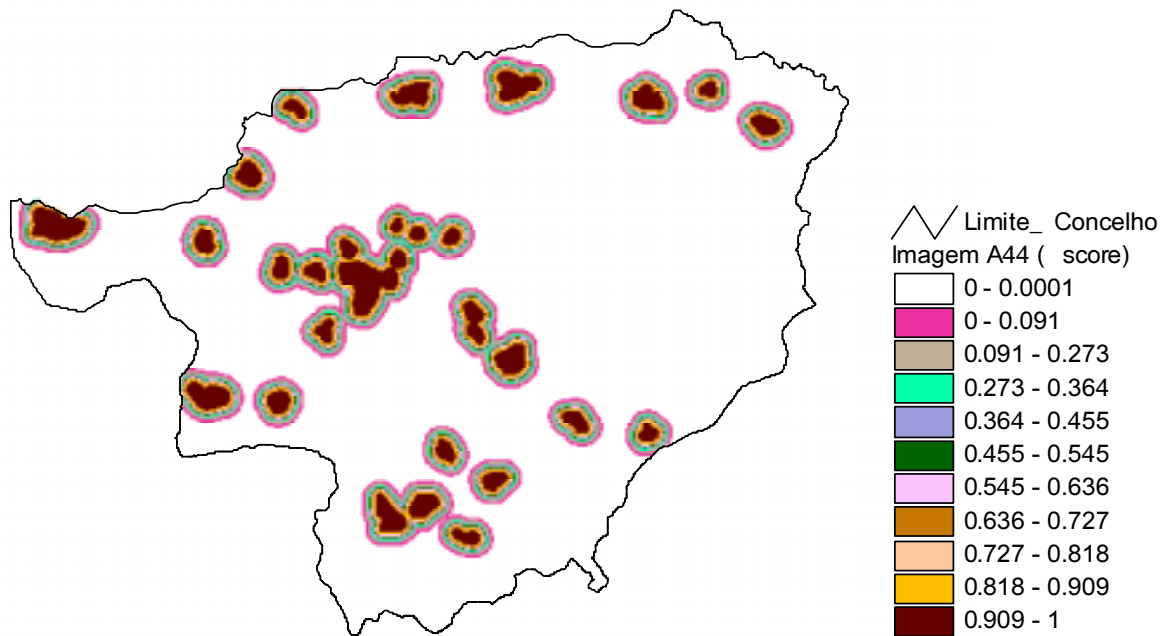


(b)

Fig. A.13 - Factor A43: não normalizado (a) e normalizado (b)

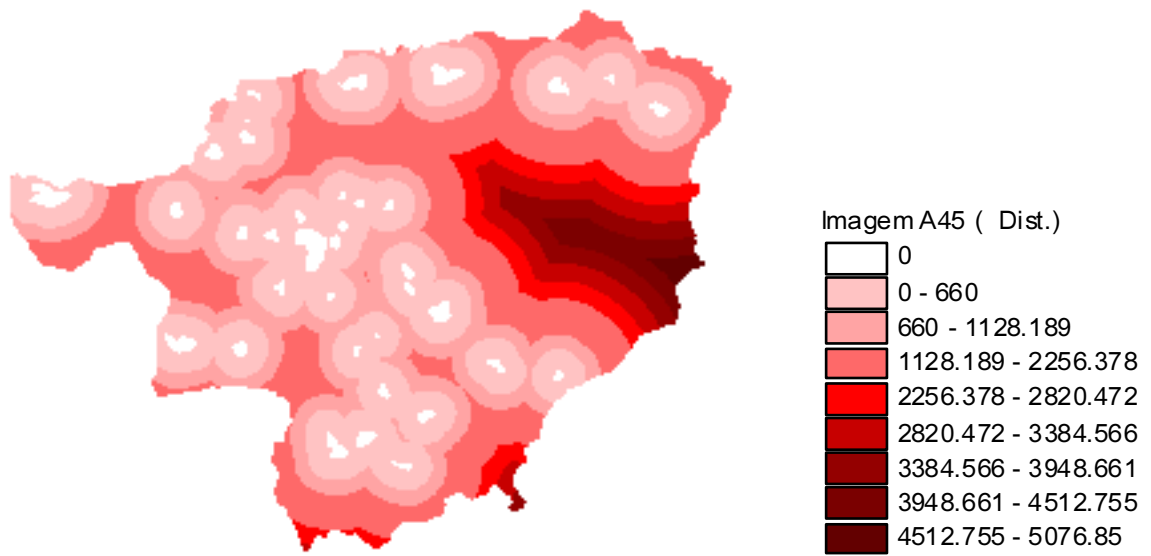


(a)

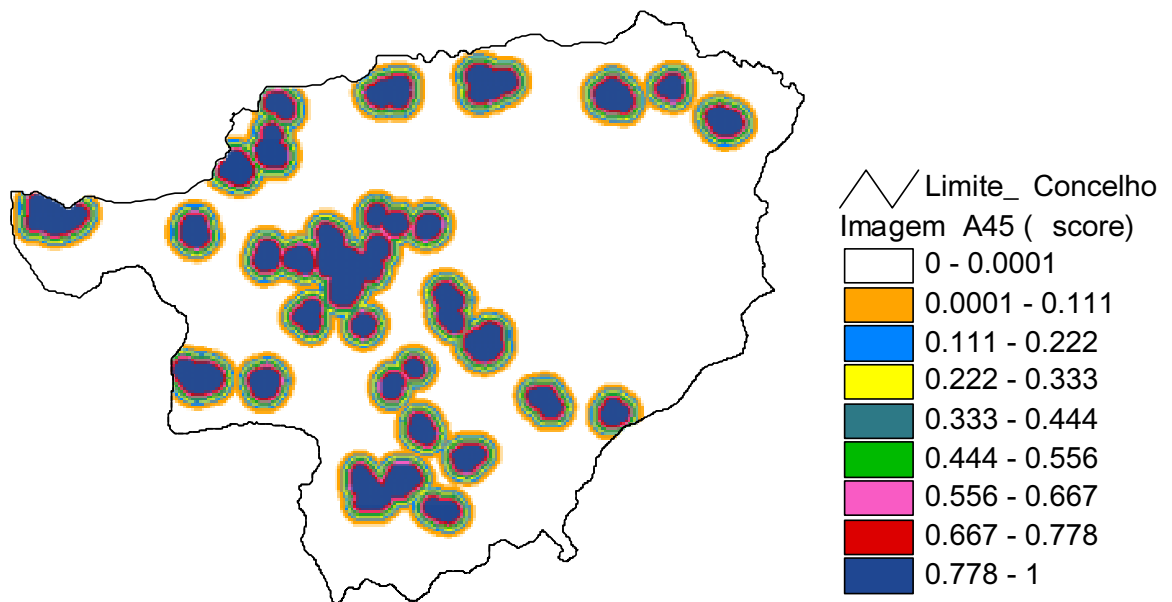


(b)

Fig. A.14 - Factor A44: não normalizado (a) e normalizado (b)



(a)



(b)

Fig. A.15 - Factor A45: não normalizado (a) e normalizado (b)

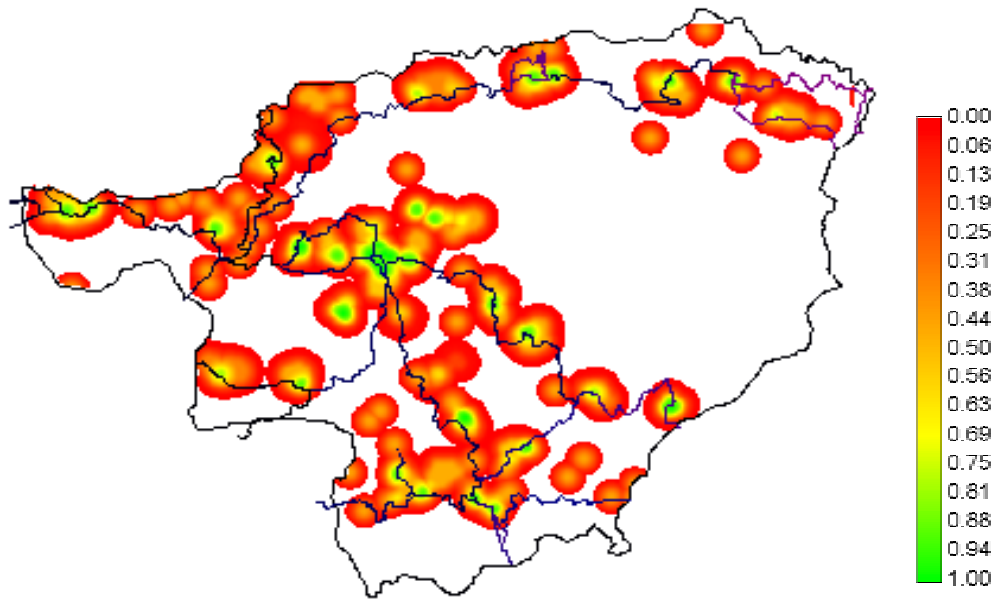


Fig. A.16 - Factor A4

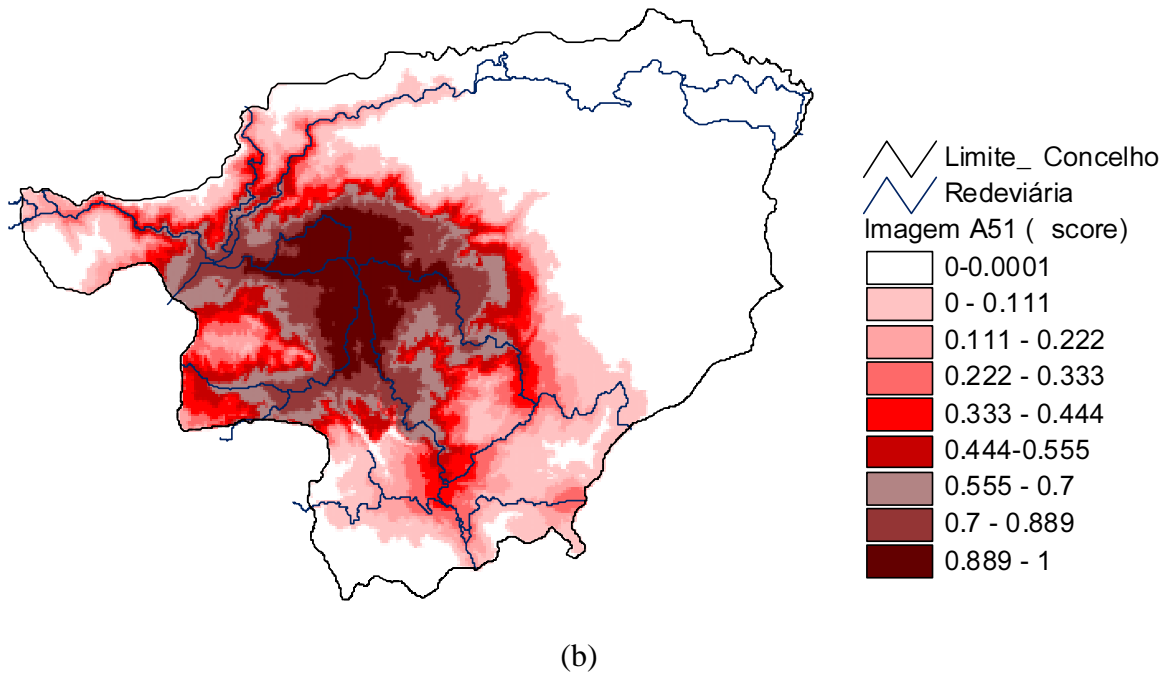
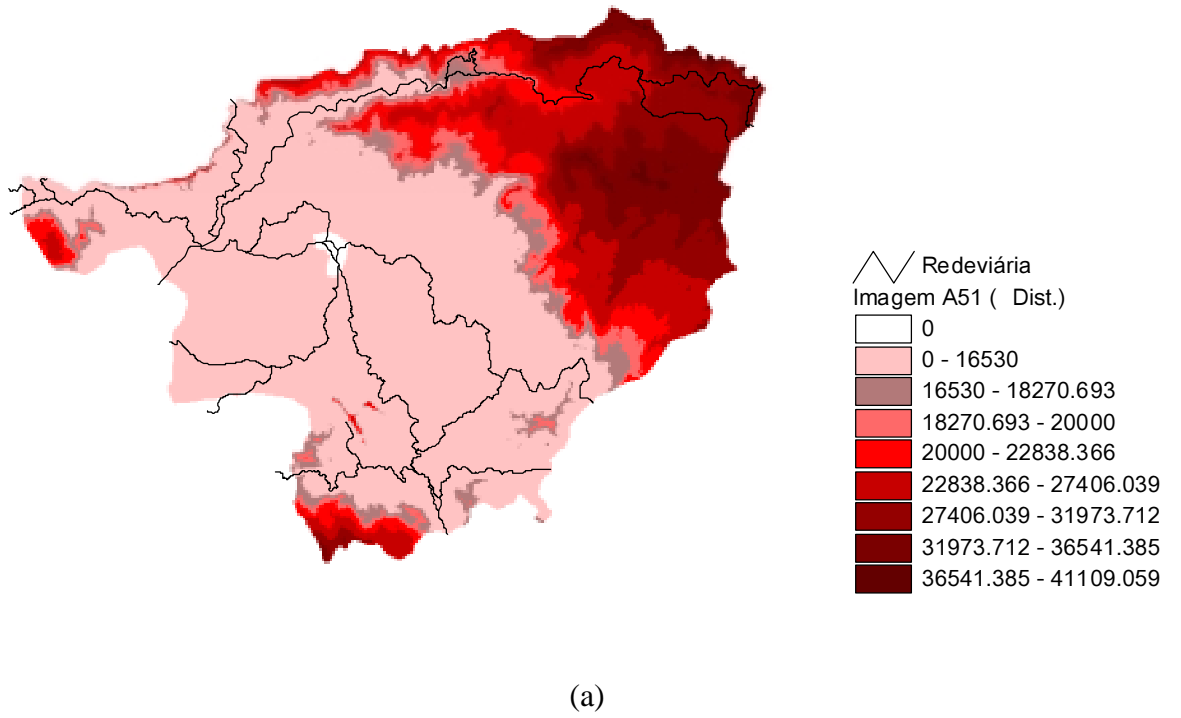
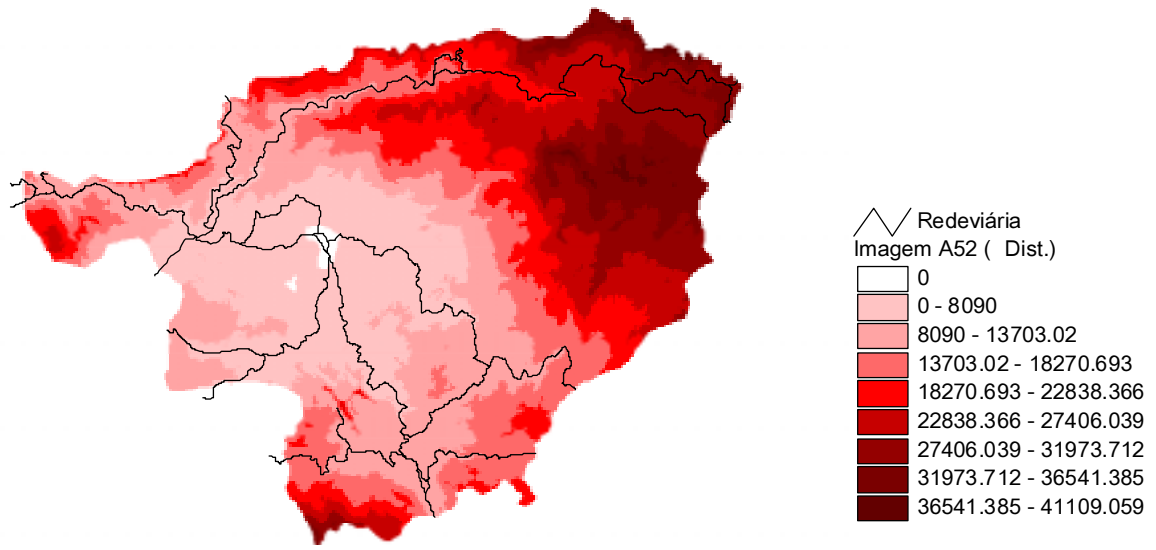
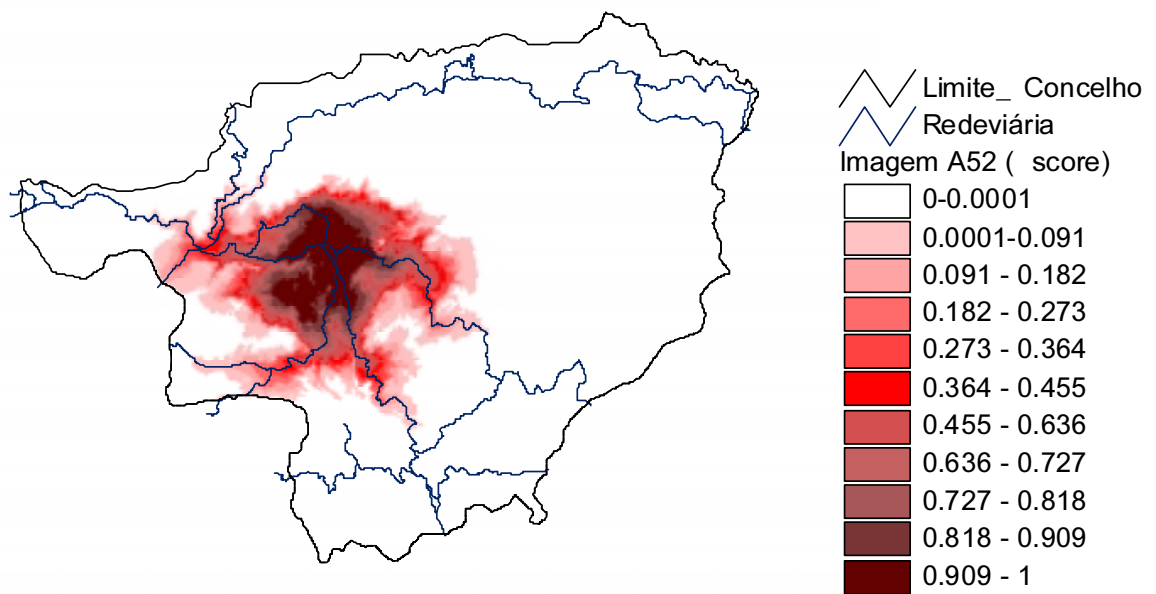


Fig. A.17 - Factor A51: não normalizado (a) e normalizado (b)

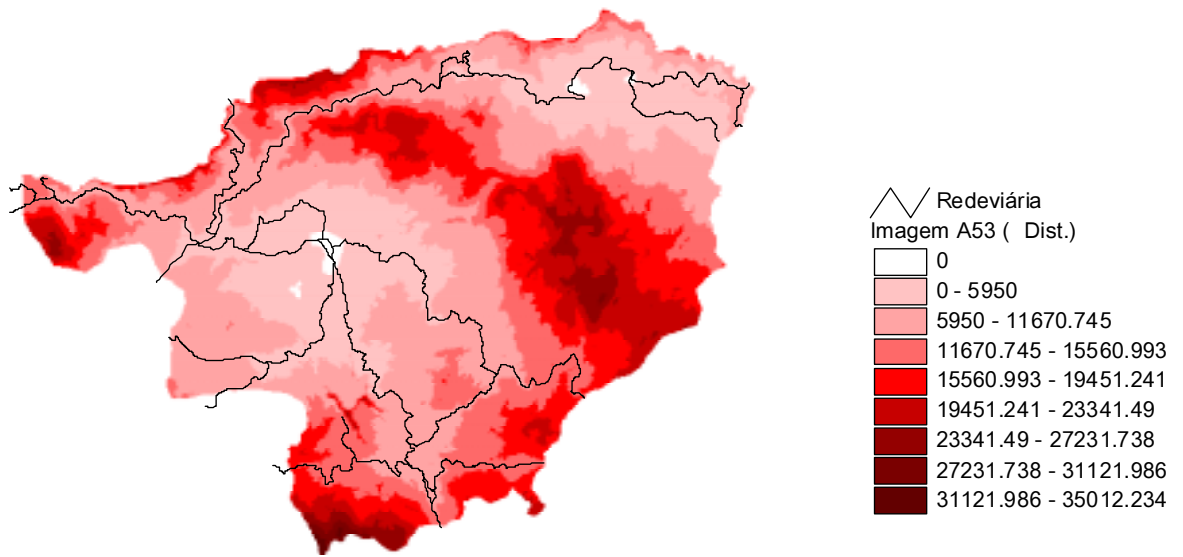


(a)

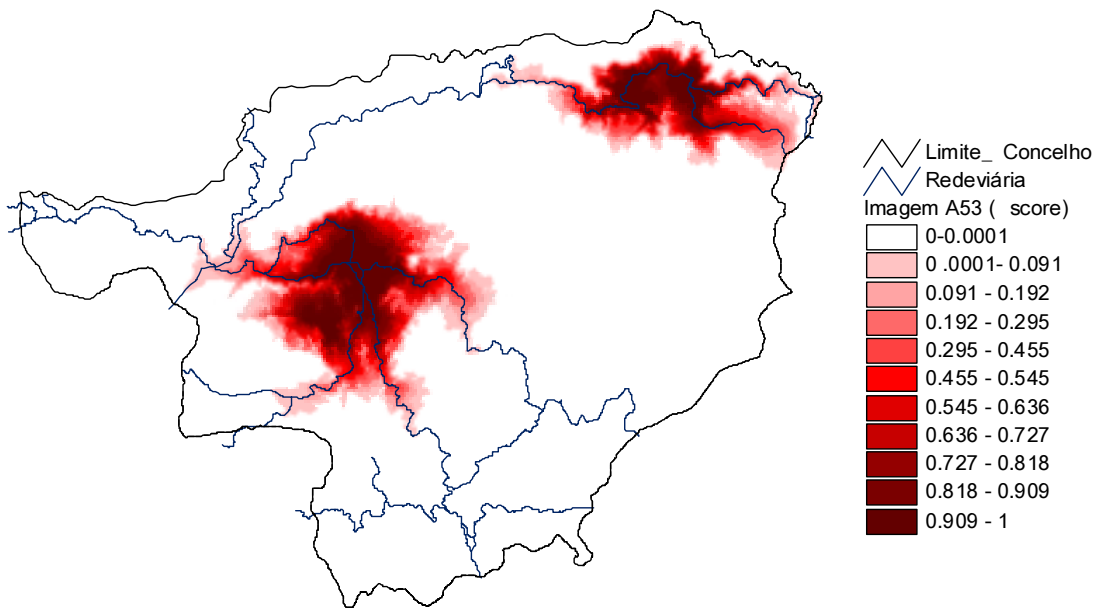


(b)

Fig. A.18 - Factor A52: não normalizado (a) e normalizado (b)

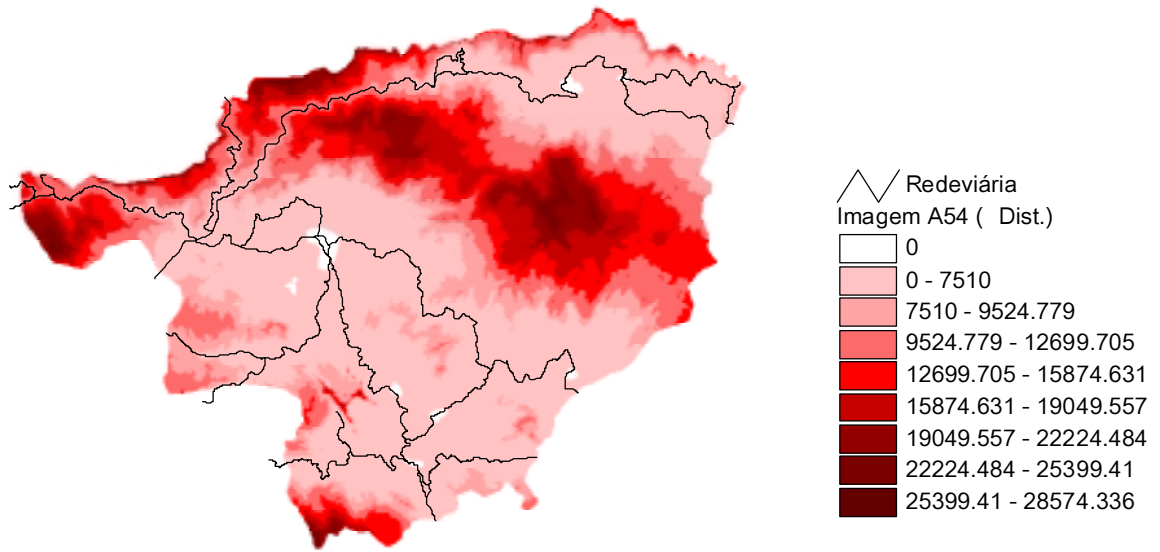


(a)

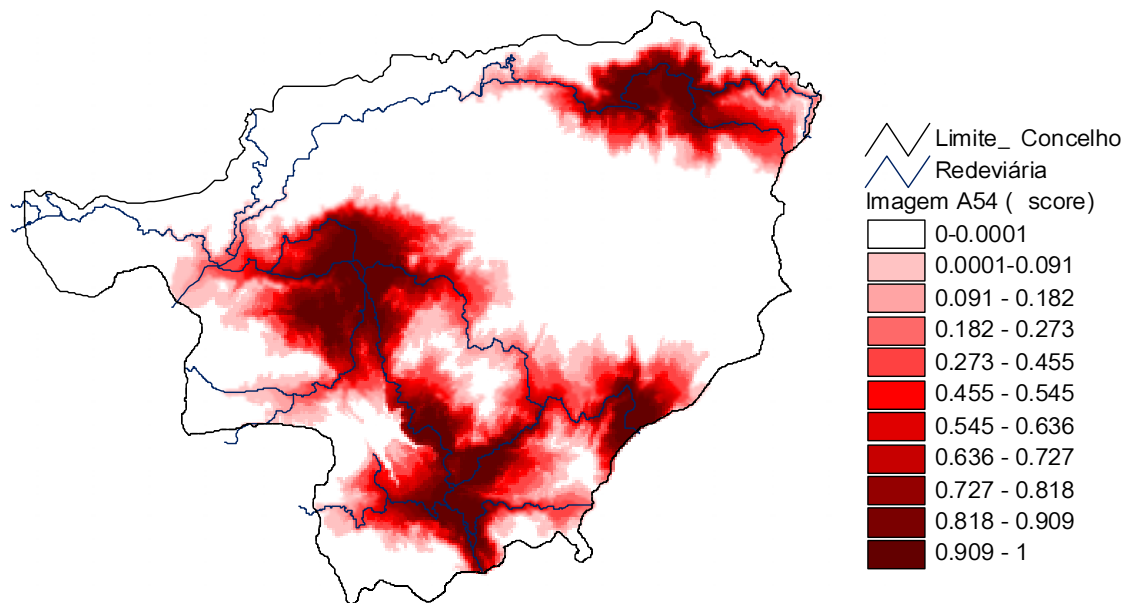


(b)

Fig. A.19 - Factor A53: não normalizado (a) e normalizado (b)

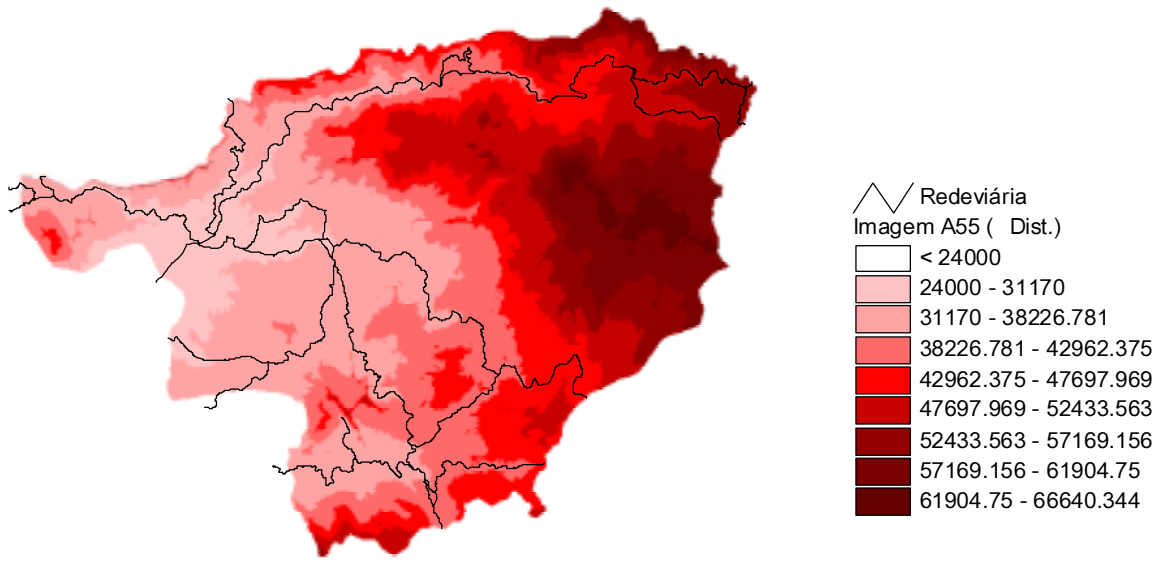


(a)

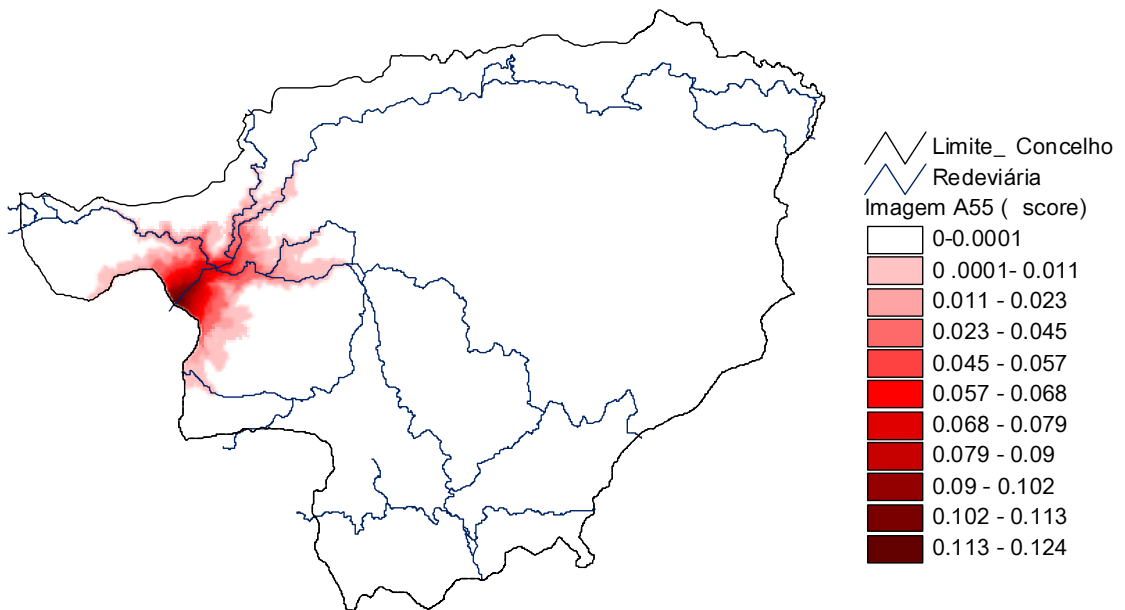


(b)

Fig. A.20 - Factor A54: não normalizado (a) e normalizado (b)



(a)



(b)

Fig. A.21 - Factor A55: não normalizado (a) e normalizado (b)

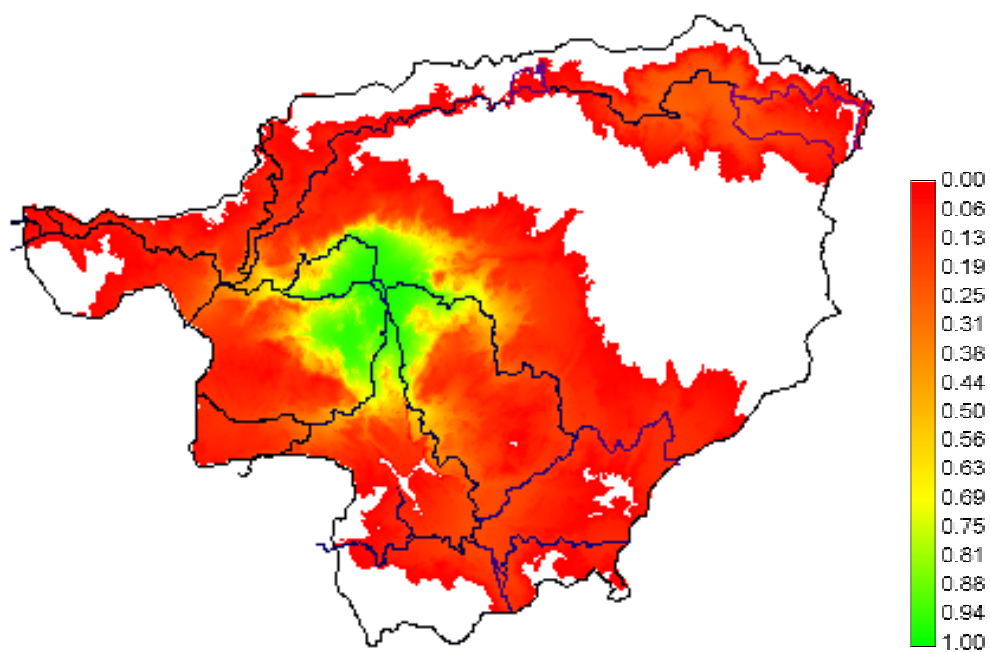
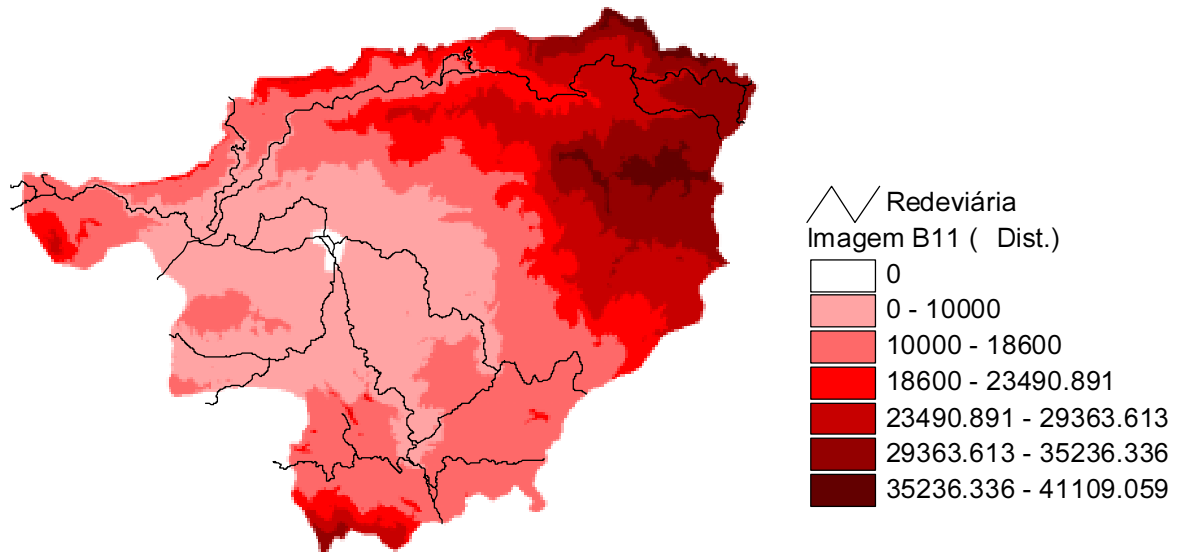
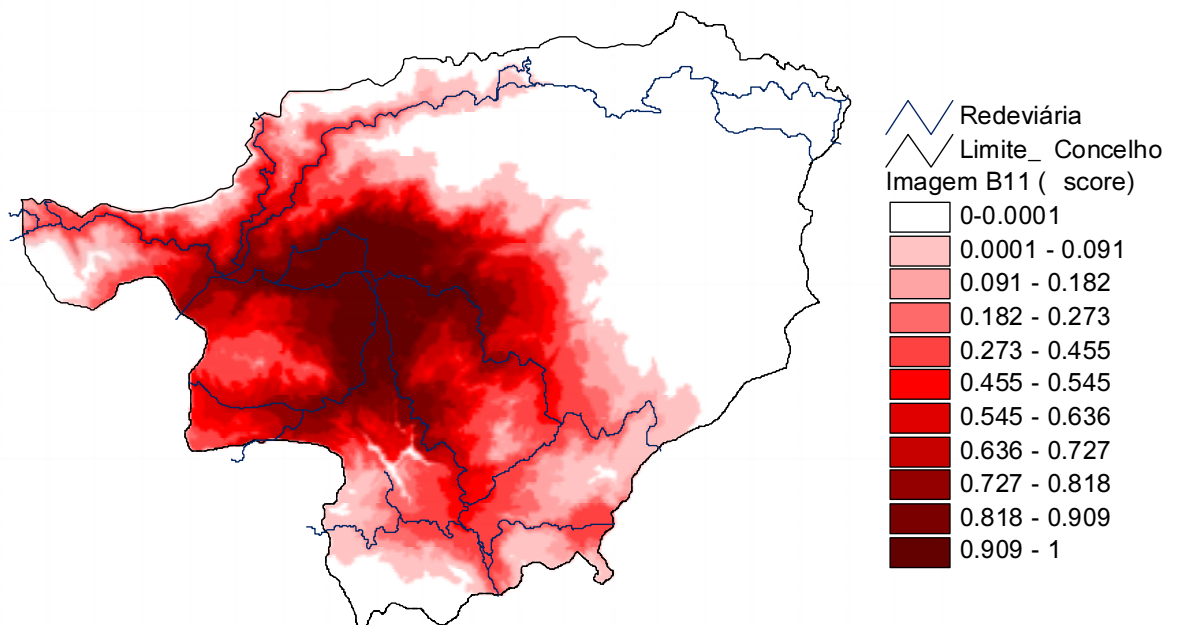


Fig. A.22 - Factor A5

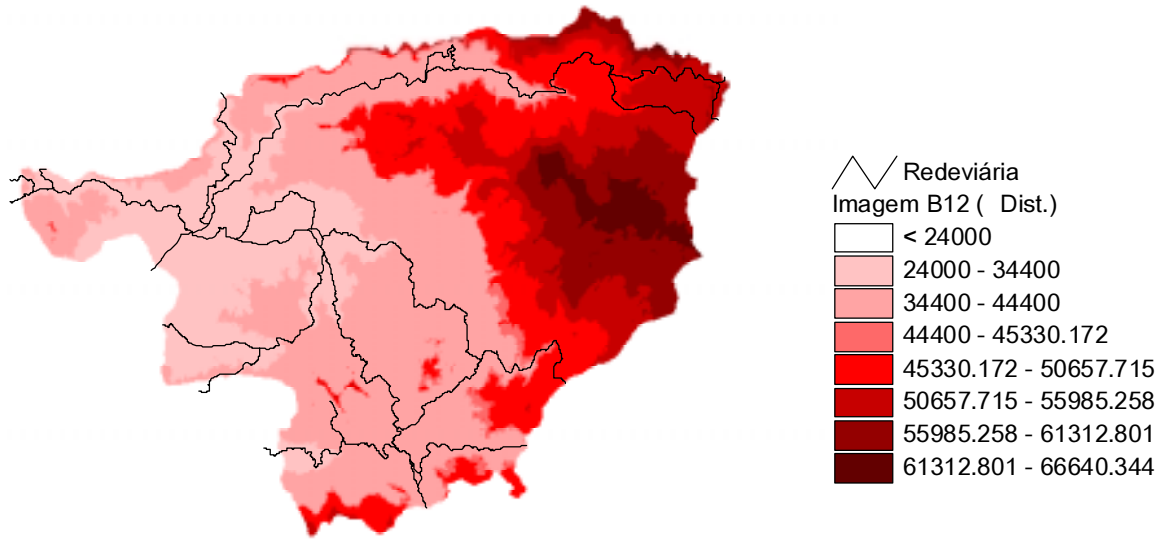


(a)

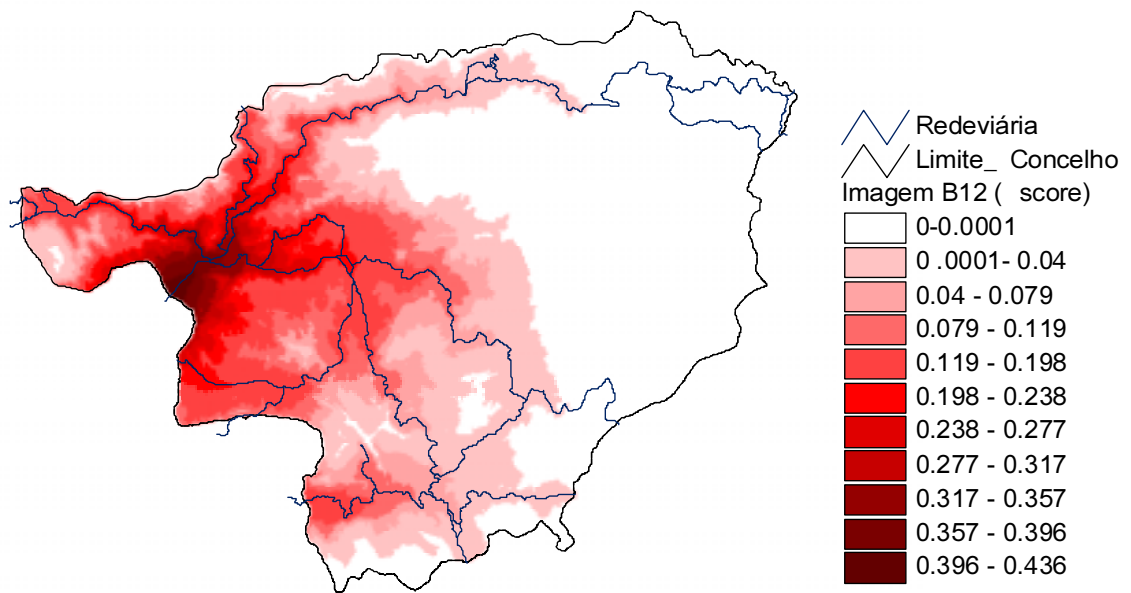


(b)

Fig. A.23 - Factor B11: não normalizado (a) e normalizado (b)



(a)



(b)

Fig. A.24 – FactorB12: não normalizado (a) e normalizado (b)

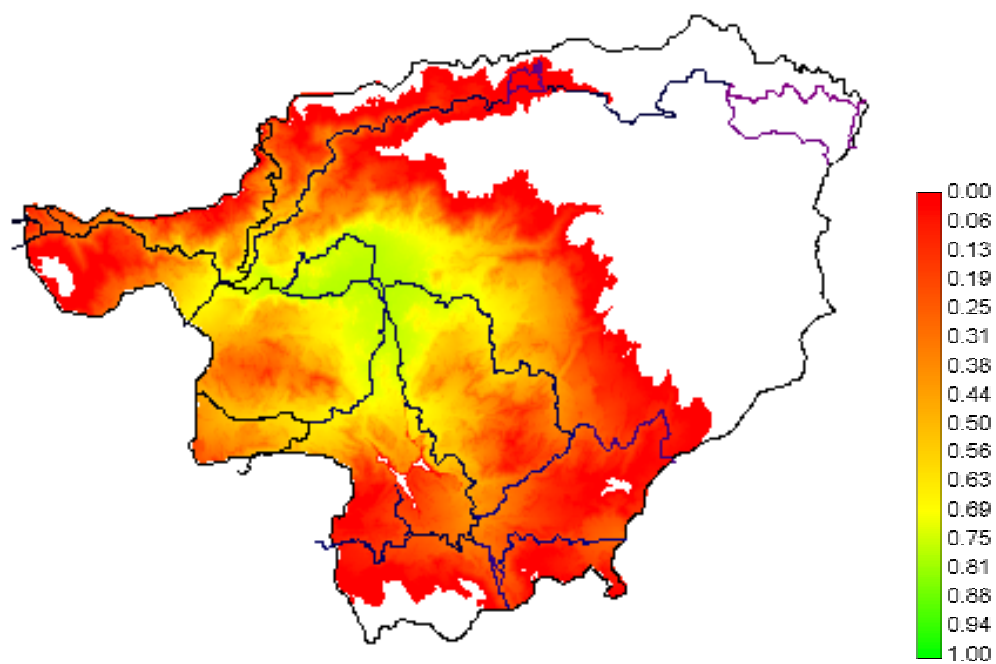
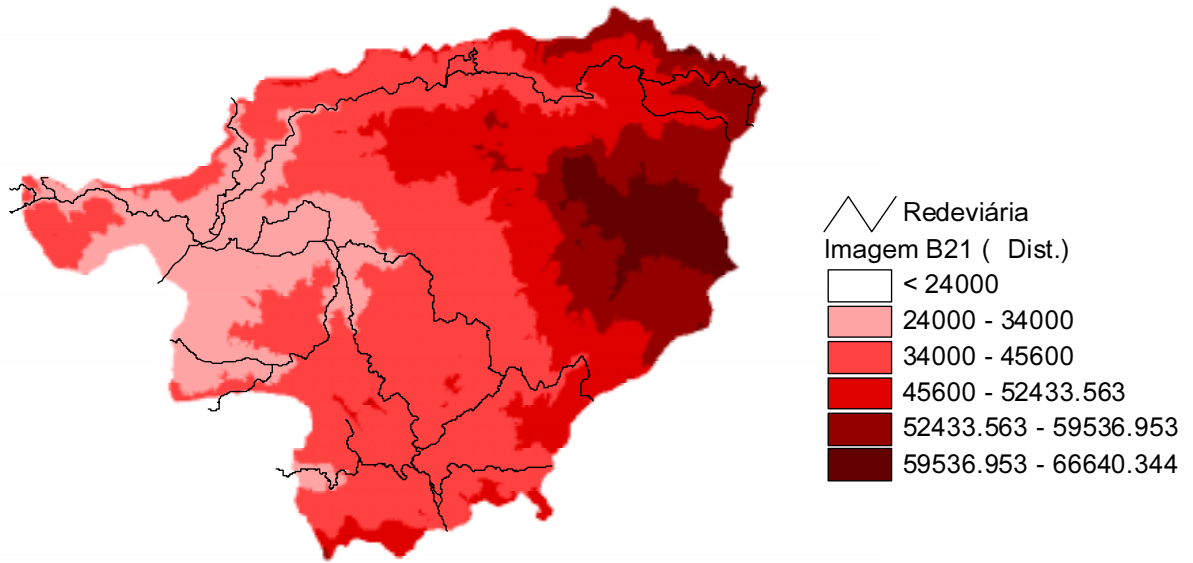
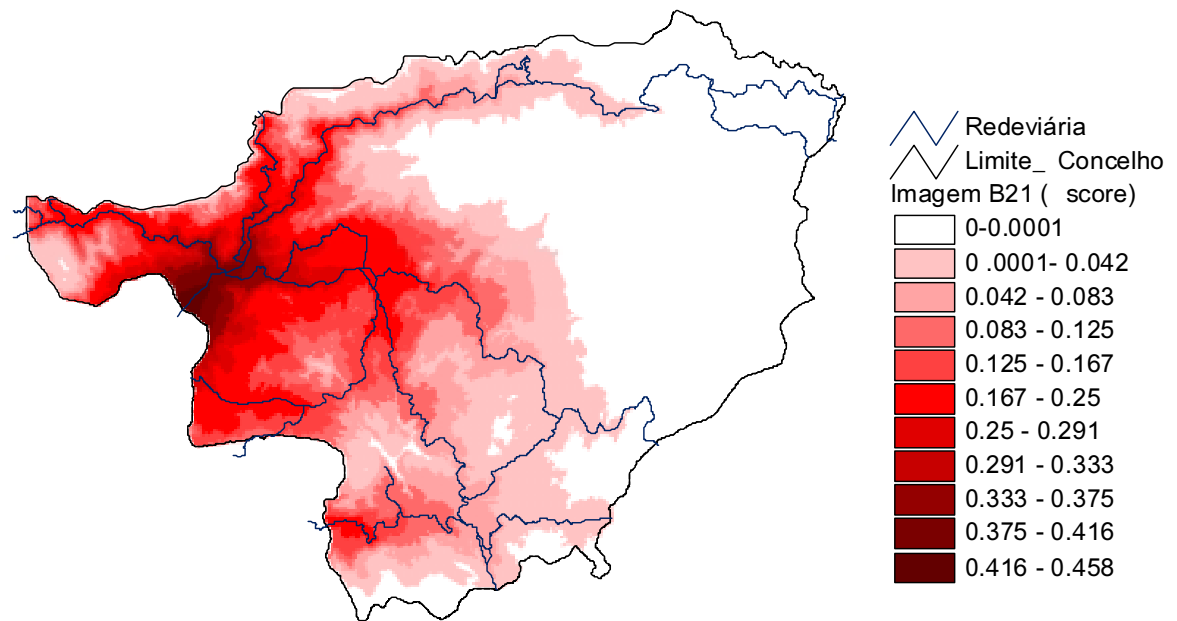


Fig. A.25 - Factor B1



(a)



(b)

Fig. A.26 - Factor B21: não normalizado (a) e normalizado (b)

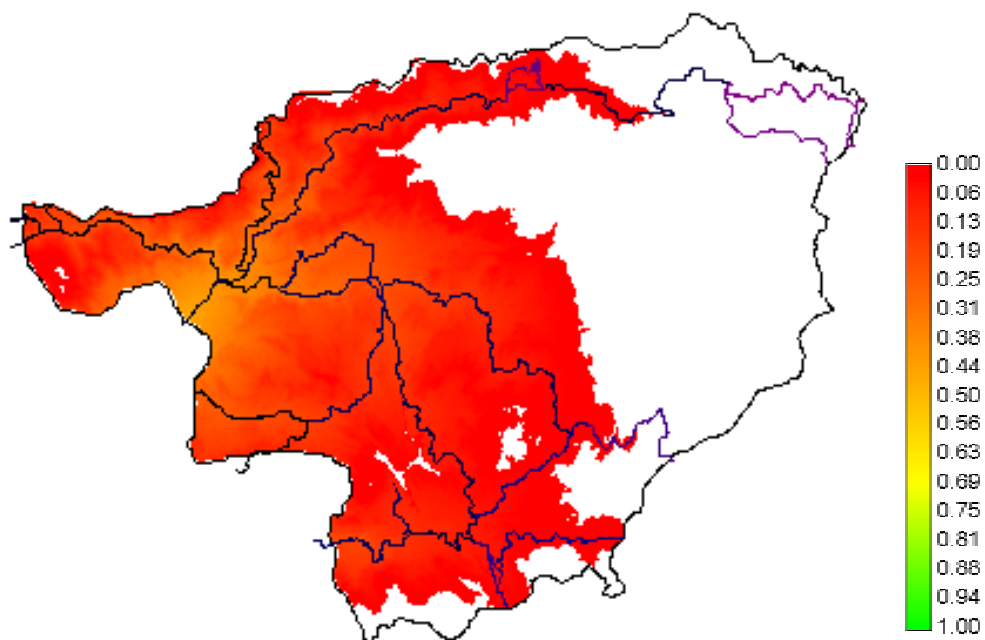
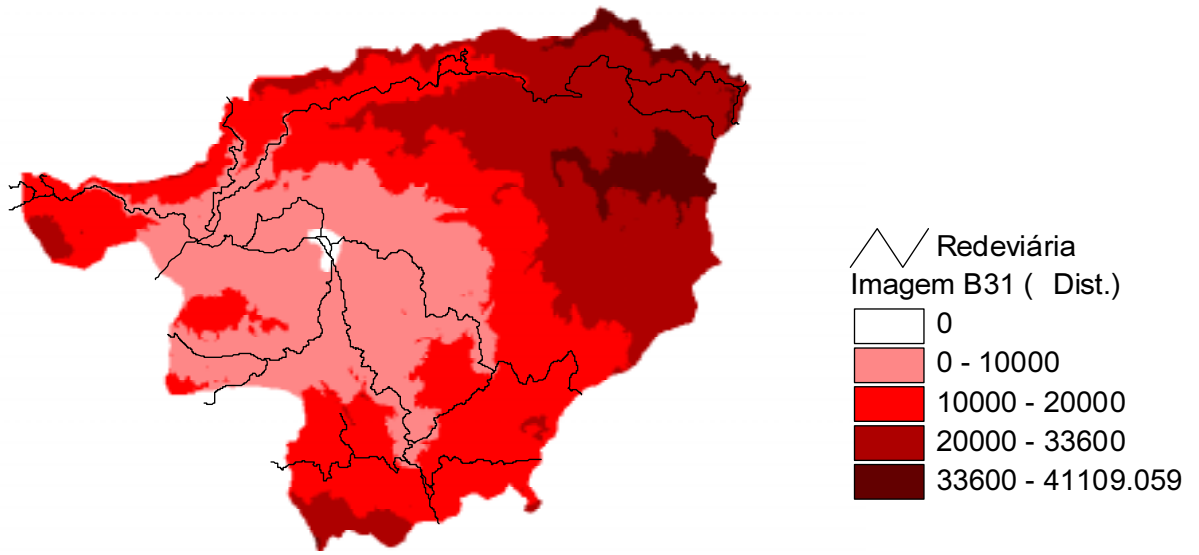
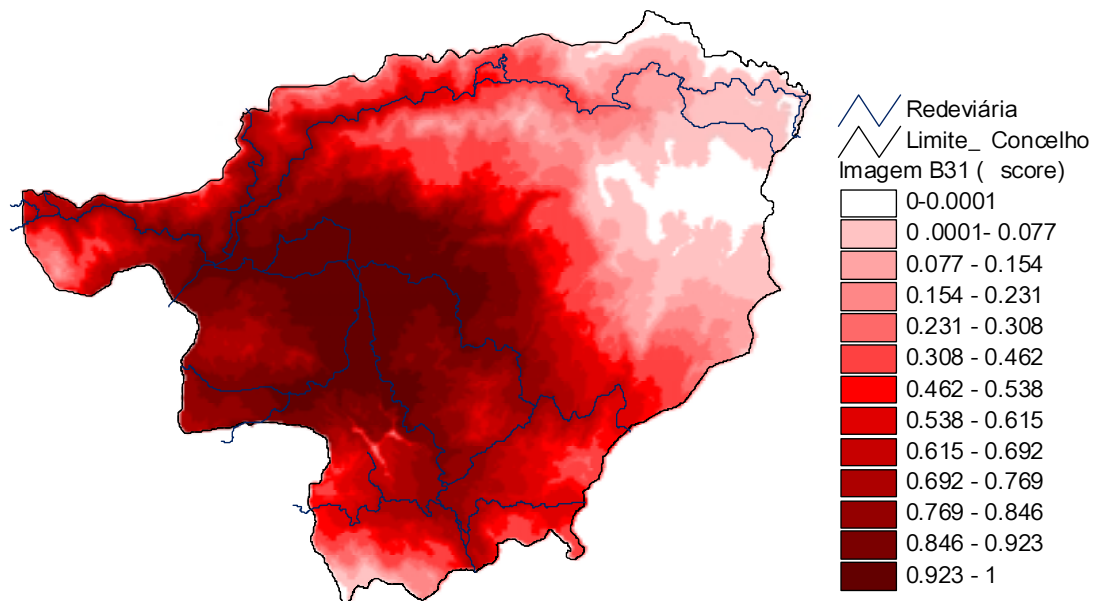


Fig. A.27 - Factor B2

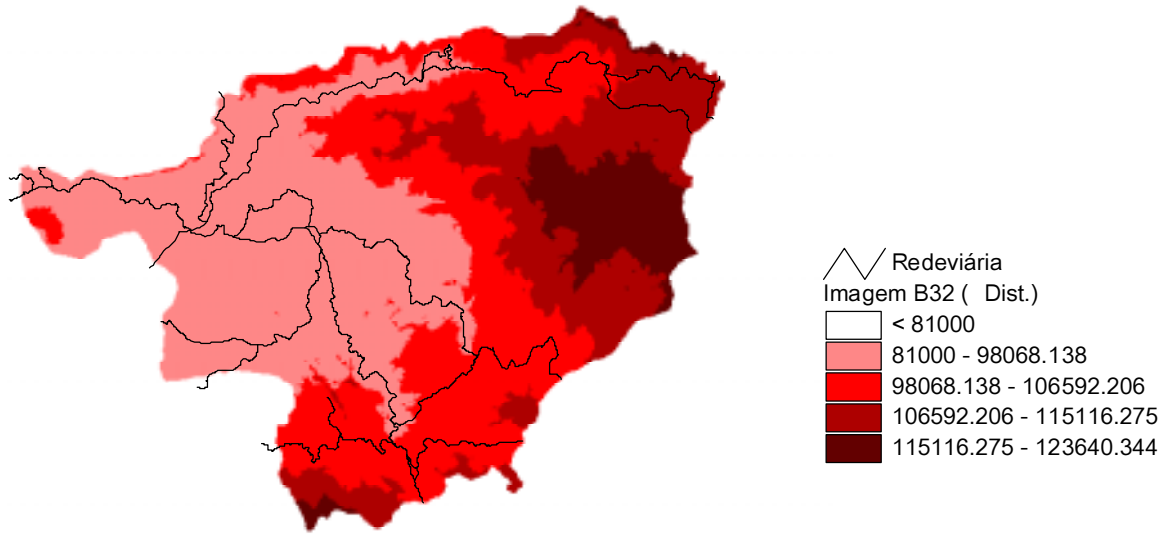


(a)

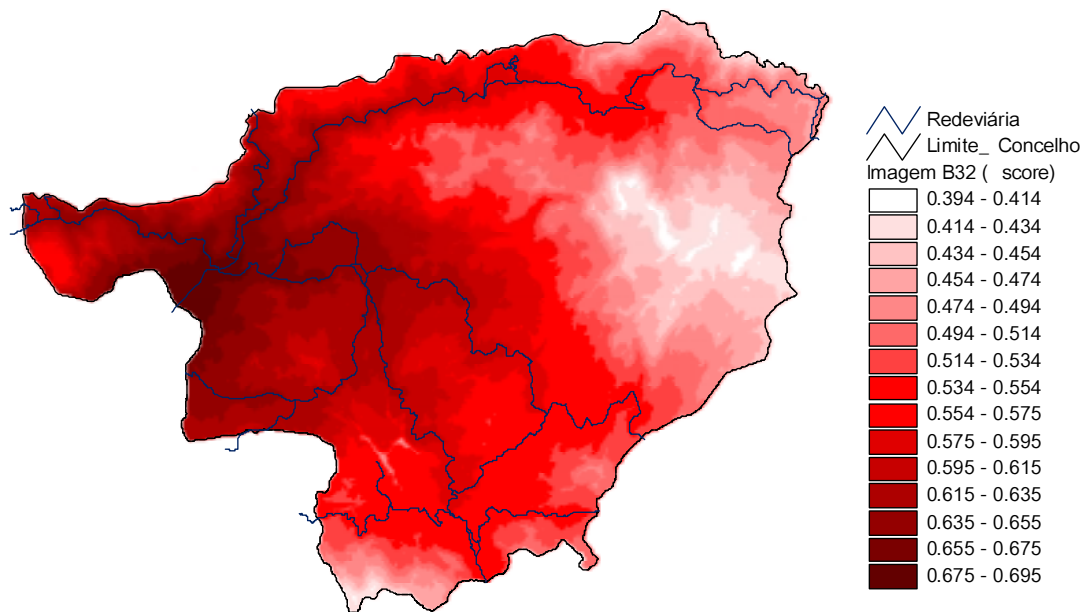


(b)

Fig. A.28 - Factor B 31: não normalizado (a) e normalizado (b)



(a)



(b)

Fig. A.29 - Factor B 32: não normalizado (a) e normalizado (b)

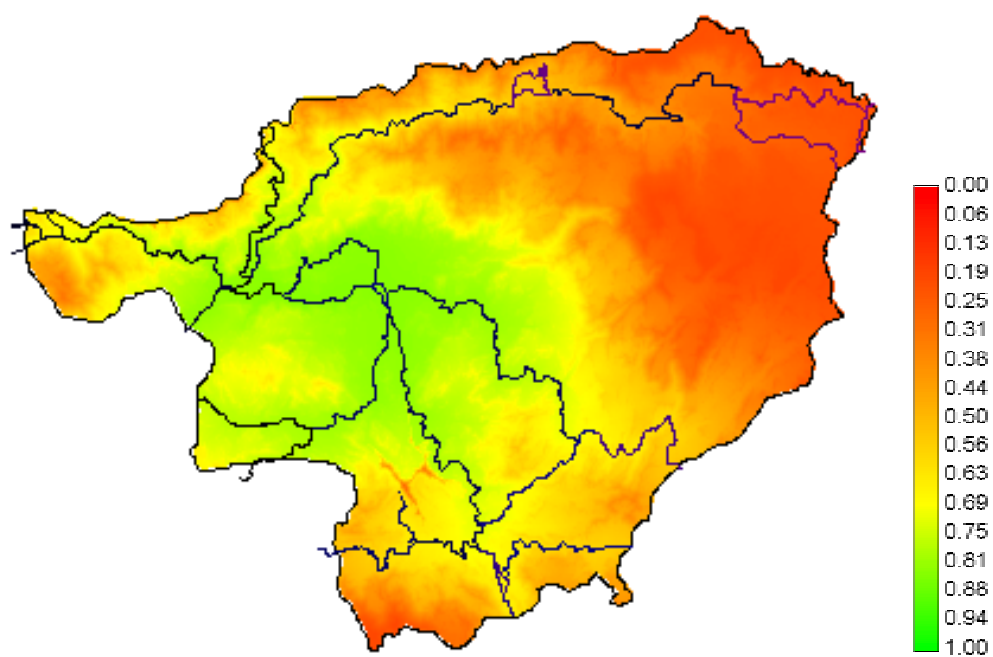


Fig. A.30 - Factor B3

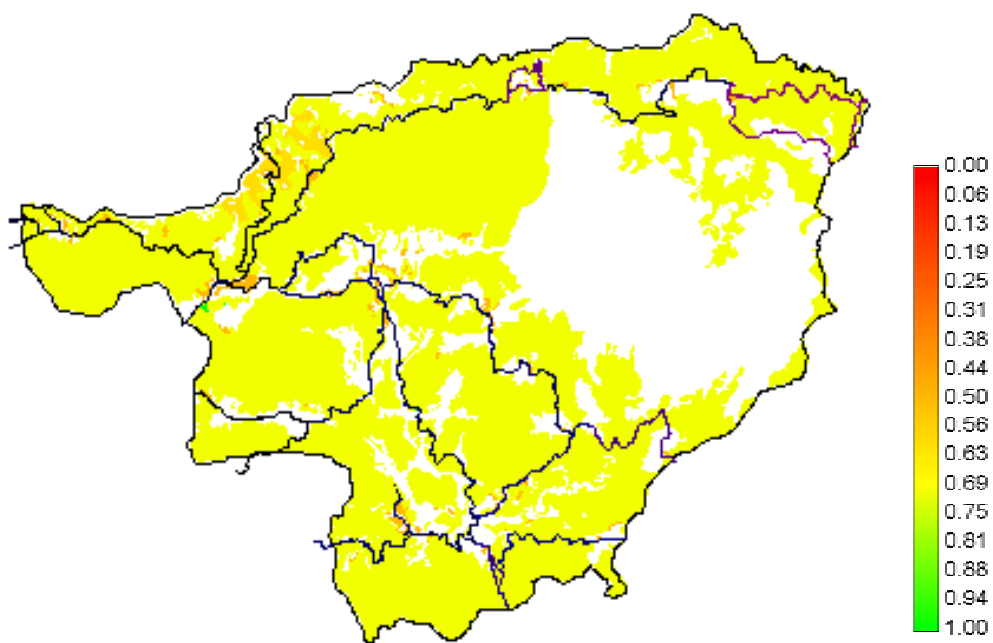


Fig. A.31 - Factor C1

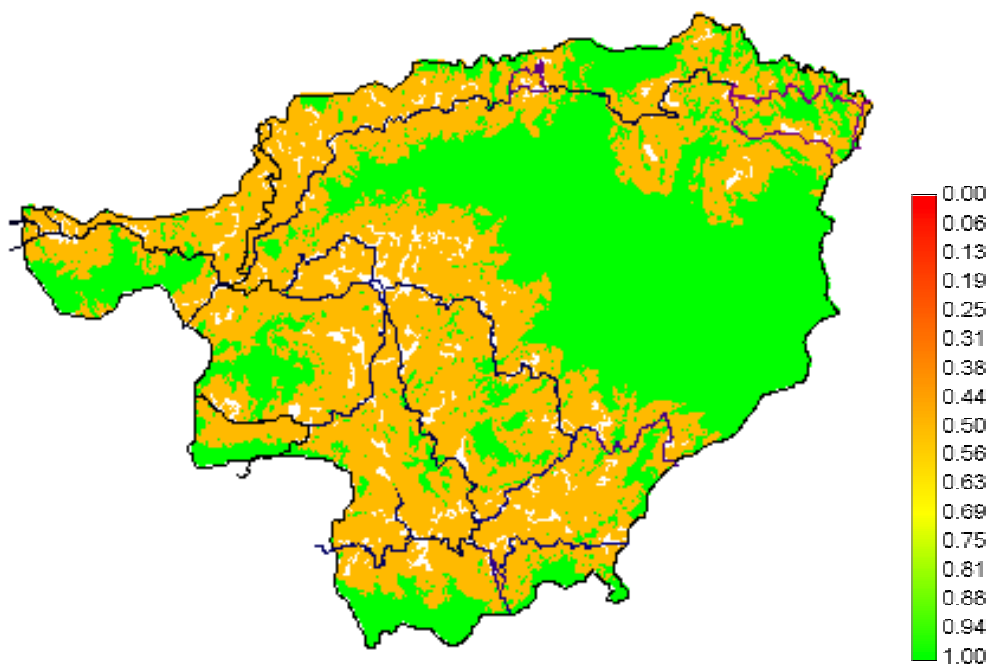


Fig. A.32 - Factor C2

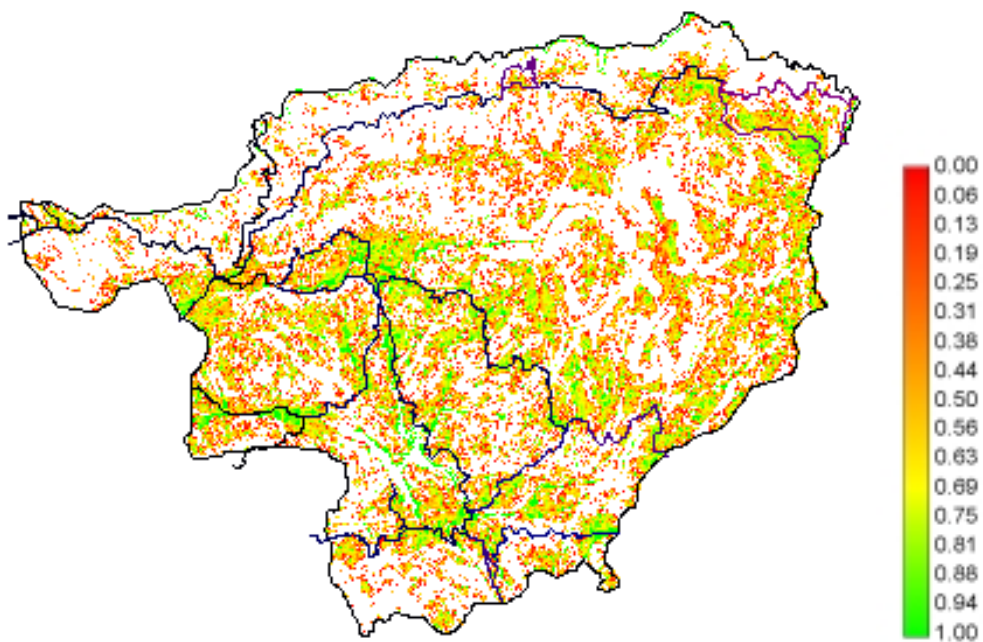


Fig. A.33 - Factor C3

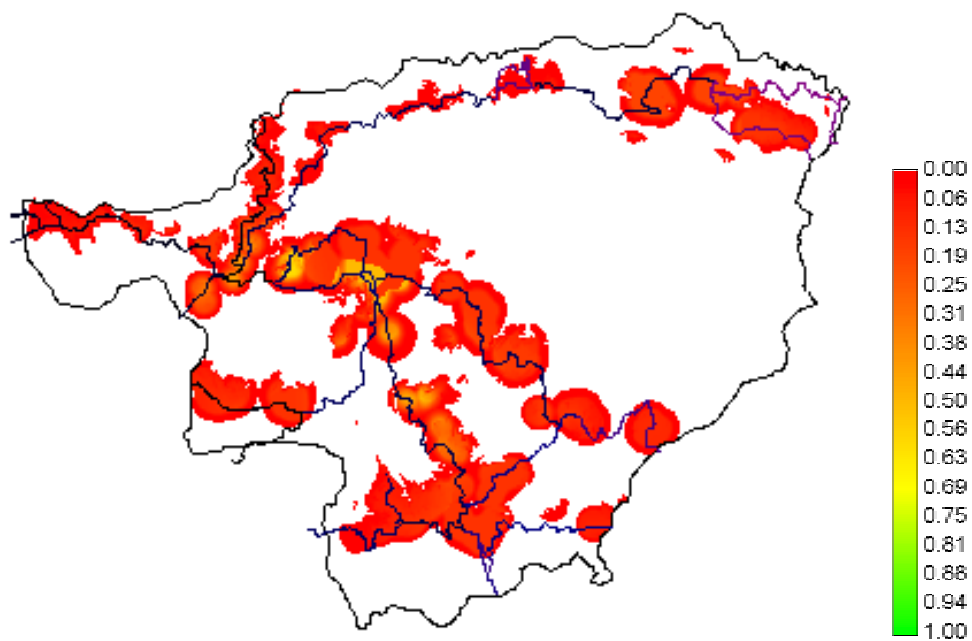


Fig. A.34 – Cenário A_P1

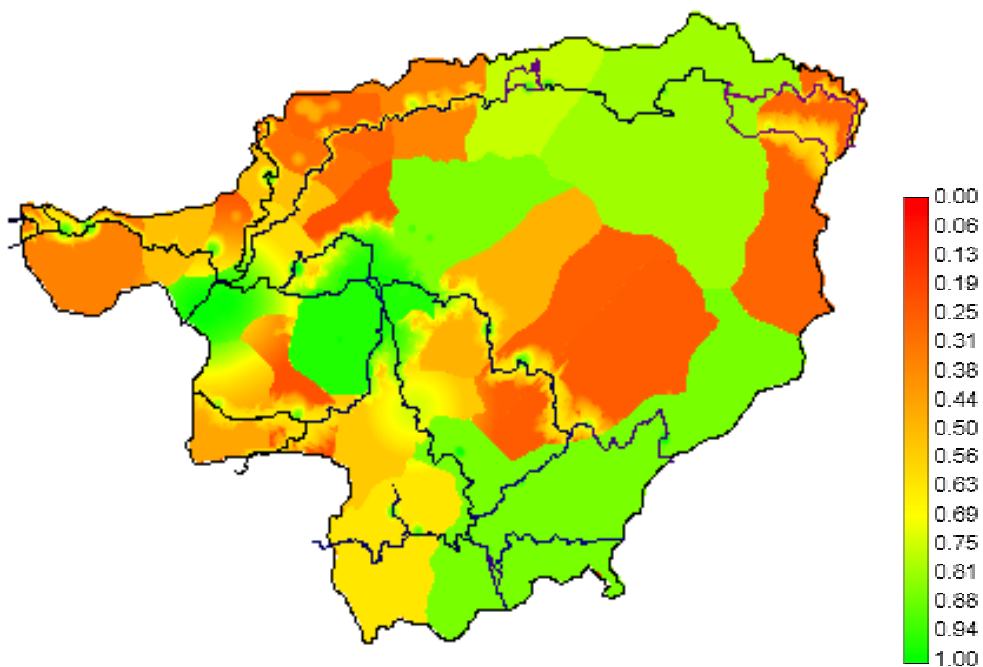


Fig. A.35 – Cenário A_P2

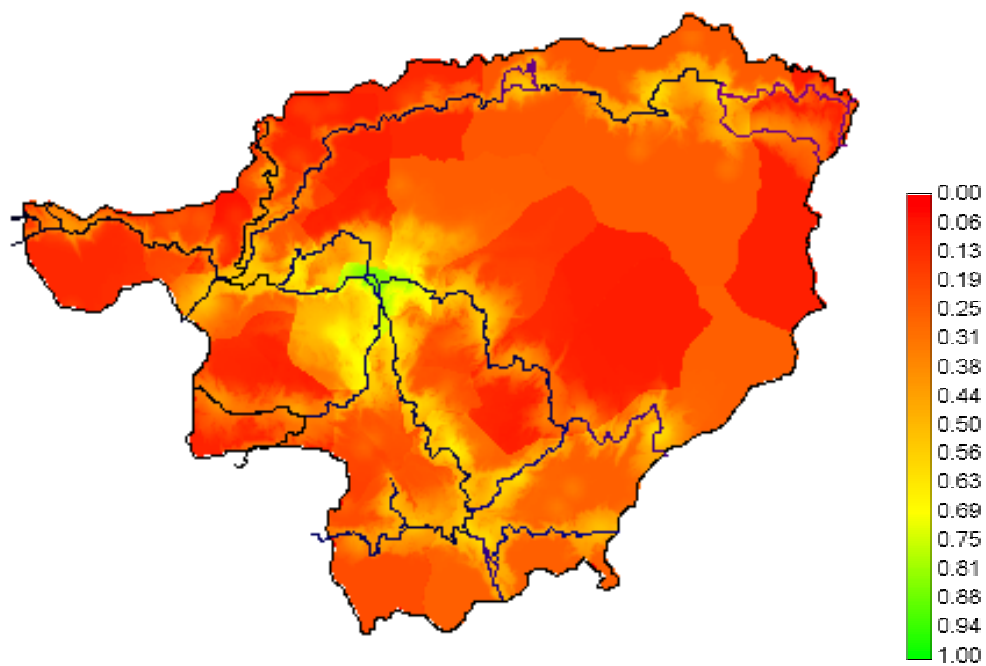


Fig. A.36 – Cenário A_P3

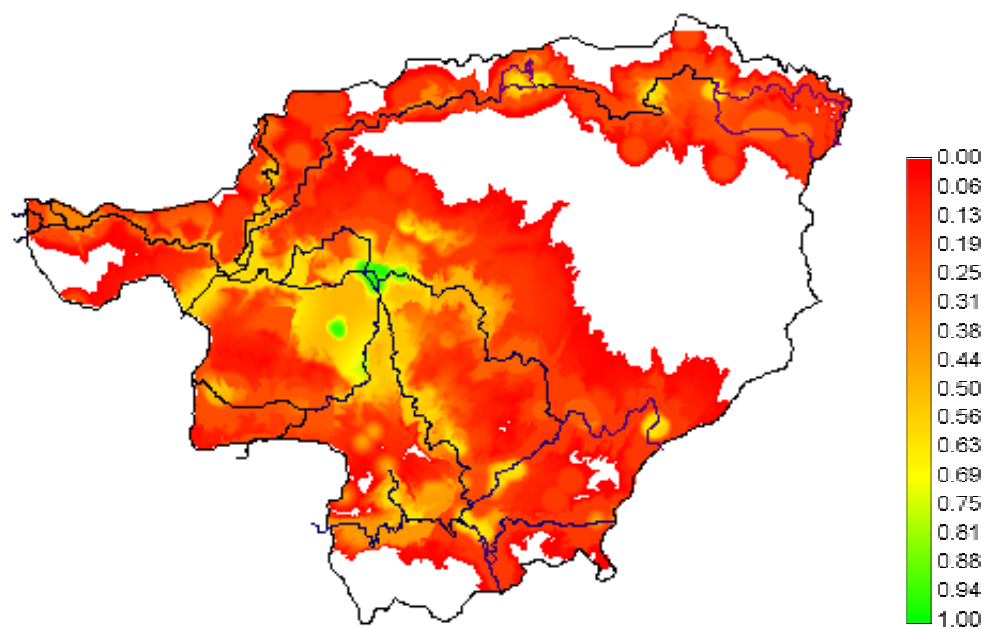


Fig. A.37 – Cenário A_P4

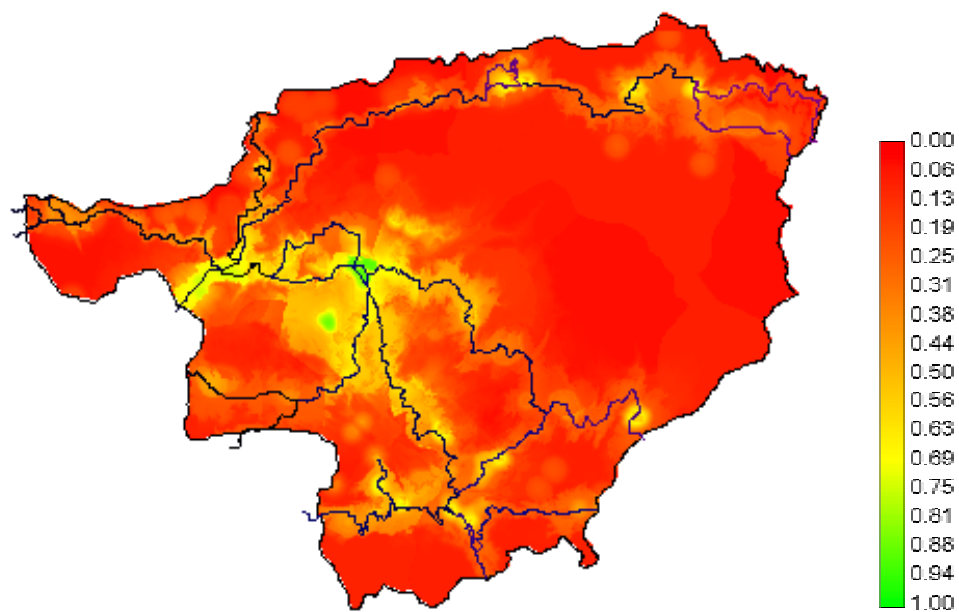


Fig. A.38 – Cenário A_P5

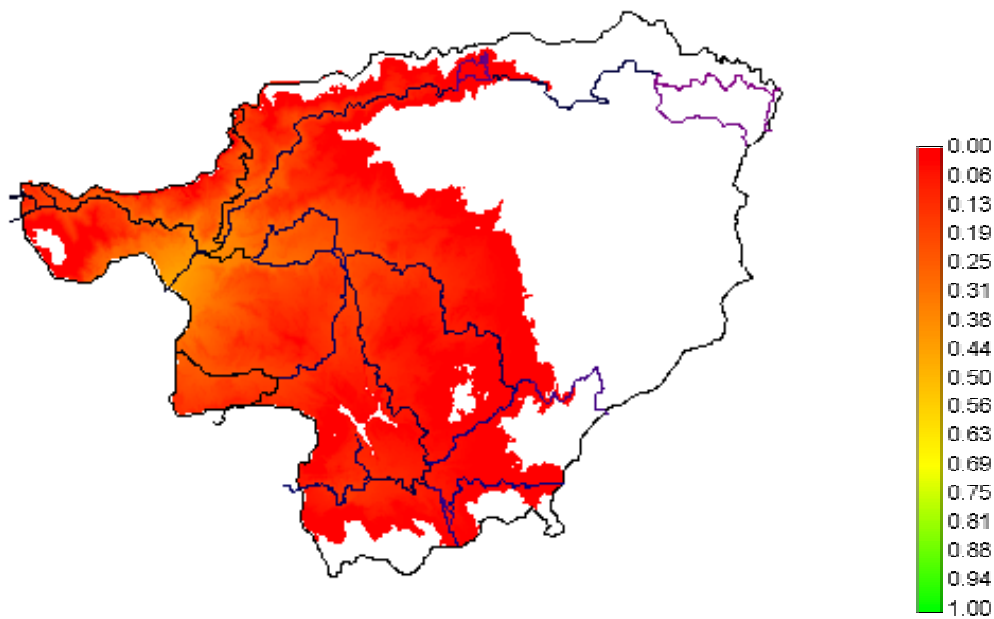


Fig. A.39 – Cenário B_P1

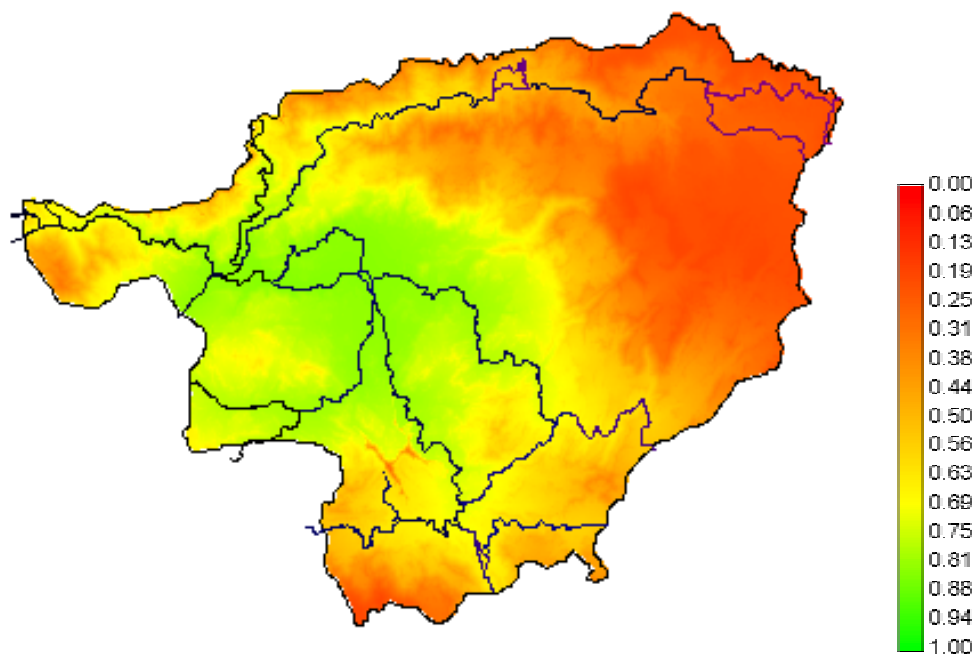


Fig. A.40 – Cenário B_P2

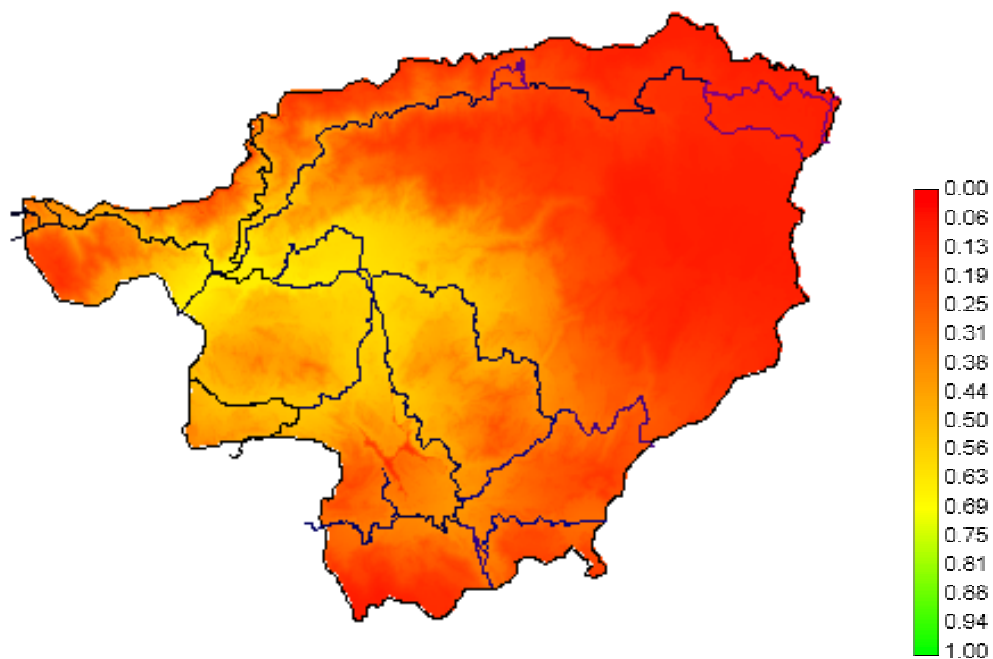


Fig. A.41 – Cenário B_P3

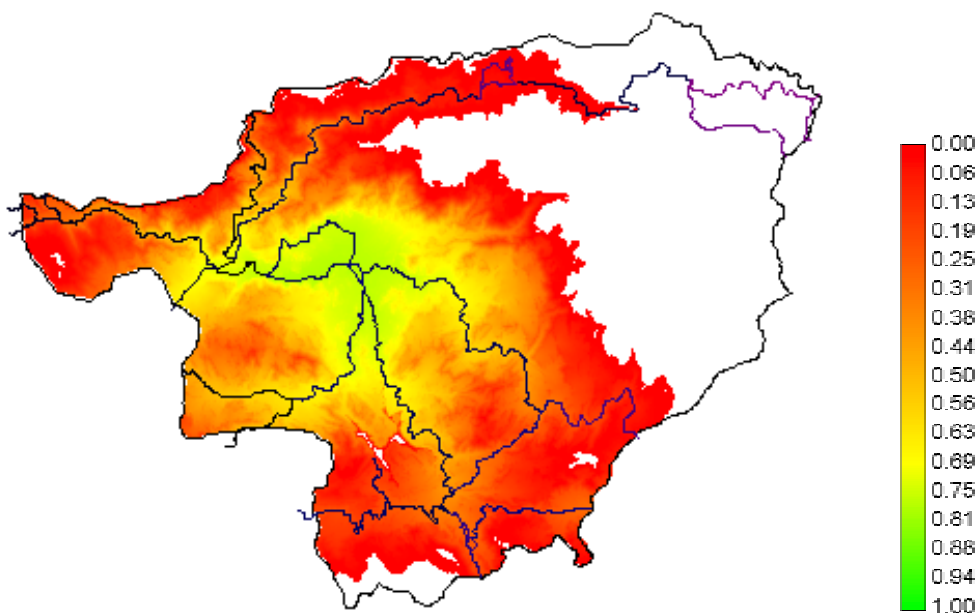


Fig. A.42 – Cenário B_P4

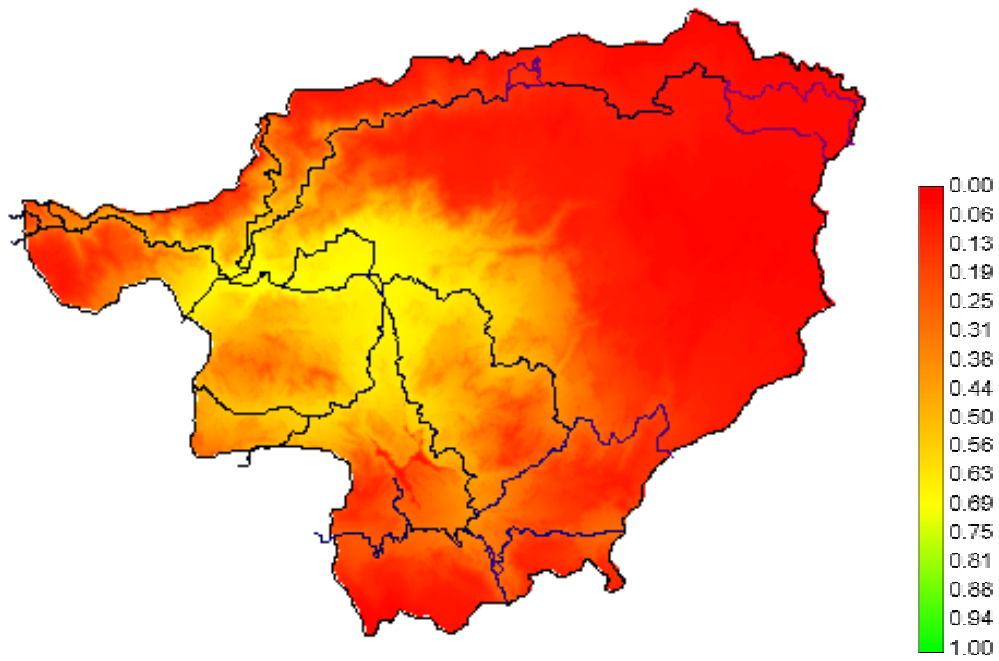


Fig. A.43 – Cenário B_P5

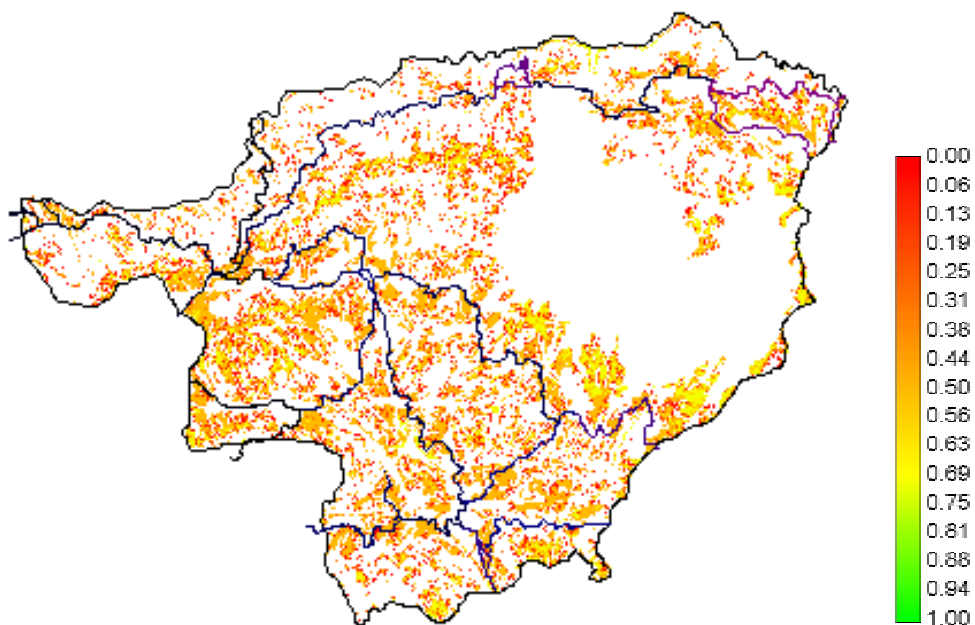


Fig. A.44– Cenário C_P1

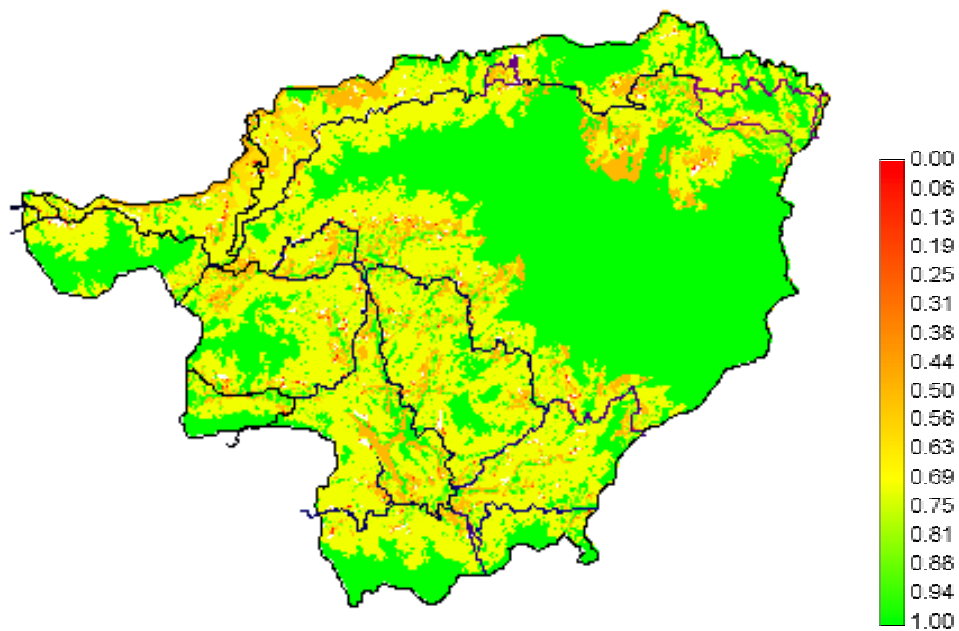


Fig. A.45 – Cenário C_P2

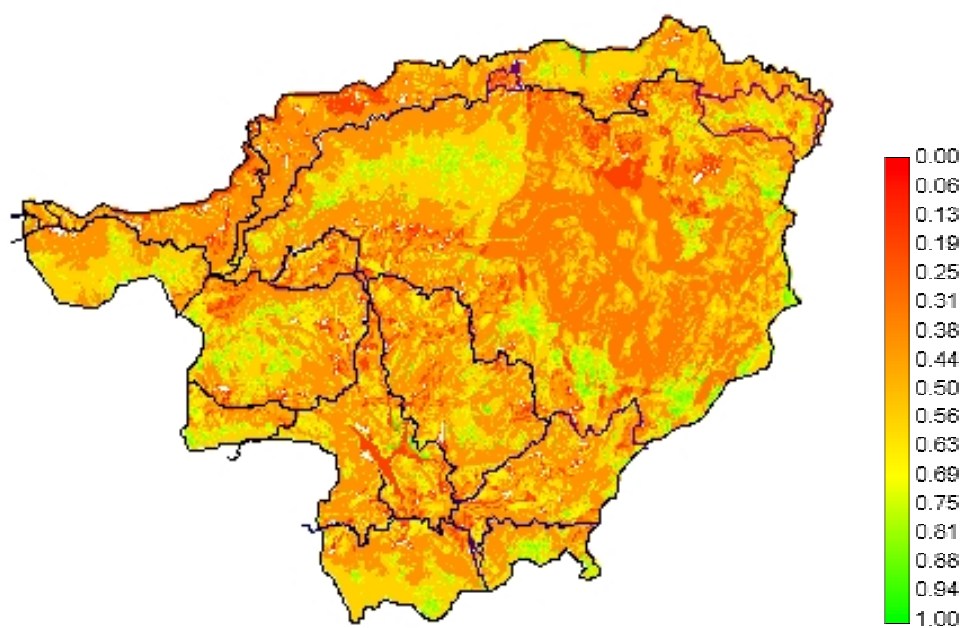


Fig. A.46 – Cenário C_P3

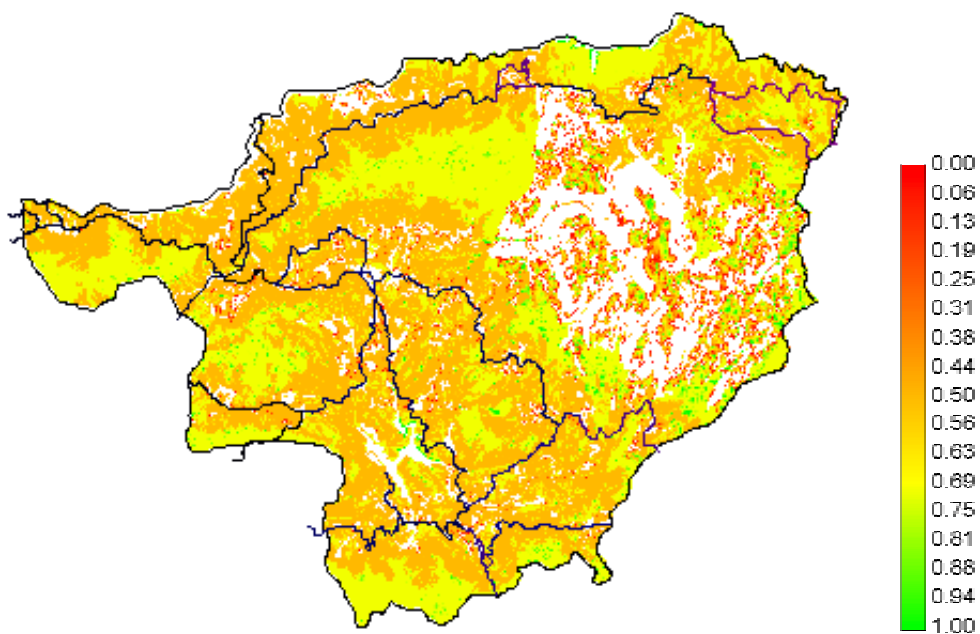


Fig. A.47 – Cenário C_P4

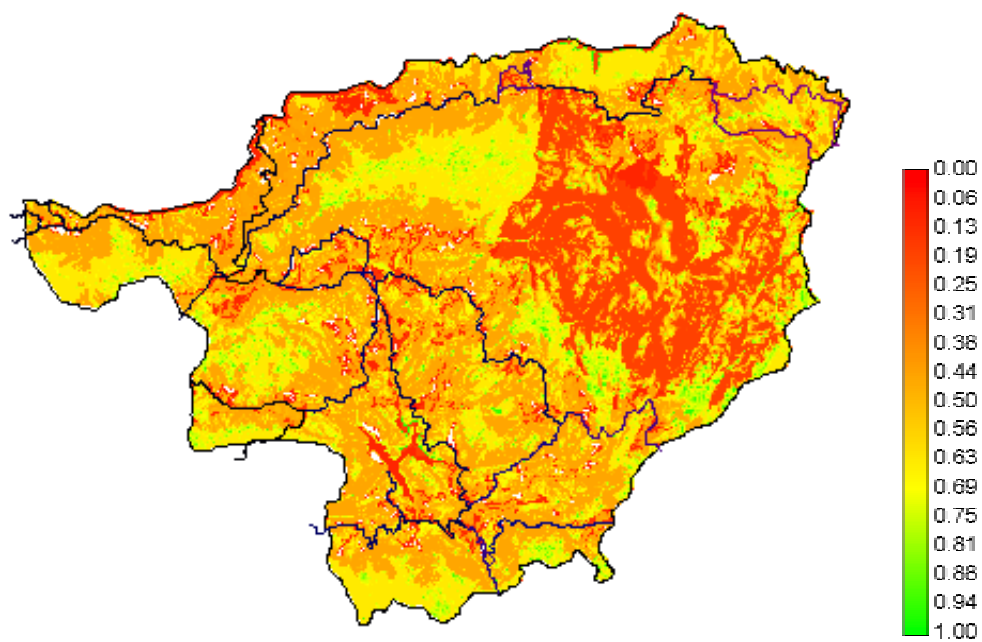


Fig. A.48 – Cenário C_P5



Fig. A.49 – Exclusão E11

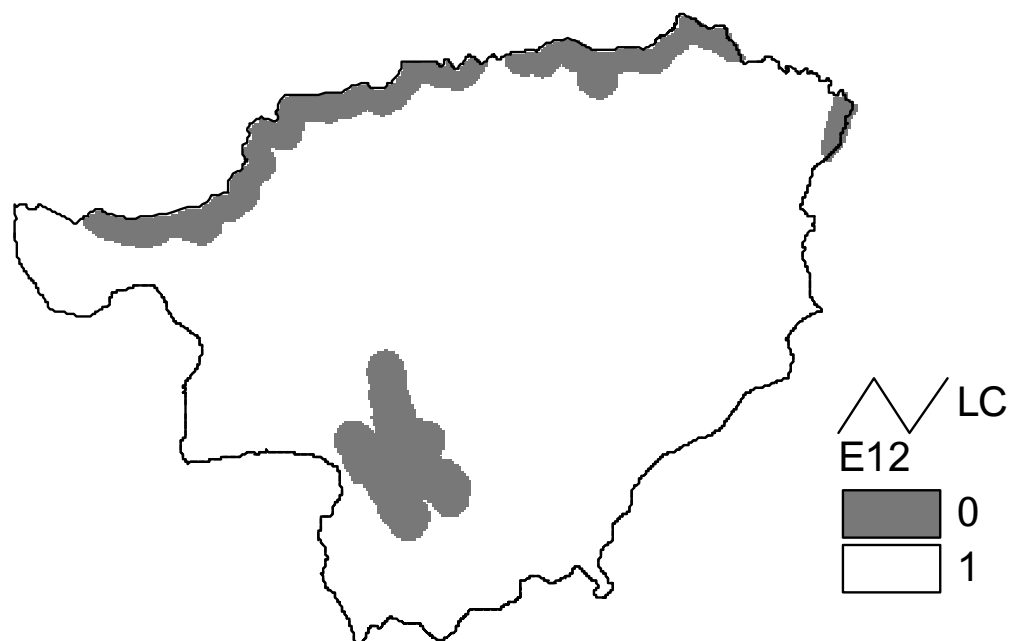


Fig. A.50 – Exclusão E12

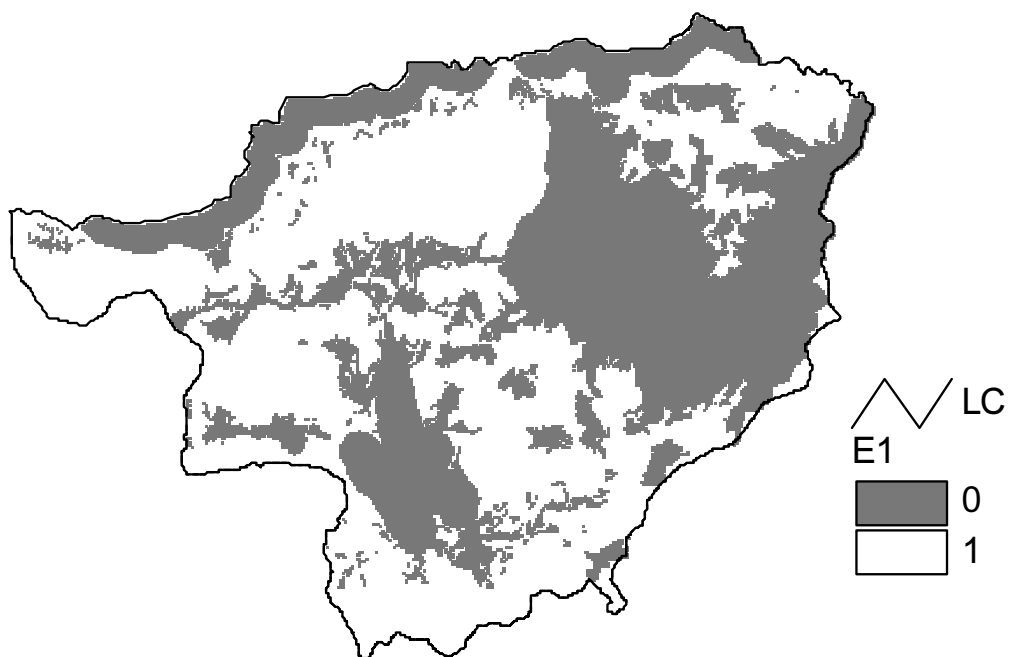


Fig. A.51 – Exclusão E1



Fig. A.52 – Exclusão E21



Fig. A.53 – Exclusão E22



Fig. A.54 – Exclusão E23



Fig. A.55 – Exclusão E2



Fig. A.56 – Exclusão E31



Fig. A.57 – Exclusão E32



Fig. A.58 – Exclusão E33



Fig. A.59 – Exclusão E3

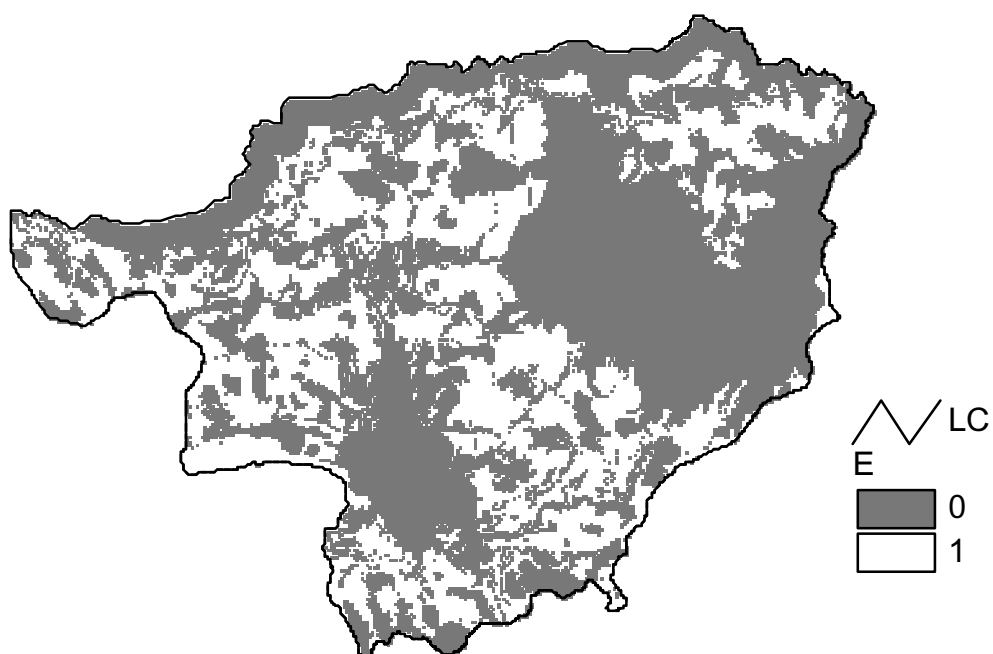


Fig. A.60 – Exclusão E

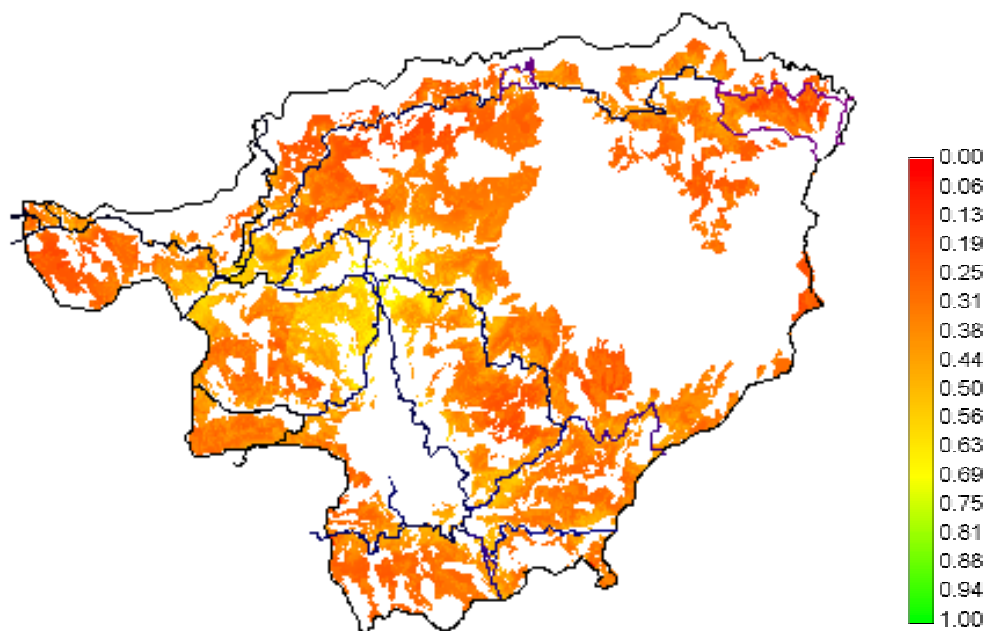


Fig. A.61 – Cenário_1

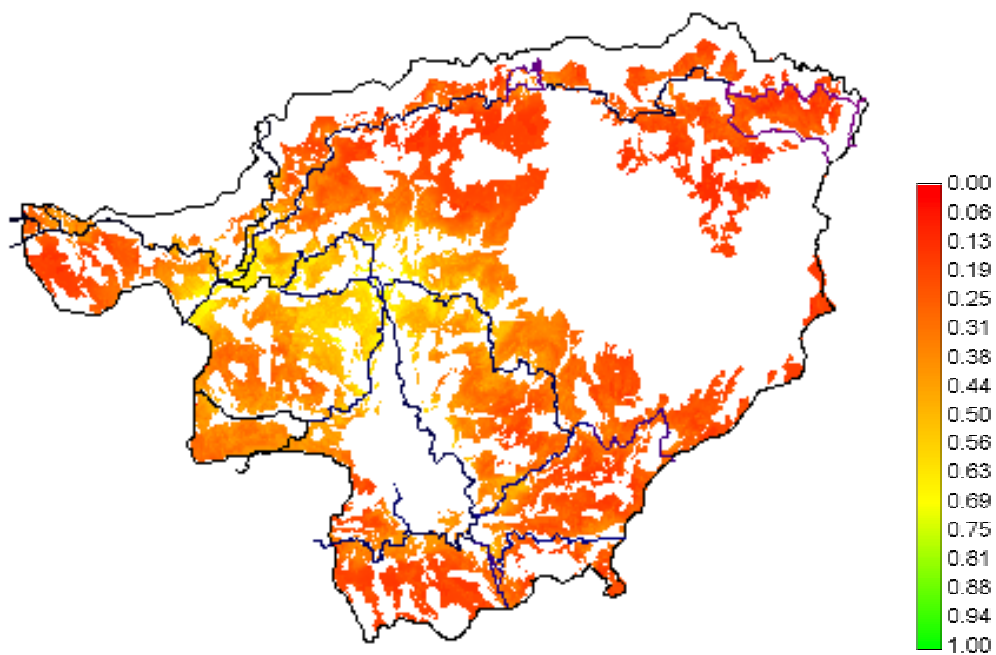


Fig. A.62 – Cenário_2

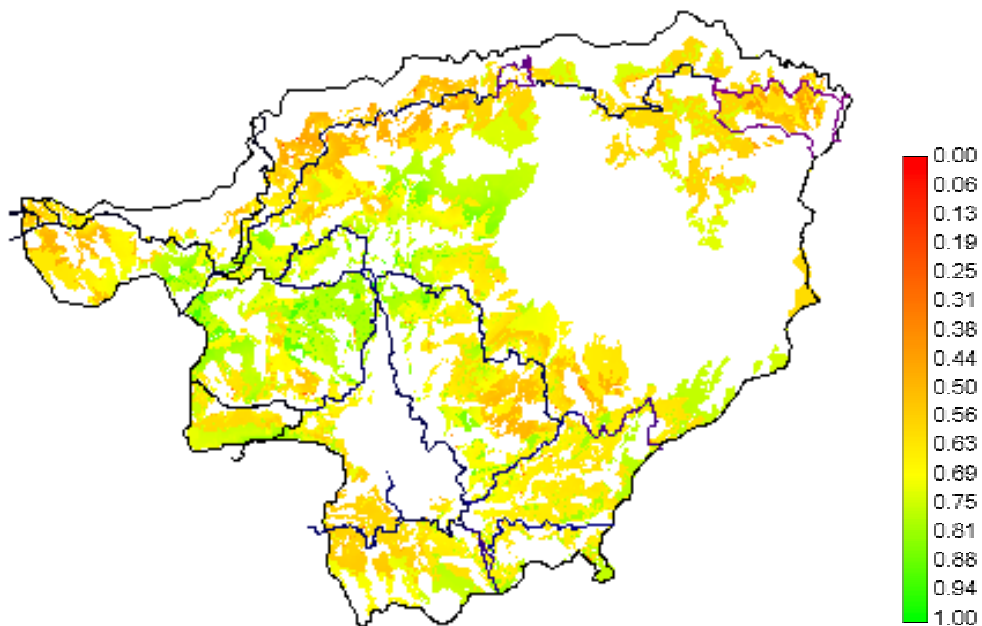


Fig. A.63 – Cenário_3

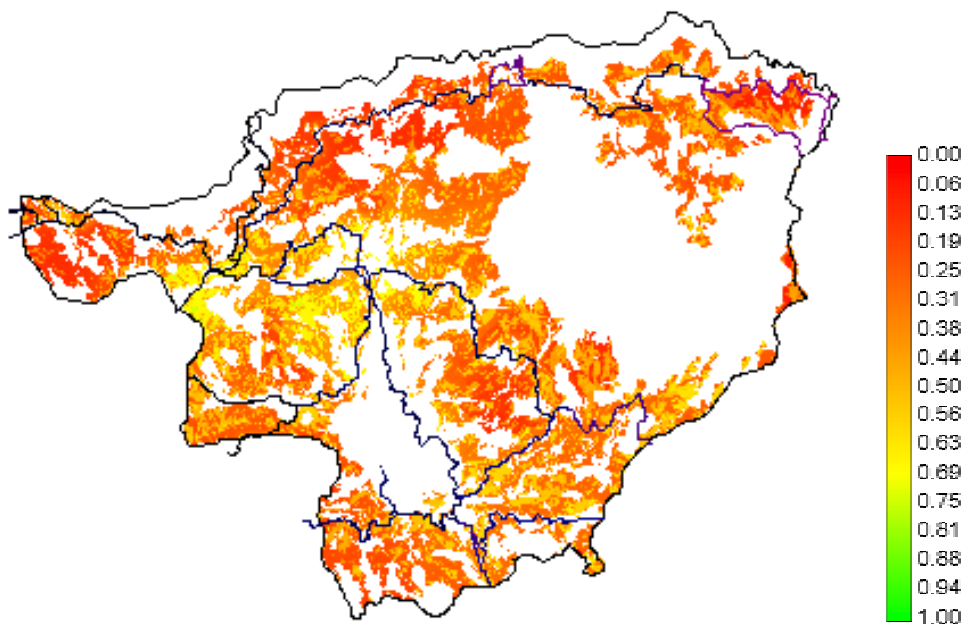


Fig. A.64 – Cenário_4

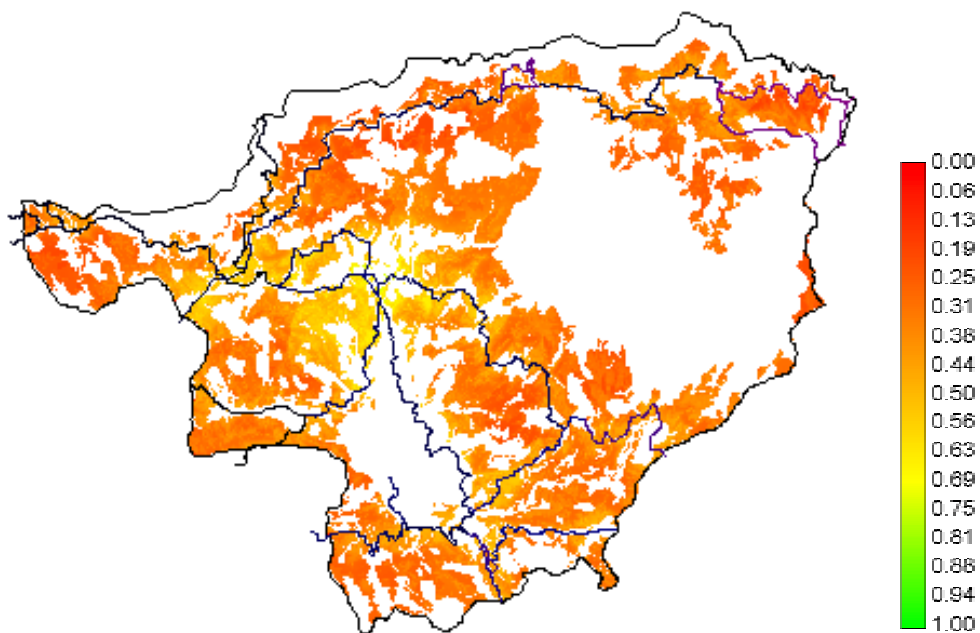


Fig. A.65 – Cenário_11

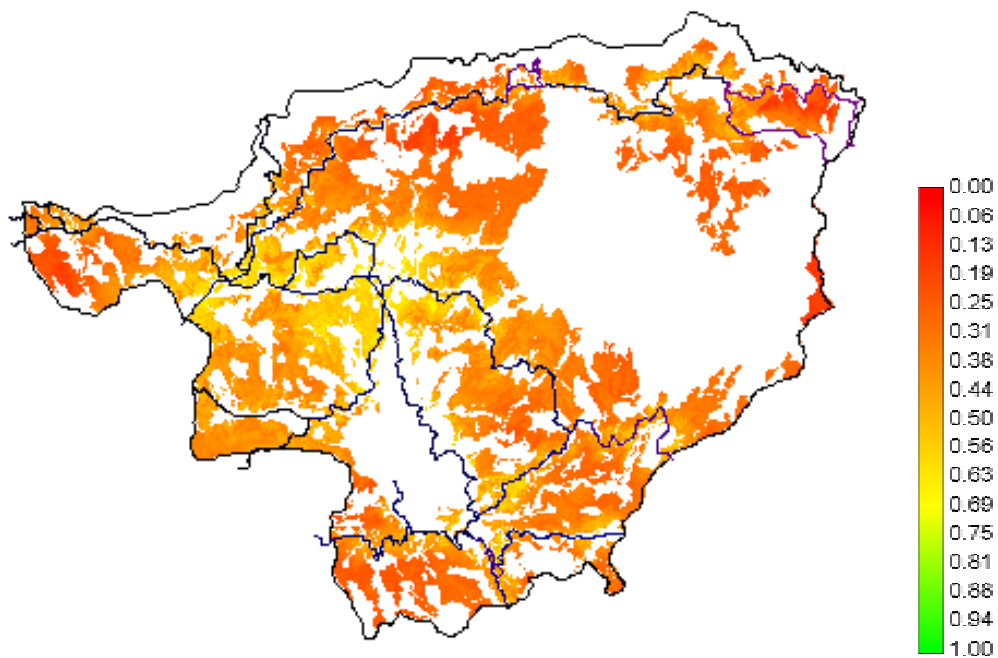


Fig. A.66 – Cenário_12

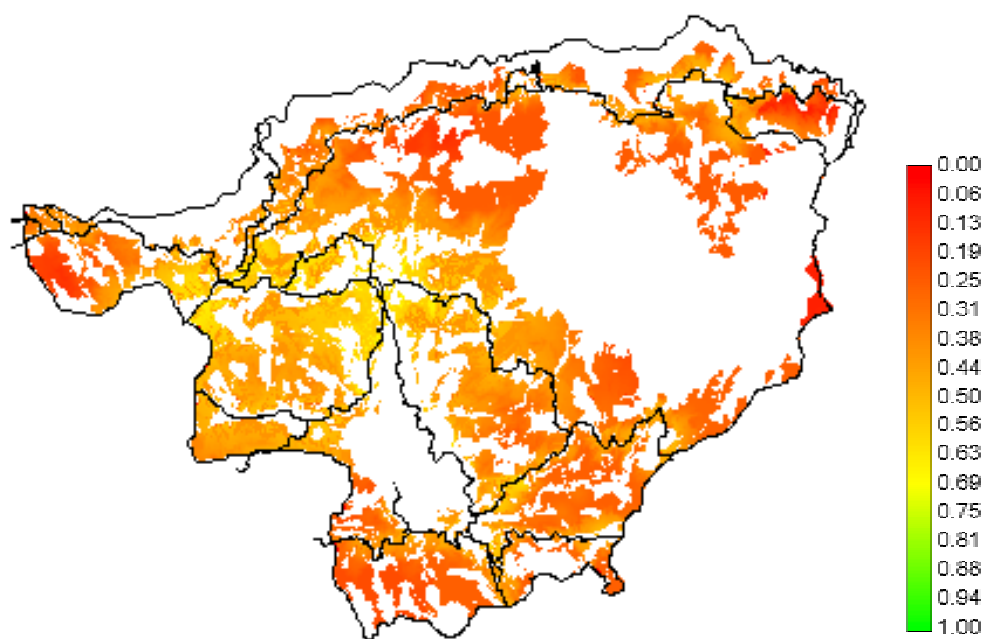


Fig. A.67 – Cenário_13