



**Escola Superior
Agrária**

Politécnico de Coimbra

ESCOLA SUPERIOR AGRÁRIA
INSTITUTO POLITÉCNICO DE COIMBRA

MESTRADO EM RECURSOS FLORESTAIS

Ana Rita Silva Barbosa

Contribuição para o Planeamento e Gestão da Paisagem no Concelho de Vila Nova de Poiares

Orientador: Professora Doutora Maria Beatriz Machado Fidalgo

Coimbra, 2024

MESTRADO EM RECURSOS FLORESTAIS

Ana Rita Silva Barbosa

Contribuição para o Planeamento e Gestão da Paisagem no Concelho de Vila Nova de Poiares

Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Coimbra
para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do
grau de mestre em Recursos Florestais

Orientador: Professora Doutora Maria Beatriz Machado Fidalgo

Coimbra, 2024

Índice

Índice de figuras	iii
Índice de tabelas	v
Lista de abreviaturas.....	vii
Agradecimentos	ix
Resumo	x
Abstract	xi
Capítulo I.....	1
1.1. Introdução	1
1.2. Objetivos.....	4
1.3. Enquadramento teórico	5
1.3.1 Evolução do uso do e ocupação do solo com matrizes de transição.....	5
1.3.2 A modelação da aptidão com análise multicritério.....	7
Capítulo II – Caracterização da área de estudo	10
2.1 Enquadramento geográfico.....	10
2.2 Caracterização biofísica	11
2.2.1 Hipsometria.....	11
2.2.2 Declive	13
2.2.3 Exposição.....	14
2.2.4 Hidrografia.....	15
2.2.5 Solos.....	16
2.2.5.1 Tipos de solos	16
2.2.5.2 Profundidade	17
2.2.5.3 Textura	18
2.2.5.4 pH.....	19
2.2.6 Clima.....	19
2.2.6.1 Temperatura	19
2.2.6.2 Precipitação.....	21
2.2.6.3 Meses secos.....	22
2.3 Fauna e Flora	23
2.4 Áreas protegidas, Rede Natura 2000 (ZPE + ZEC) e Regime Florestal.....	24
2.5 Infraestruturas florestais	25
2.5.1 Rede Viária Florestal (RVF).....	25
2.5.2 Faixas de Gestão de Combustível	26
2.6 Perigosidade de incêndio florestal	27
Capítulo III – Metodologia	29

3.1	Uso e ocupação do solo	29
3.1.1	Adaptação das cartas de uso e ocupação do solo de 1995 e 2018	29
3.1.2	Construção da matriz de transição de usos e ocupações do solo de 1995 para 2018	31
3.2	Aptidão para a produção florestal	32
3.2.1	Estrutura formal para a modelação da produção florestal	32
3.2.2	Modelação das restrições	34
3.2.3	Desenvolvimento dos atributos e normalização das variáveis.....	35
3.2.3.1	Atributos relacionados com o critério da aptidão ecológica.....	36
3.2.3.2	Atributos relacionados com o critério do impacte ambiental	37
3.2.3.3	Atributos relacionados com o critério do rendimento económico	46
3.2.4	Agregação das variáveis	49
3.2.5	Análise de sensibilidade aos pesos	50
Capítulo IV – Resultados		52
4.1	Evolução do uso e ocupação do solo	52
4.1.1	Uso e ocupação do solo no ano de 1995.....	52
4.1.2	Uso e ocupação do solo no ano de 2018.....	54
4.1.3	Dinâmica do uso e ocupação do solo ao nível do domínio entre 1995 e 2018	56
4.1.4	Dinâmica de uso e ocupação ao nível da composição dos povoamentos florestais entre 1995 e 2018.....	59
4.2	Modelação da aptidão para a produção florestal.....	63
4.2.1	Restrições.....	63
4.2.2	Aptidão ecológica	64
4.2.3	Impacte ambiental	66
4.2.4	Rendimento económico	67
4.2.5	Aptidão para a produção florestal	68
4.2.6	Análise de sensibilidade aos pesos	69
Capítulo V – Conclusões		72
Referências bibliográficas		74

Índice de figuras

Figura 1 - Mapa das áreas ardidas no dia 15 de outubro de 2017.	2
Figura 2 - Evolução das espécies florestais na Região Centro entre 1995 e 2018.	3
Figura 3 - Matriz geral para a comparação de dois mapas em dois momentos distintos no tempo.	5
Figura 4 - Exemplo de uma árvore de valores.	8
Figura 5 - Exemplo da construção das funções de valor unidimensionais.	9
Figura 6 - Mapa do enquadramento geográfico do concelho de Vila Nova de Poiares.	11
Figura 7 - Mapa da hipsometria.	12
Figura 8 - Mapa de declives.	13
Figura 9 - Mapa de exposições.	14
Figura 10 - Mapa da hidrografia.	15
Figura 11 - Mapa do tipo de solo.	16
Figura 12 - Mapa da profundidade do solo.	17
Figura 13 - Mapa da textura do solo.	18
Figura 14 - Mapa do pH do solo.	19
Figura 15 - Mapa da temperatura média anual.	20
Figura 16 - Valores médios mensais da temperatura mínima, média e máxima no período 1971-2000.	20
Figura 17 - Mapa da precipitação média anual.	21
Figura 18 - Valores médios mensais da precipitação no período 1971-2000.	22
Figura 19 - Mapa dos meses secos.	23
Figura 20 - Mapas da fauna e flora.	24
Figura 21 - Mapa do perímetro florestal.	24
Figura 22 - Mapa da rede viária florestal (RVF).	25
Figura 23 - Mapa das faixas de gestão de combustível (FGC).	26
Figura 24 - Mapa da perigosidade de incêndio florestal.	27
Figura 25 - Diagrama de árvore de valores para a modelação da aptidão para a produção florestal.	33
Figura 26 - Ilustração do desenvolvimento do critério da aptidão ecológica.	36
Figura 27 - Ilustração do desenvolvimento do critério de impacto ambiental.	37
Figura 28 - Classificação dos cursos de água segundo o método de Strahler.	38
Figura 29 - Gráfico da função de valor da distância das linhas de água.	39
Figura 30 - Esquema para a correção do MDT e determinação dos modelos hidrológico no software Arcgis.	43
Figura 31 - Processo de obtenção do comprimento da vertente (λ) no software Arcgis.	43
Figura 32 - Cálculo do expoente m no software Arcgis.	44

Figura 33 - Ilustração do desenvolvimento da erosão específica do solo.	45
Figura 34 - Gráfico da função de valor do risco de erosão hídrica do solo.....	46
Figura 35 - Ilustração do desenvolvimento do critério de rendimento económico.	46
Figura 36 - Gráfico da função de valor do declive.	47
Figura 37 - Gráfico da função de valor da rede viária.....	48
Figura 38 - Mapa de uso e ocupação do solo (nível 1) em 1995.....	52
Figura 39 - Mapa da ocupação florestal (nível 4) em 1995.....	53
Figura 40 - Mapa de uso e ocupação do solo (nível 1) em 2018.....	54
Figura 41 - Mapa da ocupação florestal (nível 4) em 2018.....	55
Figura 42- Perdas e ganhos nas classes de uso e ocupação do solo entre 1995 e 2018..	58
Figura 43 - Perdas e ganhos nas classes de uso e ocupação do solo e da ocupação florestal entre 1995 e 2018.	61
Figura 44 - Evolução do uso e ocupação do solo entre 1995 e 2018 em Portugal Continental.	62
Figura 45 - Mapa das restrições da produção florestal.....	63
Figura 46 - Mapa da aptidão ecológica.	65
Figura 47 - Mapa do impacte ambiental.....	66
Figura 48 - Mapa do rendimento económico.	67
Figura 49 - Mapa da aptidão para a produção florestal.	68
Figura 50 - Mapas da aptidão para a produção florestal – análise de sensibilidade aos pesos.	70

Índice de tabelas

Tabela 1 - Freguesias do concelho de Vila Nova de Poiares.....	10
Tabela 2 - Área e percentagem ocupada por classe hipsométrica.	12
Tabela 3 - Área e percentagem ocupada por classes de declive.	13
Tabela 4 - Área e percentagem ocupada por classes de exposição.	15
Tabela 5 - Área e percentagem ocupada por tipo de solo.....	16
Tabela 6 - Área e percentagem ocupada por classes de profundidade do solo.	17
Tabela 7 - Área e percentagem ocupada por classes de textura do solo.....	18
Tabela 8 - Comprimento e percentagem por classes de Rede Viária Florestal.	26
Tabela 9 - Área e percentagem ocupada por tipo de faixa de gestão de combustível. ...	27
Tabela 10 - Área e percentagem ocupada por classes de textura do solo.....	28
Tabela 11 - Uniformização das classes de uso e ocupação do solo ao nível do domínio (N1) entre 1995 e 2018.	30
Tabela 12 - Uniformização das classes de uso e ocupação do solo ao nível da composição dos povoamentos florestais (N4) entre 1995 e 2018.	30
Tabela 13 - Reclassificação do tipo de solo.	37
Tabela 14 - Reclassificação da perigosidade de incêndio florestal.	39
Tabela 15 - Valores de erodibilidade do solo.	41
Tabela 16 - Valores de C associados ao uso e ocupação do solo segundo Pimenta (1999).	41
Tabela 17 - Classificação da perda do solo associada ao risco de erosão hídrica.	45
Tabela 18 - Reclassificação do uso e ocupação do solo.	48
Tabela 19 - Peso atribuído às variáveis para a aptidão ecológica.	49
Tabela 20 - Peso atribuído às variáveis para o impacte ambiental.	49
Tabela 21 - Peso atribuído às variáveis para o rendimento económico.....	50
Tabela 22 - Peso atribuído aos critérios para a aptidão da produção florestal.	50
Tabela 23 - Peso atribuído aos critérios – Rendimento económico.	51
Tabela 24 - Peso atribuído aos critérios – Impacte ambiental.	51
Tabela 25 - Área e percentagem ocupada por classe de uso e ocupação do solo (nível 1) em 1995.	52
Tabela 26 - Área e percentagem ocupada por classe de ocupação florestal (nível 4) em 1995.	53

Tabela 27 - Área e percentagem ocupada por classe de uso e ocupação do solo (nível 1) em 2018.	54
Tabela 28 - Área e percentagem ocupada por classe de ocupação florestal (nível 4) em 2018.	55
Tabela 29 - Matriz de transição de usos e ocupações do solo entre 1995 e 2018 (área em ha).	57
Tabela 30 - Matriz de transição dos domínios do uso do solo e da ocupação florestal entre 1995 e 2018.	60
Tabela 31 - Área e percentagem ocupada pelas restrições.	63
Tabela 32 - Área e percentagem de eucalipto existente nas restrições.	64
Tabela 33 - Área e percentagem da aptidão ecológica.	65
Tabela 34 - Área e percentagem do impacte ambiental.	67
Tabela 35 - Área e percentagem do rendimento económico.	68
Tabela 36 - Área e percentagem da aptidão para a produção florestal.	69
Tabela 37 - Área e percentagem da análise de sensibilidade.	71

Lista de abreviaturas

AIGP – Áreas Integradas de Gestão da Paisagem

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

cm – Centímetros

CMDFCI - Comissão Municipal de Defesa da Floresta Contra Incêndios

CNREN - Comissão Nacional da Reserva Ecológica Nacional

CNT – Comissão Nacional do Território

COS – Carta de Uso e Ocupação do Solo

DFCI – Defesa da Floresta Contra Incêndios

DGT – Direção-Geral do Território

DGADR – Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural

DRAPC - Direção Regional de Agricultura e Pescas do Centro

EUPS – Equação Universal de Perda do Solo

FGC – Faixas de gestão de combustível

ha - Hectares

ICNF, I.P. - Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, I.P.

IFN – Inventário Florestal Nacional

IPMA, I.P. – Instituto Português do Mar e da Atmosfera, I.P.

km - Quilómetros

m – Metros

MDT – Modelo Digital do Terreno

mm – Milímetros

NetCDF - *Network Common Data Form*

NUTS - Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos

PDM – Plano Diretor Municipal

PGF - Plano de Gestão Florestal

PROF – Plano Regional de Ordenamento Florestal

PROF CL – Plano Regional de Ordenamento Florestal Centro Litoral

Pse – Perda específica do solo

RVF – Rede Viária Florestal

SDR - Razão de Cedência dos Sedimentos

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SNiamb – Sistema Nacional de Informação de Ambiente

SNIS – Sistema Nacional de Informação do Solo

SRH – Sub-Região Homogénea

WLS – *Weighted Linear Combination*

ZEC – Zona Especial de Conservação

ZPE – Zona de Proteção Especial

Agradecimentos

Nesta dissertação pretendo agradecer a todos aqueles que me ajudaram, apoiaram e sempre acreditaram em mim e na minha força para concretizar este objetivo.

Em primeiro lugar queria agradecer à Professora Doutora Maria Beatriz Machado Fidalgo pela disponibilidade e apoio prestado indispensável para a realização da dissertação.

À instituição que me acolheu durante estes últimos anos. A todos os professores, mestres e doutores que partilharam comigo os seus conhecimentos.

Um agradecimento a todos os meus amigos e aos meus colegas de trabalho que sempre me apoiaram e incentivaram.

Agradeço ainda ao meu padrinho e aos meus avós que embora não estejam presentes fisicamente são a estrela que me guia.

Aos meus pais agradeço todo o apoio incondicional, dedicação e carinho. Por estarem sempre do meu lado, e me darem coragem para erguer os braços e lutar pelos meus objetivos, ambições e desejos.

Resumo

A presente dissertação, pretende estudar, de forma mais aprofundada, a problemática da expansão do eucalipto, através da análise da evolução do uso e ocupação do solo entre 1995 e 2018, bem como, verificar se esta espécie se encontra nos locais com melhor aptidão.

Através deste estudo, foi possível concluir que, entre 1995 e 2018, ocorreram alterações significativas na paisagem. Ao nível do domínio, nível 1 da Carta de Uso e Ocupação do Solo, destaca-se o aumento da floresta, resultado da conversão de matos e de agricultura. Relativamente à composição dos povoamentos florestais, evidencia-se a expansão do eucalipto, resultado da transferência das classes dos matos e da agricultura e da reconversão das florestas de pinheiro-bravo e de outras folhosas.

No que diz respeito aos resultados da aptidão para a produção florestal, constatou-se que, 25,8% da área total do concelho apresenta aptidão favorável e 24,5% têm aptidão condicionada, sendo que a maioria destas áreas (75%) encontra-se atualmente ocupada por eucalipto, embora sejam locais menos adequados. A restante área, 49,7%, coincide com as restrições, e apesar de ser considerado inadequado do ponto de vista do ordenamento do território e não ser legalmente permitido, o eucalipto encontra-se presente em 32,5%.

Palavras-chave: evolução da paisagem, aptidão para a produção florestal, eucalipto.

Abstract

This dissertation aims to study, in more depth, the problem of eucalyptus expansion, through the analysis of the evolution of land use and occupation, between 1995 and 2018, as well as verifying whether this species is found in the best suitable locations.

Through this study, it was possible to conclude that, between 1995 and 2018, significant changes occurred in the landscape. At the domain level, level 1 of the Land Use and Occupation Cartography's, stands out the forest's increase, resulting of the undergrowth's and agriculture's conversion. Regarding the composition of forest stands, the expansion of eucalyptus is evident, as a result of the transfer of forest and agricultural classes and the conversion of maritime pine and other hardwood forests.

Analysing the results of forestry production suitability, it was found that 25,8% of the total area of the municipality has favorable suitability and 24,5% has conditional suitability, with the majority of these areas (75%) being currently occupied by eucalyptus, although these are less suitable locations. The remaining area, 49,7%, coincides with the restrictions, and despite being considered inappropriate from the point of view of territorial planning and not being legally permitted, eucalyptus is present in 32,5%.

Keywords: landscape evolution; suitability forestry production suitability; eucalyptus

Capítulo I

1.1. Introdução

As paisagens florestais são dinâmicas, isto é, o uso e ocupação do solo encontram-se em constante mudança, acompanhando as condições naturais e sociais que os envolve. A crescente capacidade humana de modificar a paisagem levanta preocupações sobre as consequências que estas mudanças trarão para o bem-estar do ser humano e da natureza (García-Martínez *et al.*, 2020). Estas modificações foram aumentando gradualmente ao longo dos últimos anos, resultado da evolução histórica da humanidade e da necessidade de garantir a satisfação das suas necessidades.

Em Portugal, as alterações da paisagem mais significativas resultam da fragmentação da propriedade e do abandono por parte dos proprietários. Estes, descendentes de antigos proprietários e/ou produtores florestais, deslocaram-se para as grandes áreas metropolitanas para procurarem melhores condições de vida, resultando na perda de contacto com a atividade florestal (Eira, 2021). Adicionalmente, a inexistência de gestão florestal e a consequente elevada carga dos combustíveis, tem favorecido o aumento considerável de ocorrência de incêndios florestais cada vez mais severos, e que afetam o nosso país nos meses mais quentes.

Os incêndios que se desenvolveram no território de Portugal Continental, no ano de 2017, constituíram um dos eventos mais graves e significativos desde que há registo em Portugal (Viegas *et al.*, 2019). Segundo os dados disponíveis no geocatalogo do Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF, I.P) (2023), foram registadas um total de 2 765 ocorrências, que resultaram em 561 009 hectares (ha) de área ardida. Da totalidade da área ardida, 51% (285 299 ha) foi fustigada apenas no dia 15 de outubro.

A área percorrida pelos incêndios, nesse dia e num período de poucas horas, atingiu praticamente todo o Centro de Portugal, desde o litoral até à fronteira com Espanha (figura 1), provocando vítimas mortais, centenas de feridos, sérios impactes económicos e sociais e uma elevada destruição patrimonial e ambiental.

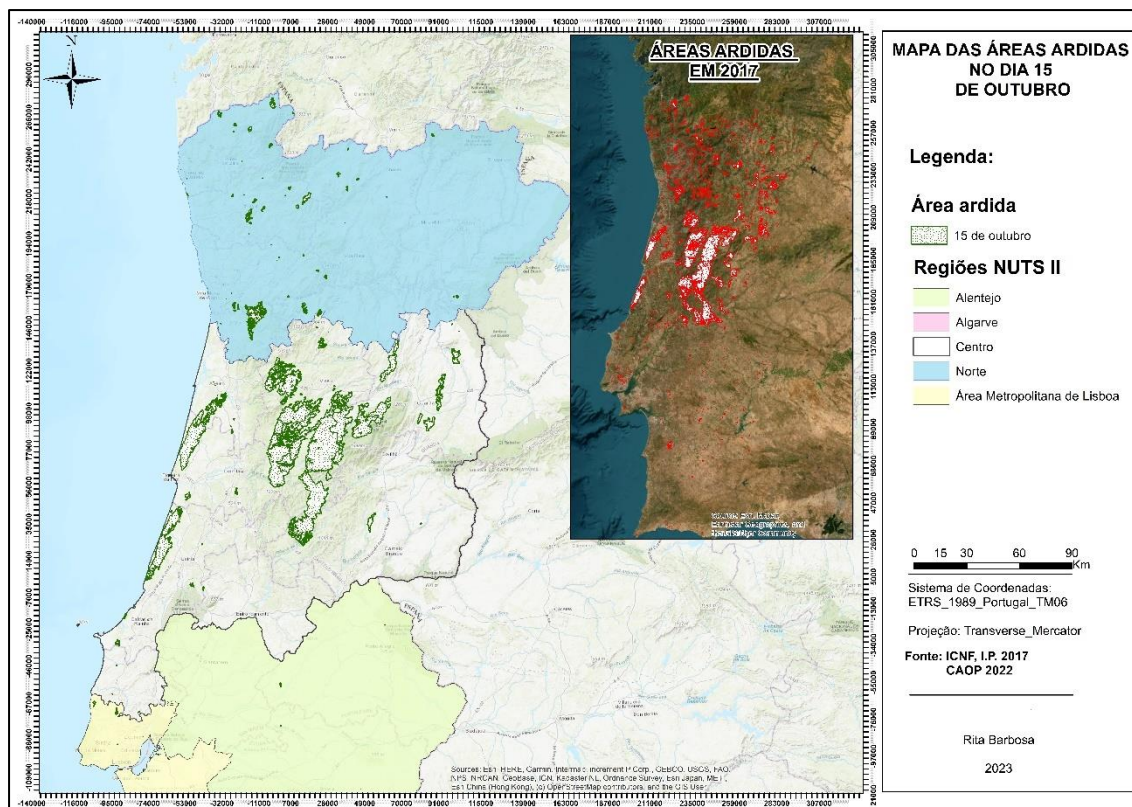


Figura 1 - Mapa das áreas ardidas no dia 15 de outubro de 2017.

Uma das soluções da problemática dos incêndios, independentemente da sua dimensão, passa pela gestão adequada e responsável do uso do solo e do espaço rural, incluindo a floresta (INIAV, 2022).

Atualmente, e de acordo com o 6.º Inventário Florestal Nacional (IFN) do ICNF, I.P. (2019), a floresta tem uma enorme expressão territorial, representando 36% (3,2 milhões de ha) do território nacional. No entanto, é na região centro que esta expressão é maior, onde um conjunto significativo de municípios contíguos apresenta uma ocupação superior a 60%, ocupada na sua maioria por pinheiro-bravo e eucalipto (DGT, 2020). No período temporal de 1995 a 2018, e de acordo com a figura 2, o eucalipto foi a espécie que mais expandiu a sua área nesta região, desta forma, e apesar da fragmentação das propriedades, as paisagens florestais são muito homogêneas, o que contribui para a diminuição da resiliência contra os incêndios florestais e a redução da biodiversidade.

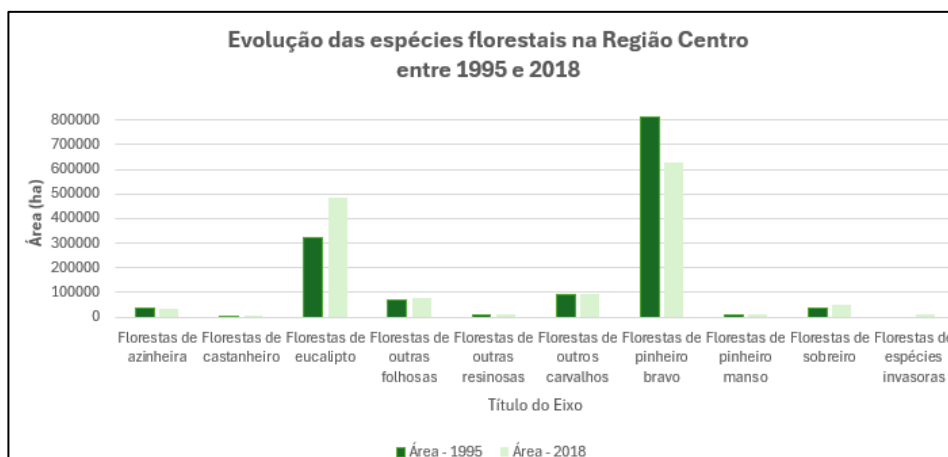


Figura 2 - Evolução das espécies florestais na Região Centro entre 1995 e 2018.

Após os incêndios acima referidos, as pessoas consciencializaram-se que havia na região centro um grave problema relacionado com a ocupação florestal, nomeadamente a homogeneidade da paisagem, resultado de povoamentos contínuos de eucalipto. Consequentemente, houve uma reforma florestal com a introdução de várias alterações legislativas para impedir a sua expansão.

O Decreto-Lei n.º 96/2013, de 19 de julho, com as alterações introduzidas com a Lei n.º 77/2017, de 17 de agosto, com o Decreto-Lei n.º 12/2019, de 21 de janeiro e com o Decreto-Lei n.º 32/2020, de 1 de julho, que estabelece o regime jurídico aplicável às ações de arborização e rearborização, destaca que “(...) estão sujeitas a autorização do ICNF, I.P. as ações de arborização e rearborização com recurso a espécies do género *Eucalyptus spp.*”. O Artigo 3.ºA, refere que “não são permitidas ações de arborização com eucalipto e as ações de rearborização só são permitidas quando a ocupação anterior constitui um povoamento puro ou misto dominante de espécies do mesmo género.”

Adicionalmente, as normas estabelecidas nos Planos Regionais de Ordenamento do Território (PROF) e que devem ser tidas em consideração nos Planos Diretores Municipais (PDM) e nos Planos de Gestão Florestal (PGF), vinculam diretamente os limites de área a ser ocupada por eucalipto (Marcos, 2019).

Nesta perspetiva e neste enquadramento, a presente dissertação pretende analisar a evolução do eucalipto na região centro, especificamente no concelho de Vila Nova de Poiares. Será estudada a evolução do uso e ocupação do solo, no período temporal entre 1995 e 2018, e modelada a aptidão para a produção intensiva, doravante designada por aptidão para a produção florestal, com a finalidade de se verificar se o eucalipto se encontra nos locais com melhor aptidão.

1.2 Objetivos

O objetivo geral da presente dissertação é o desenvolvimento de contribuições para o planeamento e gestão da paisagem, no concelho de Vila de Poiares. Pretende-se estudar, de forma mais aprofundada, a problemática da expansão do eucalipto e verificar se esta espécie se encontra nos locais com aptidão ideal.

Trata-se de um trabalho à escala da paisagem, por forma a ser possível detetar problemas como o elevado risco de incêndio e a falta de diversidade de espécies. Do ponto de vista da paisagem, um concelho é uma boa área para estudar porque está organizado administrativamente, tem uma unidade de gestão e estão realizados e publicados os instrumentos de planeamento.

Foram definidos dois objetivos específicos:

- Estudar a evolução da paisagem, no concelho de Vila Nova de Poiares, através da observação da evolução do uso e ocupação do solo ao nível do domínio e da composição dos povoamentos florestais, entre 1995 e 2018;
- Modelar a aptidão para a produção florestal no concelho.

1.3 Enquadramento teórico

1.3.1 Evolução do uso do e ocupação do solo com matrizes de transição

O método analítico descrito por Pontius *et al.* (2004), com o objetivo de avaliar a evolução do uso e ocupação do solo, recomenda a obtenção dos mapas correspondentes aos dois momentos distintos no tempo, seguido da contabilização e registo das mudanças em matrizes de transição (Lourenço *et al.*, 2008).

Estas matrizes são o ponto de partida essencial para se identificar as alterações mais significativas, representando a superfície em percentagem ou hectares, das mudanças que ocorreram em cada classe de uso do solo, bem como, o uso do solo que persiste em cada classe desde o momento inicial até ao momento final (Pontius *et al.*, 2004). É, portanto, uma ferramenta que permite observar as futuras transições, evidenciando as mudanças mais significativas que ocorreram, a sua extensão e obter as dinâmicas que estão na origem dessas transições. Na figura 3, encontra-se o modelo de uma matriz de transição.

		Momento 2				Total momento 1	Perdas
		Classe 1 (j)	Classe 2 (j+1)	Classe 3 (j+2)	Classe 4 (j+3)		
Momento 1	Classe 1 (i)	A_{11}	A_{12}	A_{13}	A_{14}	$\sum_{j=1}^n A_{1j}$	$\sum_{j=1}^n A_{1j} - A_{11}$
	Classe 2 (i+1)	A_{21}	A_{22}	A_{23}	A_{24}	$\sum_{j=1}^n A_{2j}$	$\sum_{j=1}^n A_{2j} - A_{22}$
	Classe 3 (i+2)	A_{31}	A_{32}	A_{33}	A_{34}	$\sum_{j=1}^n A_{3j}$	$\sum_{j=1}^n A_{3j} - A_{33}$
	Classe 4 (i+3)	A_{41}	A_{42}	A_{43}	A_{44}	$\sum_{j=1}^n A_{4j}$	$\sum_{j=1}^n A_{4j} - A_{44}$
Total momento 2		$\sum_{i=1}^n A_{i1}$	$\sum_{i=1}^n A_{i2}$	$\sum_{i=1}^n A_{i3}$	$\sum_{i=1}^n A_{i4}$	$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n A_{ij} = \sum_{j=1}^n A_{jj} = A_T$	
Ganhos		$\sum_{i=1}^n A_{i1} - A_{11}$	$\sum_{i=1}^n A_{i2} - A_{22}$	$\sum_{i=1}^n A_{i3} - A_{33}$	$\sum_{i=1}^n A_{i4} - A_{44}$		

Figura 3 - Matriz geral para a comparação de dois mapas em dois momentos distintos no tempo.
(Fonte: Pontius *et al.* citado por Lourenço *et al.*, 2008).

A notação A_{ij} representa a alteração do uso do solo da classe i (ano de 1995) para a classe j (ano de 2018). As classes i , que se encontram nas linhas, correspondem aos valores no momento 1 (1995) e as classes j , que se encontram nas colunas, aos valores no momento 2 (2018). Na diagonal descende da matriz (A_{jj}), destacada com a cor azul,

encontram-se os valores do uso do solo que se mantiveram, do ponto de vista geográfico e espacial, entre os dois anos.

Na coluna designada de “Total momento 1”, a notação $\sum_{j=1}^n A_{ij}$, representa o total da classe 1, ou seja, o somatório de todos os valor A_{ij} ao longo da classe i (1995). De forma análoga, na linha “Total momento 2”, a notação $\sum_{i=1}^n A_{il}$, corresponde à soma de todos os valores A_{ij} ao longo da classe j (2018).

A linha “Ganhos”, calculada através da diferença entre o total da coluna (“Total Momento 2”) e a persistência para o uso do solo correspondente, representa o total de ganhos relativos a uma dada classe j entre os momentos 1 e 2. Ou seja, representa o aumento da área de uma determinada ocupação existente do momento inicial para o final.

Por sua vez, a coluna “Perdas”, calculada através da diferença entre o total da linha (“Total Momento 1”) e a persistência para cada classe correspondente, apresenta o total das perdas relativas de uma determinada classe de uso do solo i , entre os momentos 1 e 2. Isto é, traduz a diminuição de área de uma determinada classe de ocupação existente no momento inicial, que dará lugar a outro tipo de uso no final do período de análise.

A diferença entre os ganhos e as perdas é designada de “balanço”. Trata-se de um indicador útil, no entanto, a falta de balanço não indica que não ocorreu mudanças na paisagem. Segundo Pontius *et al.* (2004), é possível que ocorra a mudança de localização de uma determinada classe de uso entre o momento 1 e o momento 2, enquanto que, permanece a mesma quantidade. Exemplificando: A quantidade de perda de floresta de folhosas num local, pode ser acompanhada pela mesma quantidade de ganho de floresta de folhosas noutro local.

1.3.2 A modelação da aptidão com análise multicritério

Os espaços florestais desempenham funções que geram um conjunto alargado de bens e serviços, nomeadamente, a produção de produtos com valor económico, a conservação de espécies e habitats, o recreio e outros serviços culturais. Muitos destes bens e serviços podem ser proporcionados no mesmo espaço, porque as funções dos ecossistemas que estão na sua origem são compatíveis, no entanto, por vezes, as funções que geram a produção de determinados bens e serviços são incompatíveis, o que obriga à segregação do espaço (Fidalgo, 2016).

Neste enquadramento, surge a necessidade de ordenar os espaços florestais, de acordo com a capacidade que cada território tem para uma determinada aptidão. Segundo Cancela d'Abreu (1989), a aptidão define para um determinado território a capacidade que uma função apresenta para fornecer determinados bens e/ou serviços, de forma equilibrada com o meio ambiente e as comunidades humanas. Para a sua avaliação é necessário utilizar uma metodologia multicritério, que permita considerar várias alternativas de acordo com critérios quantificáveis, com peso ou importância relativa diferentes (Deng *et al.*, 2002).

O modelo da soma linear ponderada (WLC, “*Weighted Linear Combination*”), um dos métodos da análise de decisão multicritério, é um modelo muito versátil bastante utilizado nos estudos de aptidão do ordenamento florestal, e permite avaliar diferentes alternativas, com o objetivo de ajudar o decisor na tomada de decisão (Malczewski, 2004).

Tem como principal vantagem a utilização de critérios classificados numa escala mensurável, ou seja, qualitativos ou quantitativos (Kienast *et al.*, 2009), bem como, a utilização combinada das potencialidades dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para o desenvolvimento de atributos espacialmente explícitos, com a capacidade de síntese multicritério (Chaves, 2020).

Os critérios são organizados numa estrutura hierárquica, denominada de diagrama de árvore de valores (Figura 4), e encontram-se ligados diretamente ao objetivo.

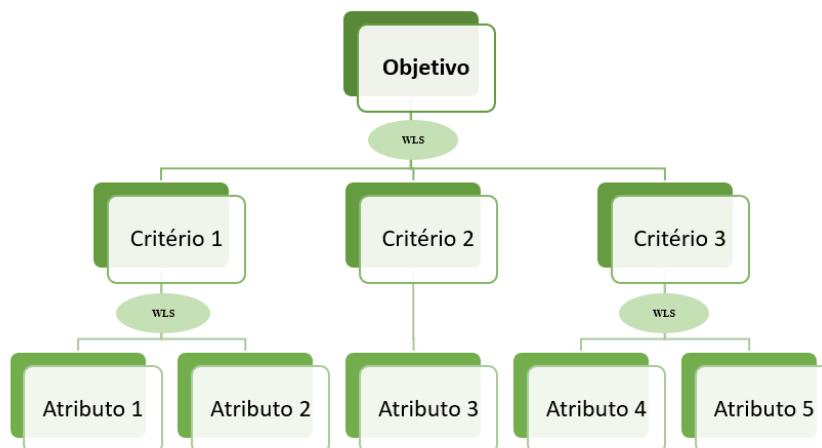


Figura 4 - Exemplo de uma árvore de valores.

De acordo com esta estrutura, o objetivo geral, ou seja, o desejo ou preocupação do decisor, ocupa o nível superior. Nos níveis intermédios seguintes, esse objetivo é decomposto em critérios mais específicas com o propósito de diminuir a complexidade da análise. No nível inferior, encontram-se os atributos, isto é, as características mensuráveis das alternativas.

Cada um dos atributos necessita de ser desenvolvido e especificado, através de ferramentas de geoprocessamento dos SIG, por forma a conferir-lhes uma dimensão espacial geográfica e garantir que se expressam numa escala quantitativa ou ordinal. Posteriormente são agregados em famílias de critérios, de baixo para cima, até se atingir o nível superior da hierarquia, neste caso, o objetivo. Sempre que se unem dois ou mais critérios, na árvore de valores, existe uma regra de decisão ou de agregação de acordo com as preferências do decisor. No modelo da WLS, estas preferências são incluídas através das funções de valor unidimensionais para cada um dos atributos e do vetor de pesos (Fidalgo, 2016).

A função de valor consiste numa representação matemática das preferências do decisor, e a sua base conceptual é sempre a mesma: utilizar uma escala de 0 e 1 ou entre 0 e 100, sendo necessário definir primeiramente os dois valores âncora. Segundo Beinat (1997) e Kangas *et al.* (2008), o primeiro valor âncora representa o ponto inicial da escala da função de valores, correspondendo ao atributo com menor valor para o decisor e o segundo valor âncora, o ponto final da escala da função de valores, ou seja, o atributo com maior valor para o decisor. A fixação destes dois valores permitirá estabelecer um termo de comparação para valorizar os restantes valores da escala original dos atributos.

De acordo com Malczewski (2000) e Kangas, *et al.* (2008), na prática da utilização do modelo WLS, o procedimento mais comum é o da normalização linear da escala dos atributos, o que corresponde a assumir que a função de valor é linear, apesar de se ter conhecimento que as preferências são frequentemente não lineares (figura 5).

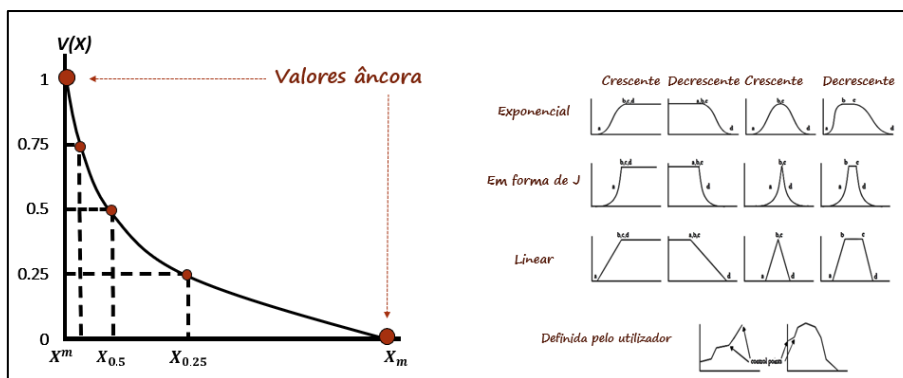


Figura 5 - Exemplo da construção das funções de valor unidimensionais.
Fonte: Fidalgo, 2016.

Na construção do vetor de pesos, define-se o peso como um coeficiente que expressa a importância que um determinado critério apresenta relativamente ao conjunto de outros critérios considerados na avaliação, desta forma, quanto maior for o peso atribuído, maior é a importância do critério na determinação do valor global da alternativa (Fidalgo, 2016).

Capítulo II – Caracterização da área de estudo

2.1 Enquadramento geográfico

O concelho de Vila Nova de Poiares encontra-se administrativamente integrado no distrito de Coimbra, Região de Coimbra (NUTS III) e enquadra-se na Região Centro (NUTS II) de Portugal Continental (NUTS I).

Para além do mencionado, integra a Direção Regional de Agricultura e Pescas do Centro (DRAPC), e segundo os estatutos do ICNF, I.P., o Departamento de Conservação da Natureza e Florestas do Centro.

Importa ainda, indicar que, no que respeita ao Programa Regional de Ordenamento Florestal (PROF), o concelho situa-se na região do PROF Centro Litoral (PROF CL), na Sub-Região Homogénea (SRH) da Floresta da Beira Serra.

Vila Nova de Poiares é o concelho mais pequeno do distrito de Coimbra com 8 445,3 ha divididos por quatro freguesias: São Miguel de Poiares, Arrifana, Poiares (Santo André) e Lavegadas, conforme se pode verificar na tabela 1.

Tabela 1 - Freguesias do concelho de Vila Nova de Poiares.

Freguesia	Área (ha)
São Miguel de Poiares	2 053,9
Arrifana	2 384,3
Poiares (Santo André)	2 880,7
Lavegadas	1 126,4

É delimitado a Norte pelo concelho de Penacova, a Sul pela Lousã, a Este por Arganil, a Sudeste por Góis, a Oeste por Coimbra e a Sudoeste por Miranda-do-Corvo. Relativamente à acessibilidade, tem como principais acessos a Estrada da Beira (EN17) e o IP3.

Na figura 6, encontra-se o posicionamento do concelho de Vila Nova de Poiares ao nível do distrito de Coimbra, evidenciando-se, igualmente, o posicionamento dos concelhos limítrofes anteriormente referidos.

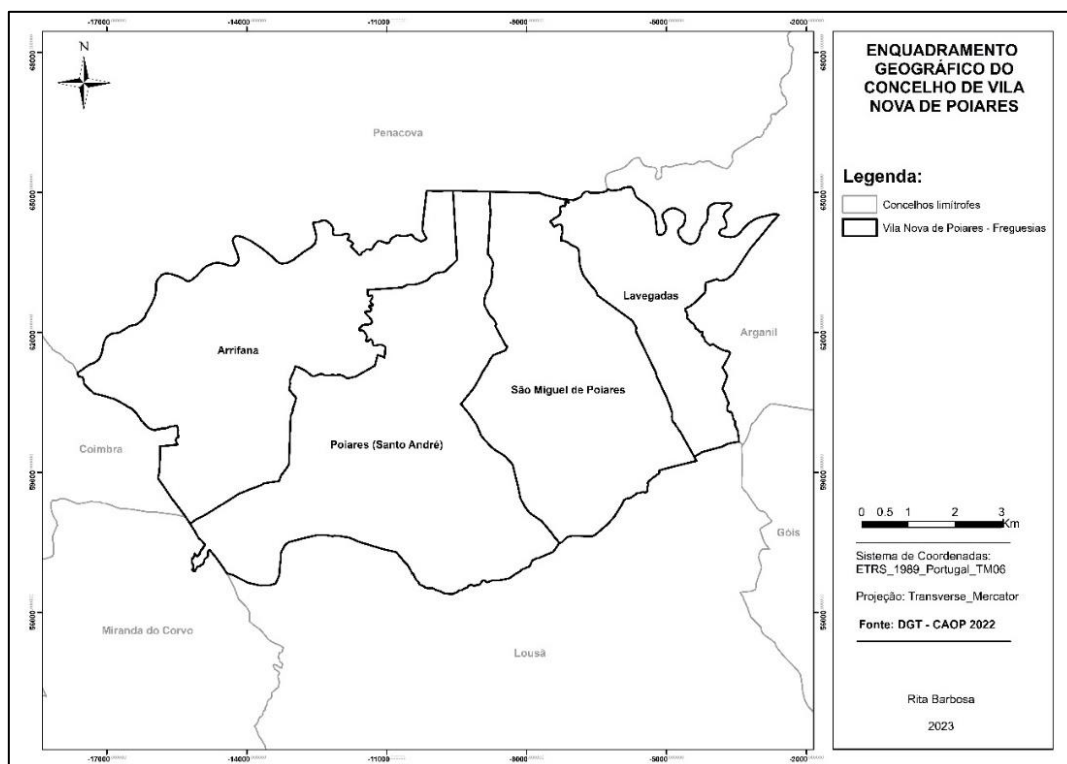


Figura 6 - Mapa do enquadramento geográfico do concelho de Vila Nova de Poiares.

2.2 Caracterização biofísica

2.2.1 Hipsometria

Vila Nova de Poiares apresenta grande diversidade altimétrica, com variações dos 30 metros no fundo do vale, ao longo do Rio Mondego, até aos 458 metros na Serra do Carvalho, localizada na vertente Oeste do concelho.

A Este, encontra-se outra zona de relevos acentuados denominada pela Serra do Bidueiro e a Serra de São Pedro Dias, atingindo cerca de 450 metros. No centro, predomina a zona Plana, com altitudes que variam entre os 100 e os 200 metros, compreendendo aproximadamente a totalidade da freguesia de Poiares (Santo André) e as áreas adjacentes das freguesias de Arrifana e de São Miguel de Poiares. Foi nesta zona que se desenvolveu a vila de Vila Nova de Poiares (CMDFCI, 2020) (figura 7).

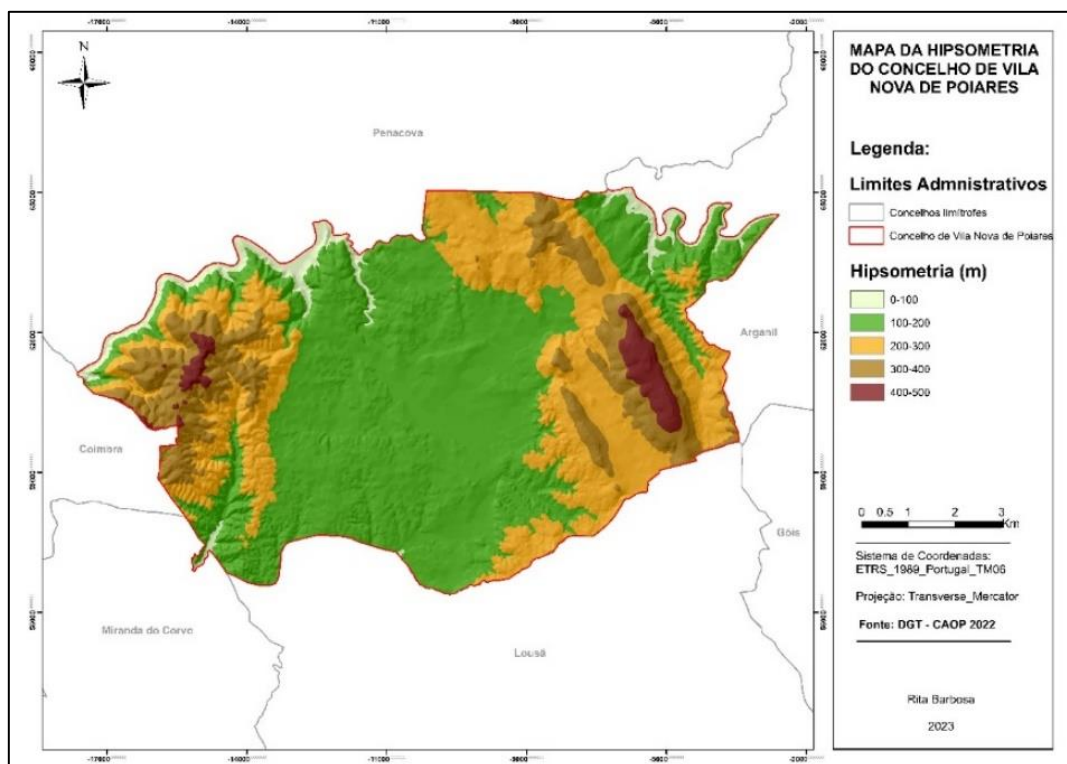


Figura 7 - Mapa da hipsometria.

Relativamente à repartição da hipsometria por classes, analisando a tabela 2, verifica-se que os valores de altitude variam entre os 0 e os 500 m.

Tabela 2 - Área e percentagem ocupada por classe hipsométrica.

Hipsometria (m)	Área (ha)	% Área total
0 - 100	322,0	3,8
100 - 200	4 525,8	53,6
200 - 300	2 318,4	27,5
300 - 400	1 060,4	12,6
400 - 500	218,7	2,6

A classe de altimetria com maior representatividade situa-se entre os 100 e os 200 m, com 4 525,8 ha, correspondendo a 53,6% do território. Segue-se a classe altimétrica dos 200 aos 300 m, que corresponde a cerca de 27,5% do concelho (2 318,4 ha). Em oposição, verifica-se que a classe com menor representatividade é a das altitudes dos 400 aos 500 m, que ocupa apenas 2,6% da área (218,7 ha).

2.2.2 Declive

Analisando o mapa de declives, figura 8, verifica-se que as zonas com orografia mais acidentada, declives superiores a 45%, localizam-se ao longo do Rio Mondego e do Rio Alva, nas serras a Este denominadas por Serra do Bidueiro e Serra de São Pedro Dias, e a Oeste na Serra do Carvalho, coincidindo com as zonas de cotas mais elevadas.

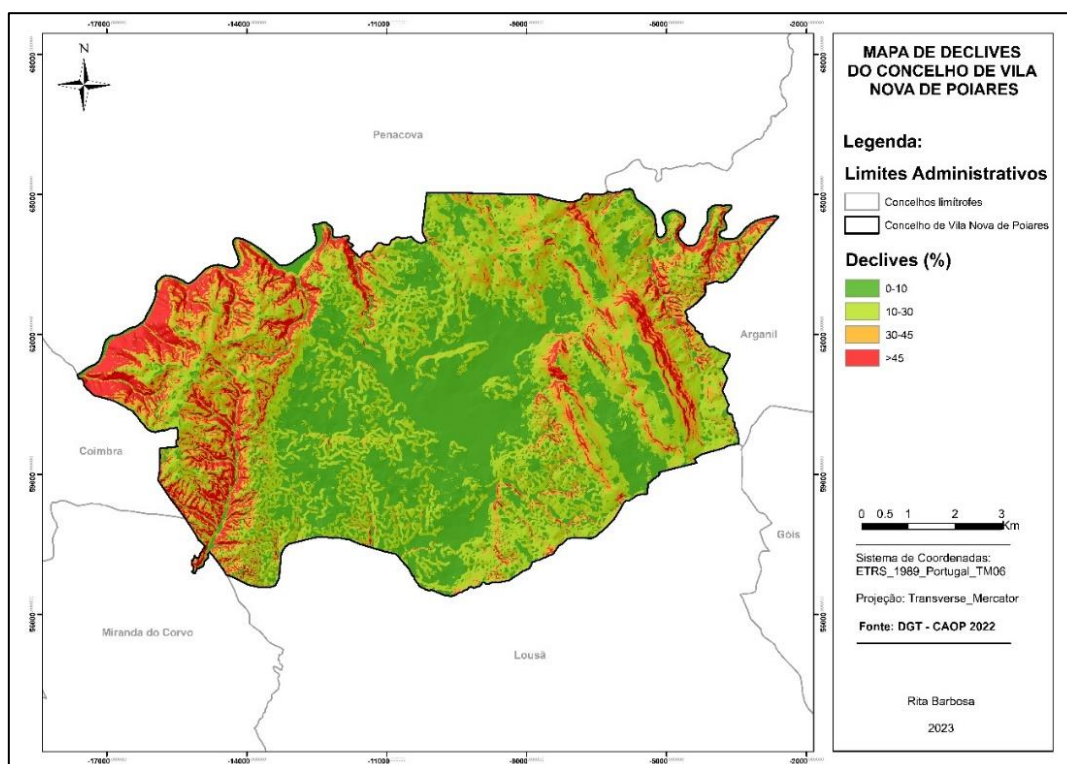


Figura 8 - Mapa de declives.

De acordo com a tabela 3, verifica-se que 35,6% da área do concelho apresenta declives entre os 0 e os 10%, coincidindo maioritariamente com as áreas sociais e agrícolas.

Tabela 3 - Área e percentagem ocupada por classes de declive.

Declive	Área (ha)	% Área total
0 – 10	3 007,5	35,6
10 – 30	3 176,7	37,6
30 – 45	1 293,1	15,3
> 45	968,0	11,5

A classe de declives entre os 10 e os 30%, representam 37,6% do território, correspondendo a 3 176,7 ha. A classe seguinte, com declives entre os 30 e os 45%, ocupam 1 293,1 ha (15,3%).

2.2.3 Exposição

No setor florestal as exposições com maior relevância são a Norte e a Sul. A exposição virada a Sul encontra-se mais exposta a raios solares e consequentemente apresenta maior risco de incêndio. A vegetação associada a este tipo de exposição é mais seca, com menor teor de humidade, baixa em matéria orgânica e retenção de água. Contrariamente, a exposição Norte não se encontra tão exposta aos raios solares, sendo geralmente mais húmida e com maior probabilidade de formação de geadas.

Para a análise das exposições foram adotadas 5 classes, correspondentes às situações de terreno plano e às orientações principais.

Na figura 9 encontra-se o mapa de exposições, onde se verifica uma distribuição homogénea das diferentes vertentes.

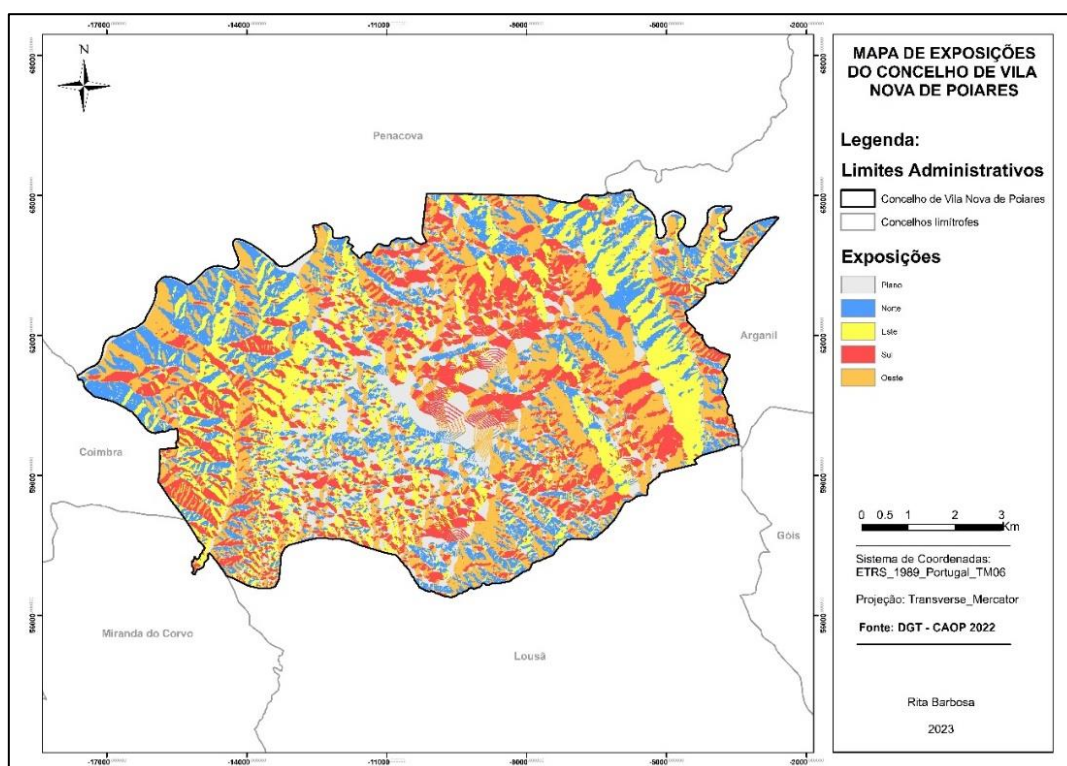


Figura 9 - Mapa de exposições.

Considerando a tabela 4, observa-se que o concelho apresenta predominantemente encostas expostas a Oeste, em 24% da área (2 024,4 ha).

Tabela 4 - Área e percentagem ocupada por classes de exposição.

Exposição	Área (ha)	% Área total
Plano	1 262,5	14,9
Norte	1 586,2	18,8
Este	1 802,8	21,3
Sul	1 769,4	21,0
Oeste	2 024,4	24,0

A vertente menos representativa é a Plana, com cerca de 14,9% de ocupação total, localizando-se maioritariamente nas áreas sociais.

2.2.4 Hidrografia

O concelho encontra-se inserido na bacia hidrográfica do Mondego, que corresponde ao seu limite na vertente Noroeste. A Nordeste, é delimitado pelo Rio Alva e a Sul pelo Rio Ceira, outros afluentes do Rio Mondego (CMDFCI, 2020) (figura 10).

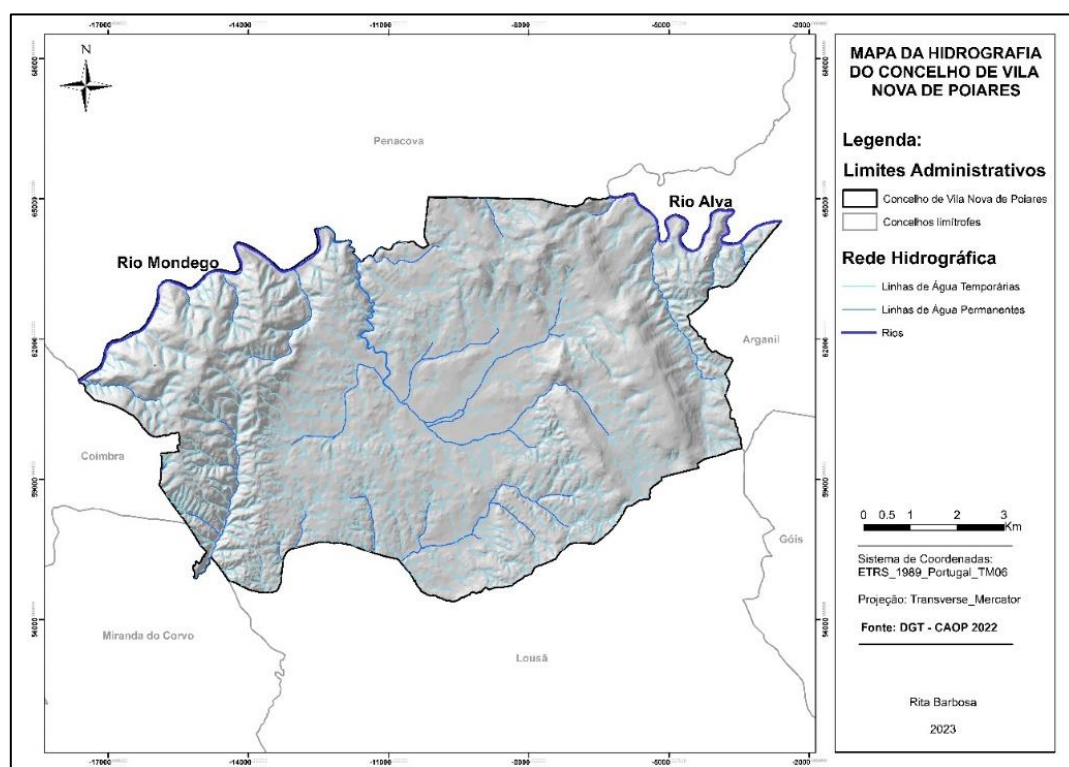


Figura 10 - Mapa da hidrografia.

Caracterizado por uma densa rede hidrográfica, com um total de 356,2 km, as linhas de água temporárias/torrenciais são as que apresentam maior expressão neste território (277,4 km), no entanto, ao longo dos meses secos e quentes chegam mesmo a não registar qualquer caudal.

2.2.5 Solos

2.2.5.1 Tipos de solos

No concelho predominam os regossolos, representando 51,2% da área total do concelho (figura 11). São solos incipientes, derivados de rochas areníticas e arenosas, pouco desenvolvidos e sem horizontes bem diferenciados (Quintela *et al.*, 2019).

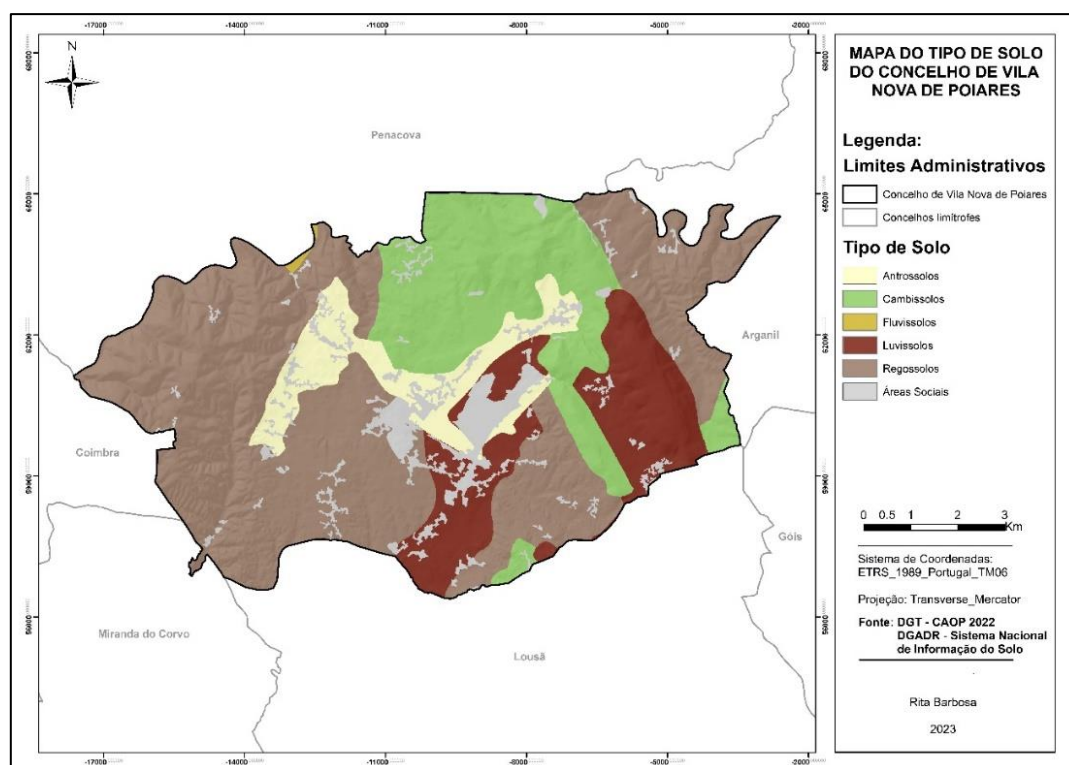


Figura 11 – Mapa do tipo de solo.

Segundo a tabela 5, os cambissolos encontram-se em 20% da área total, correspondendo a 1 691,1 ha. Segundo Cerqueira (1992), os cambissolos são solos pouco evoluídos, recentes, pouco profundos, formados a partir de rochas não calcárias e com baixo teor de matéria orgânica.

Tabela 5 - Área e percentagem ocupada por tipo de solo.

Tipo de Solo	Área (ha)	% Área total
Luvissolos	1 158,9	13,7
Regossolos	4 326,1	51,2
Cambissolos	1 691,1	20,0
Fluvisolos	13,1	0,2
Antrossolos	638,1	7,6
Áreas Sociais	617,8	7,3

Os fluvissois, representam apenas 0,2% do território e tratam-se de solos incipientes, não evoluídos, reduzidos à capa de alteração da rocha-mãe, sem horizontes pedológicos bem diferenciados e localizam-se principalmente nos vales (Carvalho, 2015).

2.2.5.2 Profundidade

A profundidade é uma característica que limita a capacidade de armazenamento de água e a fertilidade, determinando a aptidão do solo ideal para o crescimento de uma determinada espécie. Na figura 12, encontra-se o mapa da profundidade do solo.

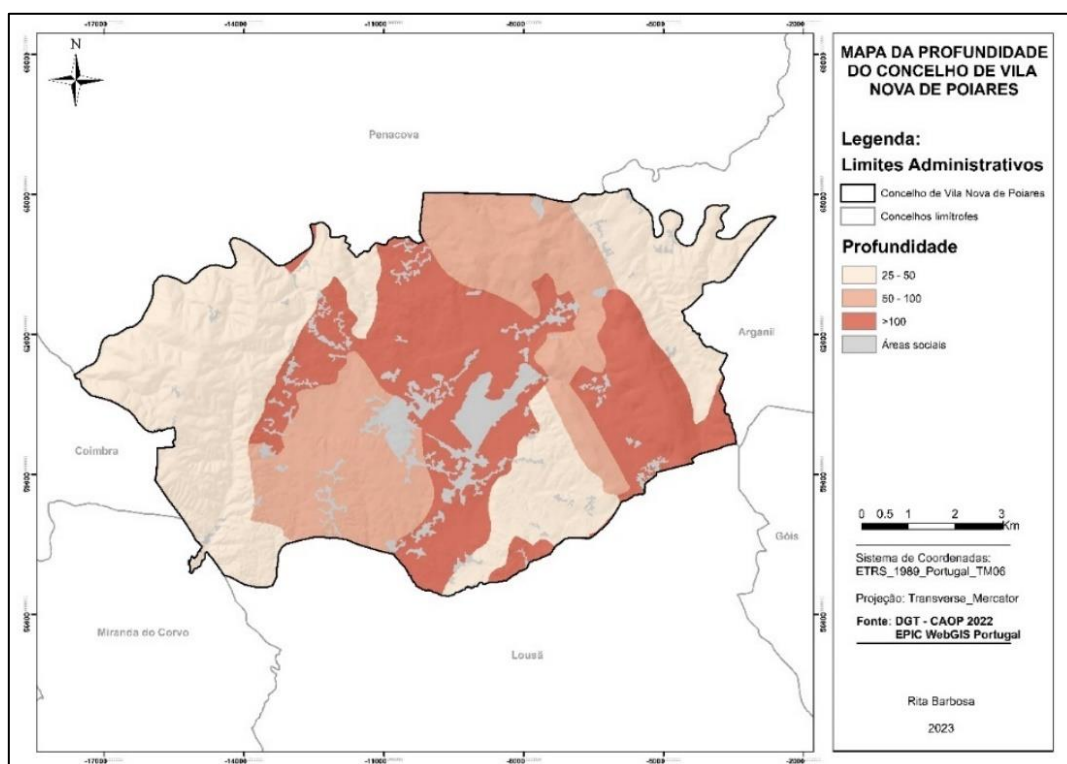


Figura 12 - Mapa da profundidade do solo.

De acordo com a tabela 6, a profundidade do solo varia entre 25 e 50 cm (3 350,7 ha), 50 e 100 cm (2 014,1 ha) e > 100 cm (2 462,7 ha).

Tabela 6 - Área e percentagem ocupada por classes de profundidade do solo.

Profundidade	Área (ha)	% Área total
25 - 50	3 350,7	39,7
50 - 100	2 014,1	23,8
> 100	2 462,7	29,2
Áreas sociais	617,8	7,3

Nos locais onde a profundidade é menor poderá ocorrer a dificuldade de retenção de água, e consequentemente verificar-se a carência de água para as diferentes espécies.

2.2.5.3 Textura

As classes de textura são definidas pelas proporções de argila, areia e limo presentes no solo e influenciam a expansão e fixação das raízes, a capacidade de retenção de água e nutrientes, a circulação do ar e a mobilização do solo (Costa, 1995; Moreira, 2012). Em Vila Nova de Poiares, foram identificadas duas classes de textura: mediana e grosseira (figura 13).

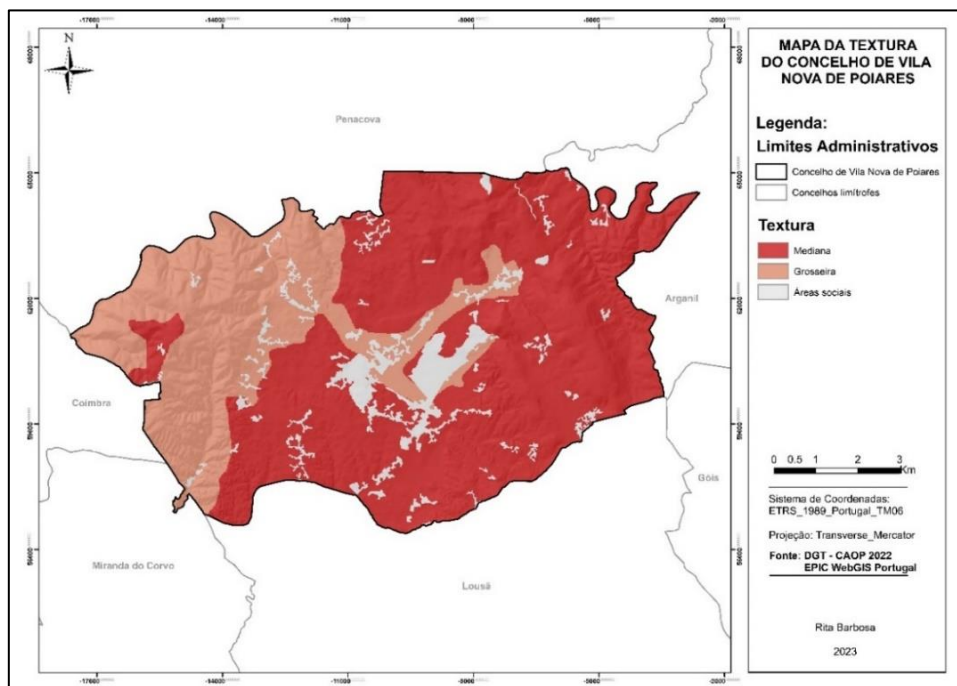


Figura 13 - Mapa da textura do solo.

De acordo com Barata *et al.* (2015), a classe de textura mediana é caracterizada por possuir menos de 35% de argila e mais de 15% de areia, ou mais de 18% de argila se o teor em areia exceder 65%, enquanto que, a classe de textura grosseira é caracterizada por possuir mais de 35% de argila ou menos 35% de argila e menos de 15% de areia.

Considerando a tabela 7, verifica-se que os solos de textura mediana abrangem 63,7% da área do concelho.

Tabela 7 - Área e percentagem ocupada por classes de textura do solo.

Textura	Área (ha)	% Área total
Mediana	5 376,5	63,7
Grosseira	2 451,0	29,0
Áreas sociais	617,8	7,3

A textura grosseira, encontra-se presente em 29% (2 450,96 ha), localizada principalmente na vertente Oeste.

2.2.5.4 pH

Os valores de pH no concelho de Vila Nova de Poiares variam entre <4,5 e 5,5 (figura 14), tratando-se de solos ácidos.

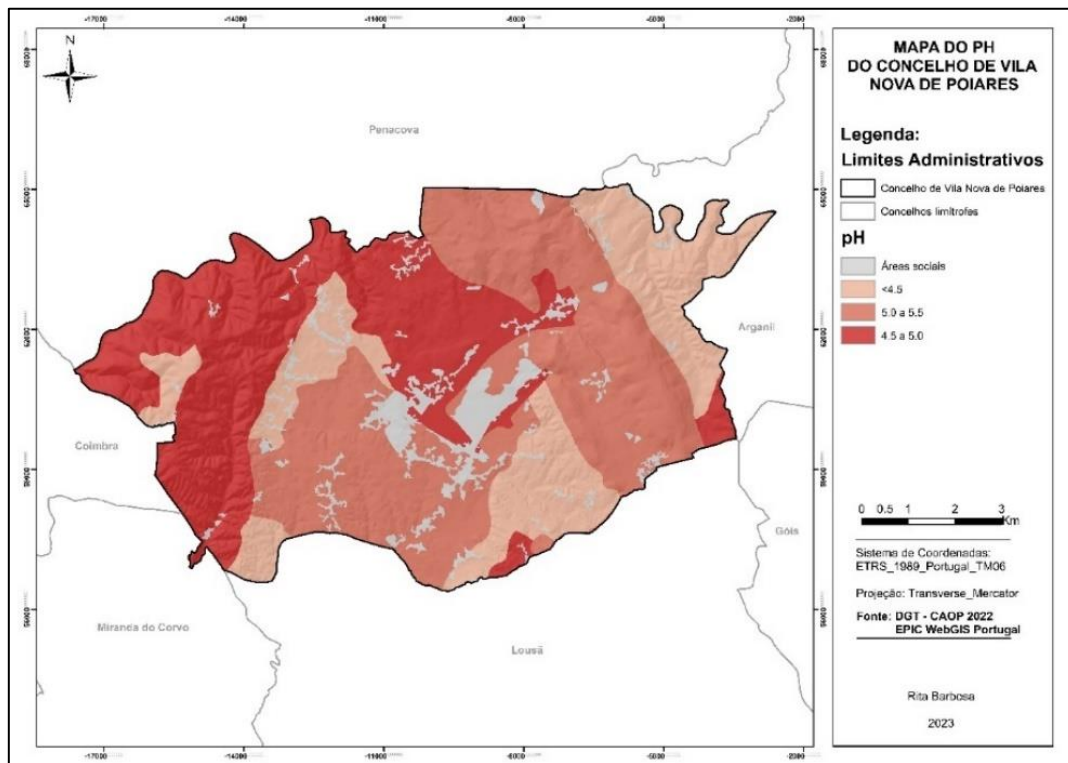


Figura 14 - Mapa do pH do solo.

2.2.6 Clima

Para a análise das variáveis climáticas do concelho de Vila Nova de Poiares, foram analisados os seguintes parâmetros: precipitação, temperatura mínima, média e máxima do ar, recorrendo a informação proveniente do Portal do Clima do Instituto Português do Mar e da Atmosfera, I.P. (IPMA, I.P.) (2023) para o período temporal de 1971 a 2000.

2.2.6.1 Temperatura

De acordo com os dados recolhidos e trabalhados a temperatura média anual situa-se nos 13,9°C. Verifica-se que a altitude influencia diretamente as condições meteorológicas, visto que, nos locais com maior altitude as temperaturas são mais baixas (figura 15).

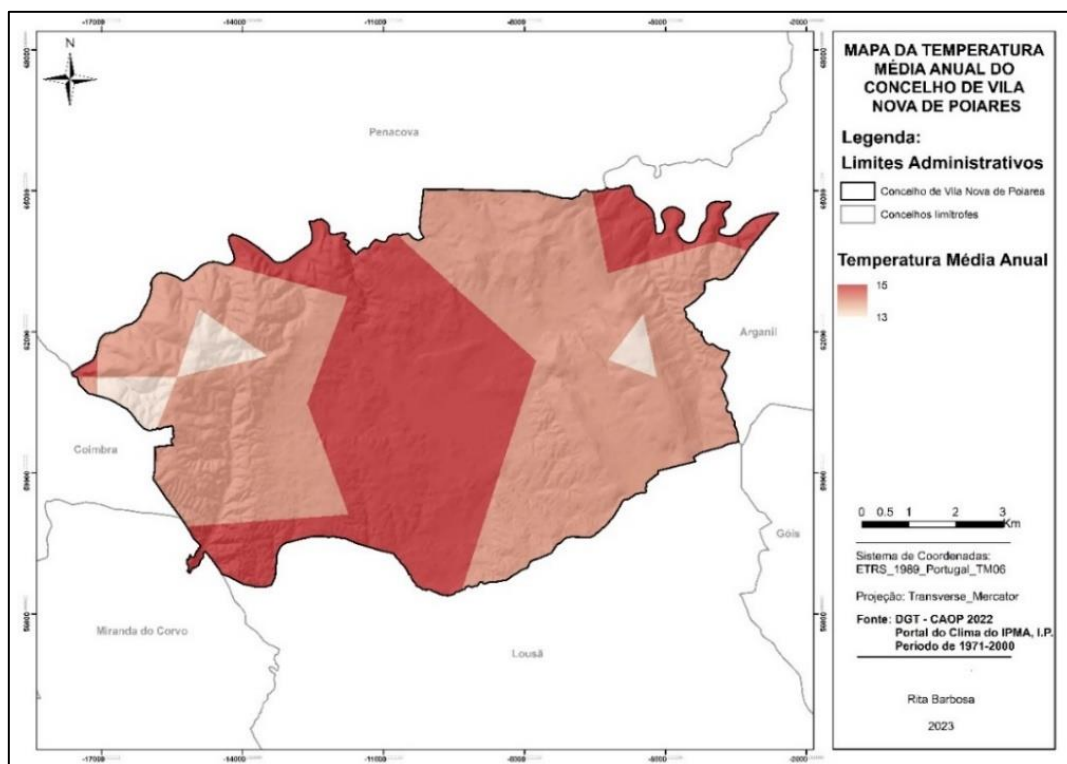


Figura 15 - Mapa da temperatura média anual.

Perante a análise da figura 16, verifica-se que a temperatura máxima mensal mais elevada, regista-se no mês de julho com 28,1°C e a temperatura máxima mensal mais baixa, regista-se no mês de janeiro com 13,1°C.

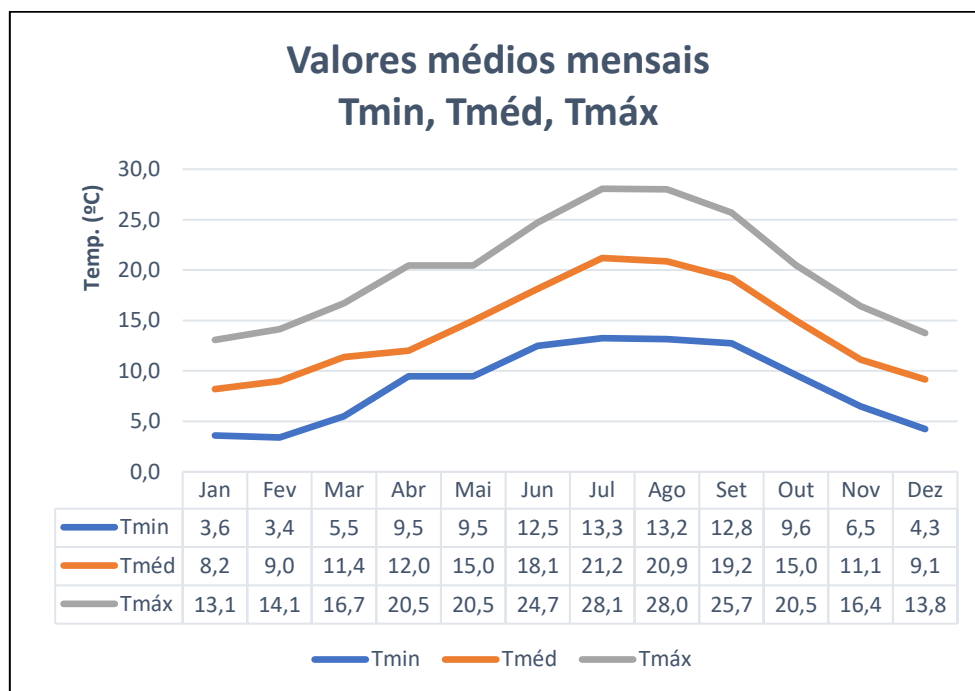


Figura 16 - Valores médios mensais da temperatura mínima, média e máxima no período 1971-2000.

No que diz respeito à temperatura média mensal, o valor mais elevado regista-se também no mês de julho, seguido dos meses de agosto e setembro. As curvas da temperatura mínima registam a mesma tendência, com a temperatura mínima mais alta a registar-se também no mês de julho, com 13,3°C.

De modo geral, podemos afirmar que durante o período de julho a setembro as temperaturas são mais elevadas.

2.2.6.2 Precipitação

A precipitação média anual de Vila Nova de Poiares, para o período considerado (1971-2000), é de 1 088,18 mm. Tal como acontece com a temperatura, a altitude influencia a precipitação, neste caso, altitudes mais elevadas estão associadas a maior quantidade de precipitação (figura 17).

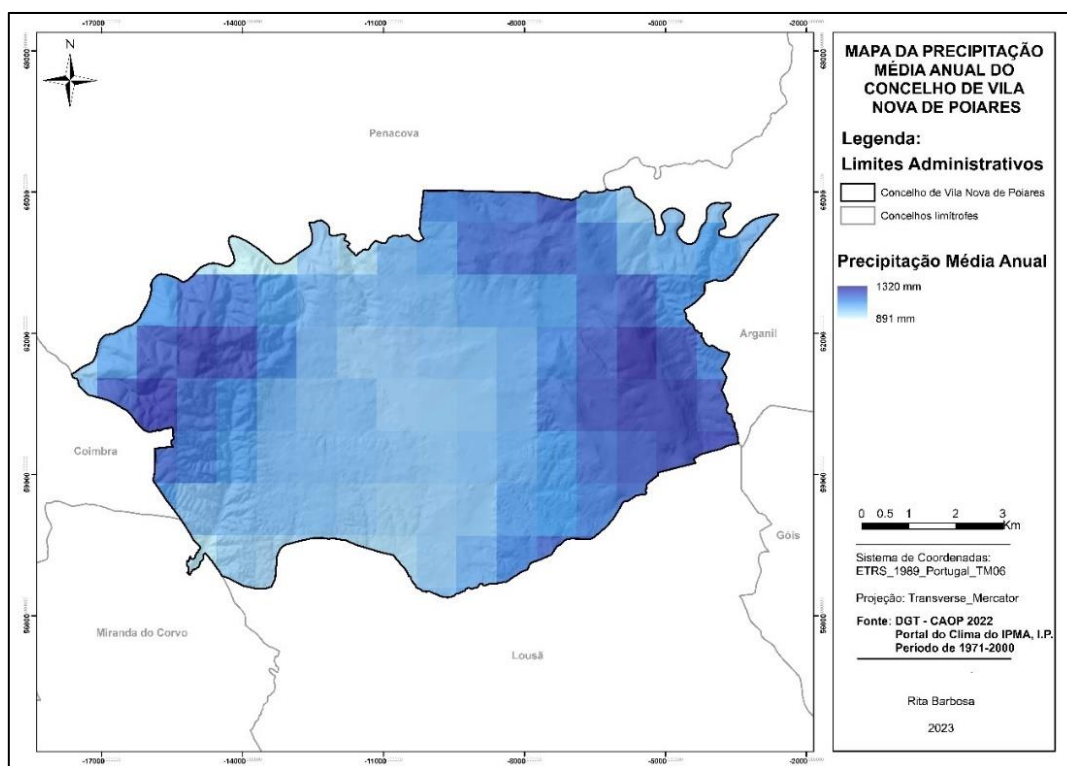


Figura 17 - Mapa da precipitação média anual.

Relativamente à precipitação, observando a figura 18, o mês com precipitação mais elevada é o de dezembro (163,4 mm), seguido do mês de janeiro (148,9 mm). Contrariamente, o mês com precipitação mais baixa é o de julho com 14,2 mm.

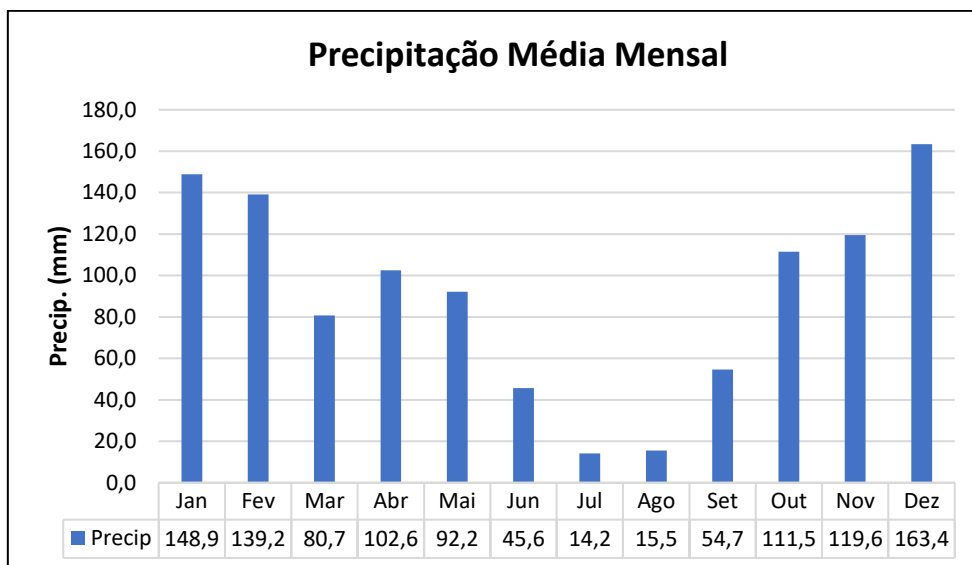


Figura 18 - Valores médios mensais da precipitação no período 1971-2000.

Importa, ainda, referir que, no mês de março ocorre a diminuição de precipitação onde se verifica apenas 80,7 mm. O mês de setembro, devido às chuvas que ocorrem no final do verão regista uma precipitação média mensal de 54,7 mm.

2.2.6.3 Meses secos

Os meses secos correspondem aos meses em que o valor da precipitação média mensal é inferior ao dobro do valor da temperatura média mensal. Desta forma, para se aferir os meses secos do concelho de Vila Nova de Poiares, procedeu-se ao cálculo da seguinte expressão, através da ferramenta *raster calculator* do software *Arcgis*:

$$\text{Mês seco} = \text{Precipitação média mensal} - (2 \times \text{Temperatura média mensal})$$

Se os valores obtidos forem positivos estamos na presença de um mês húmido, contrariamente, se os valores obtidos forem negativos, trata-se de um mês seco.

Seguidamente, para calcular a variação dos meses secos no concelho (figura 19), procedeu-se à reclassificação dos valores dos meses secos para um (1), e efetuou-se o seu somatório através ferramenta *raster calculator*.

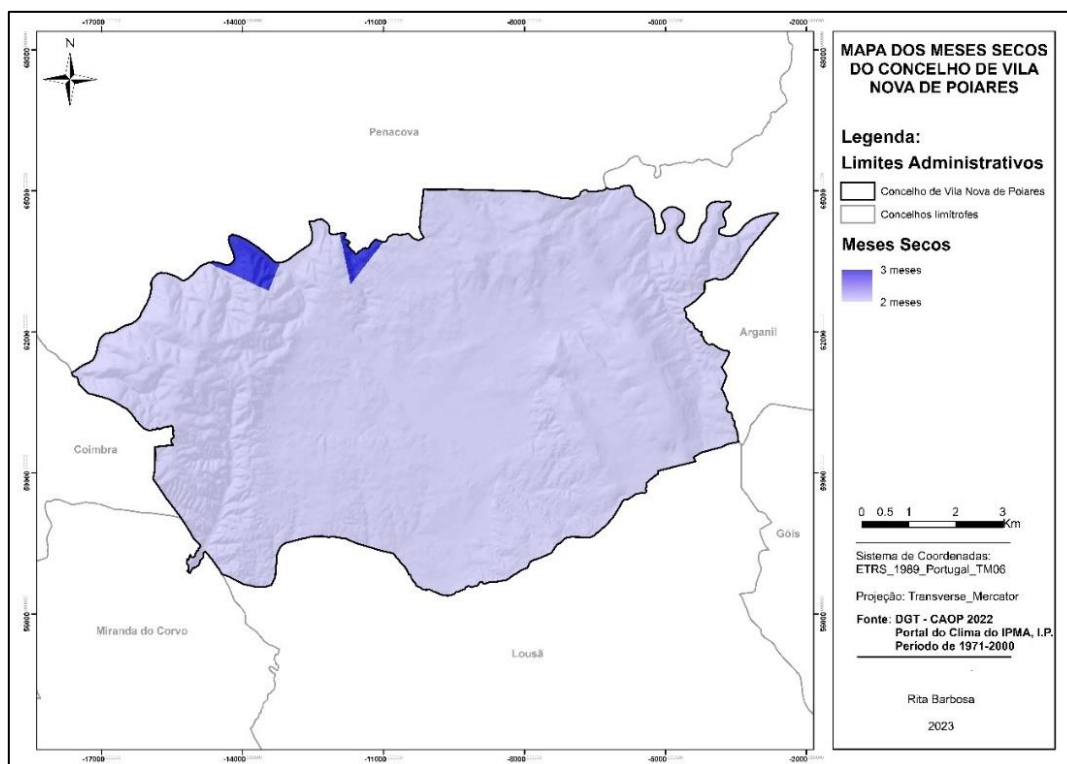


Figura 19 - Mapa dos meses secos.

É possível observar que Vila Nova de Poiares apresenta, na maioria da área, dois meses secos (julho e agosto) e apenas 1,4% da área total (114,69 ha) três meses secos (junho, julho e agosto).

2.3 Fauna e Flora

Relativamente à quantificação da fauna e da flora existente no concelho de Vila Nova de Poiares, a informação dos anfíbios e das aves foi recolhida no geocatalogo do ICNF, I.P. (2023), dos mamíferos no Atlas dos Mamíferos de Portugal (Barbosa, 2023) e da flora na Flora-on (2023).

Através da figura 20, é possível verificar que a vertente Oeste do concelho apresenta maior diversidade de fauna (95 espécies) e de flora (499 espécies), resultado dos elevados declives presentes na Serra do Carvalho e da baixa presença de atividade humana.

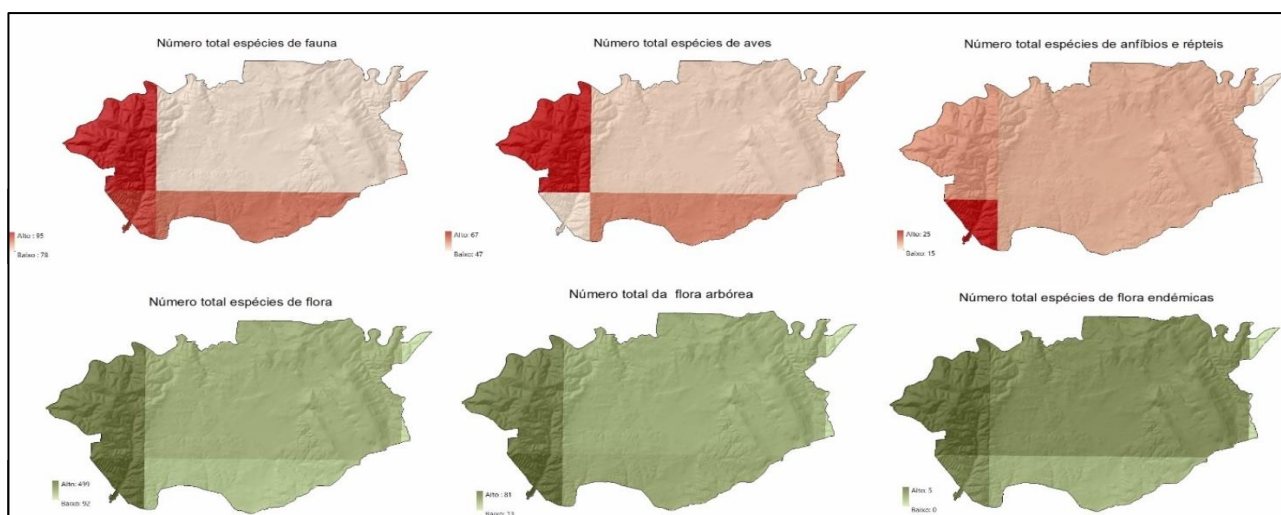


Figura 20 - Mapas da fauna e flora.

O número total de espécies de flora endémica é muito reduzido, sendo cinco o número de espécies mais alto registado.

2.4 Áreas protegidas, Rede Natura 2000 (ZPE + ZEC) e Regime Florestal

O concelho de Vila Nova de Poiares não integra, parcial ou totalmente, áreas classificadas como protegidas ou da Rede Natura 2000. No que diz respeito ao Regime Florestal, abrange o Perímetro Florestal das Serras de São Pedro Dias e Alveite (figura 21), com uma área total de 778 ha, correspondente a 9% da área do concelho.

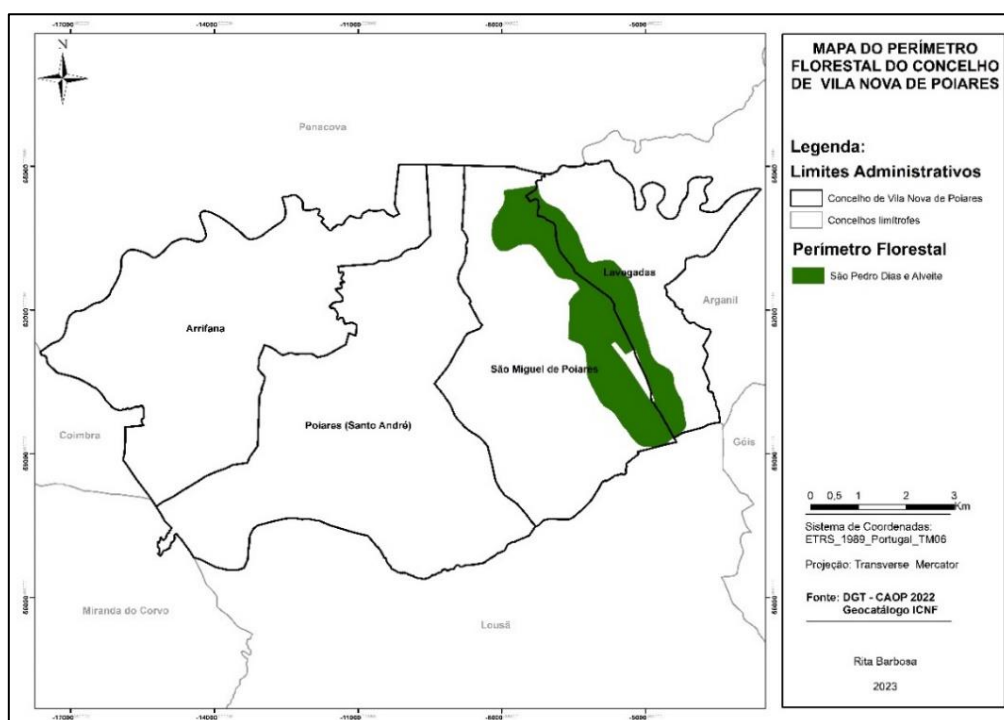


Figura 21 - Mapa do perímetro florestal.

De referir ainda, a existência de três baldios: baldio de Lavegadas, baldio de São Miguel de Poiares e baldio de Arrifana (CMDFCI, 2020).

2.5 Infraestruturas florestais

As infraestruturas florestais têm uma importância fundamental na gestão florestal, no escoamento dos produtos e ainda no combate aos incêndios. Para a modelação da carta de aptidão para a produção florestal, foi necessário ter em consideração dois tipos de infraestruturas: a Rede Viária Florestal (RVF) e as Faixas de Gestão de Combustível (FGC).

2.5.1 Rede Viária Florestal (RVF)

A figura 22, ilustra a distribuição da RVF no concelho.

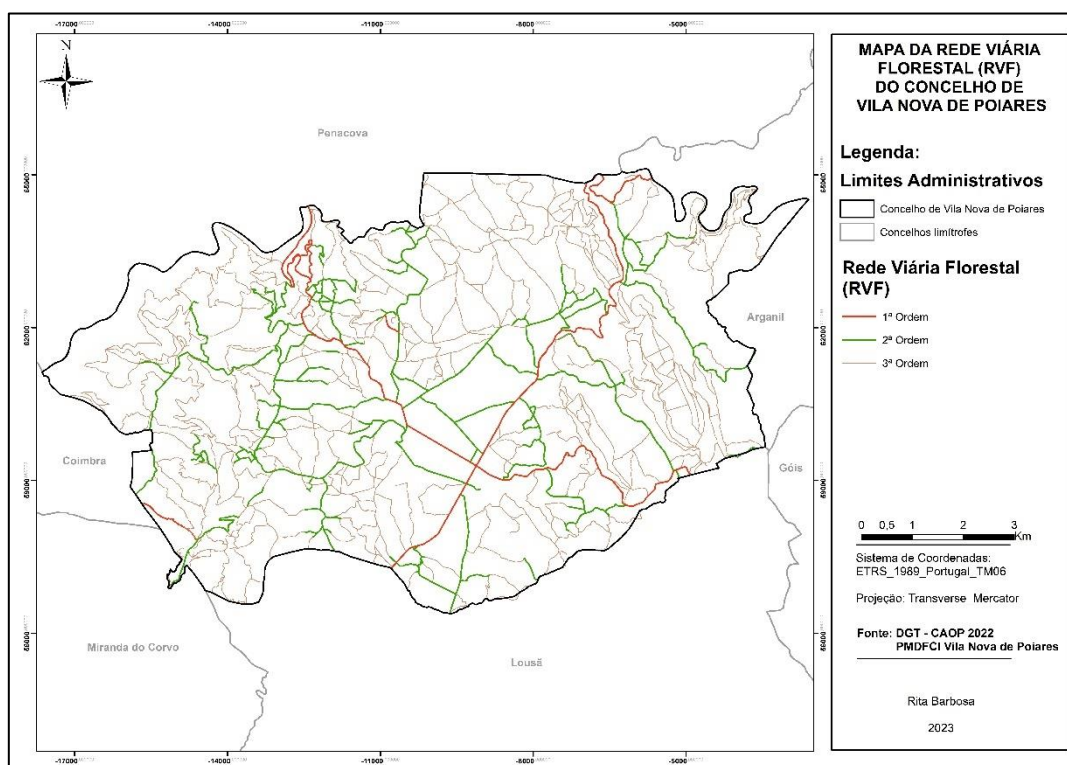


Figura 22 - Mapa da rede viária florestal (RVF).

Com uma extensão total de aproximadamente 449,4 km, apresenta elevada densidade e uma distribuição favorável ao escoamento dos produtos, à gestão e à exploração florestal (tabela 8).

Tabela 8 - Comprimento e percentagem por classes de Rede Viária Florestal.

Rede Viária Florestal (RVF)	Comprimento (km)	% Comprimento total
1ª Ordem	31,7	7,1
2ª Ordem	100,3	22,3
3ª Ordem	317,4	70,6

Da totalidade do comprimento da RVF, 317,4 km correspondem à rede viária florestal complementar, e apenas 131,7 km à rede viária florestal fundamental (1ª e 2ª ordem).

2.5.2 Faixas de Gestão de Combustível

Na figura 23 é apresentada a distribuição das FGC no concelho de Vila Nova de Poiares.

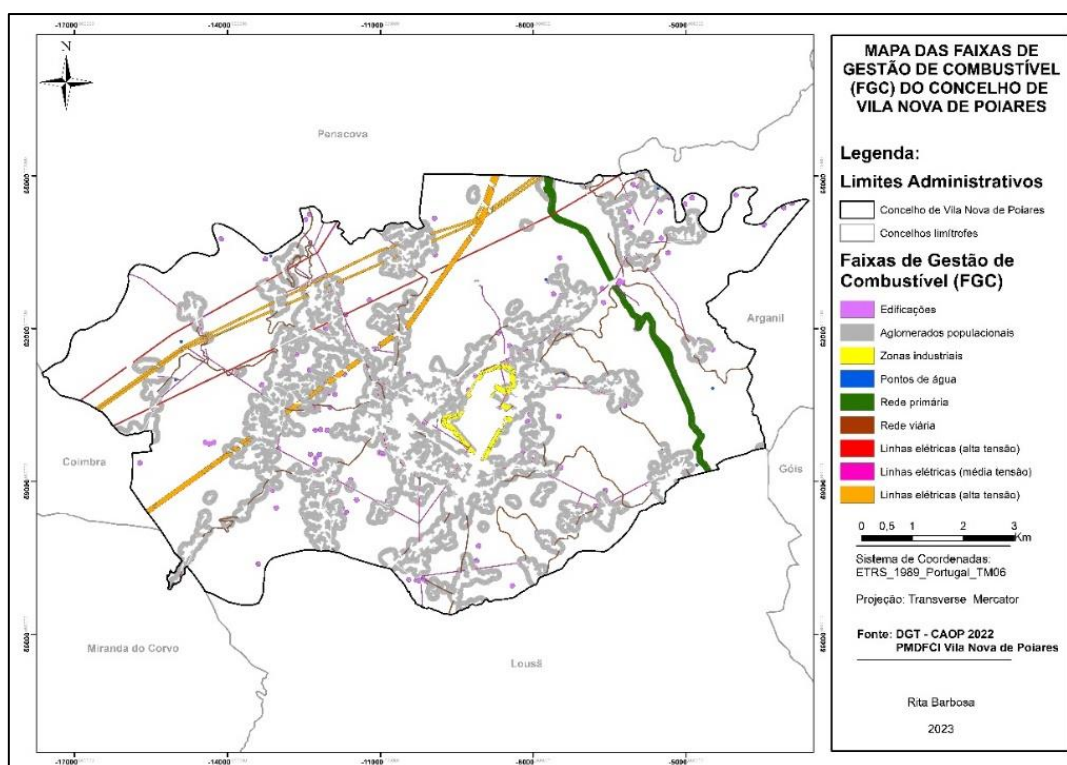


Figura 23 - Mapa das faixas de gestão de combustível (FGC).

De acordo com tabela 9, as áreas correspondentes às FGC totalizam 2 310,1 ha, correspondente a 27,4% da área do concelho.

Tabela 9 - Área e percentagem ocupada por tipo de faixa de gestão de combustível.

Faixa de Gestão de Combustível (FGC)	Área (ha)	% Área total
Aglomerados populacionais	1 791,7	77,6
Áreas industriais	39,6	1,7
Edificações	60,2	2,6
Linhas elétricas (alta tensão)	36,2	1,6
Linhas elétricas (média tensão)	51,1	2,2
Linhas elétricas (muito alta tensão)	145,5	6,3
Pontos de água	2,5	0,1
Rede primária	97,9	4,2
Rede viária	85,4	3,7

Os aglomerados populacionais são o tipo de FGC com maior área, totalizando aproximadamente 1 791,7 ha, o equivalente a 77,6% da área total de FGC. Seguidamente, destacam-se as faixas de gestão associadas às linhas elétricas de muita alta tensão, com 145,5 ha. Em terceiro lugar, destaque para as FGC associadas à rede viária, que totalizam 84,4 ha.

2.6 Perigosidade de incêndio florestal

A perigosidade de incêndio florestal é uma variável fundamental no ordenamento do território, no planeamento de medidas preventivas e no combate a incêndios. (ICNF, I.P., 2022). Na figura 24, encontra-se o mapa da perigosidade de incêndio florestal no concelho.

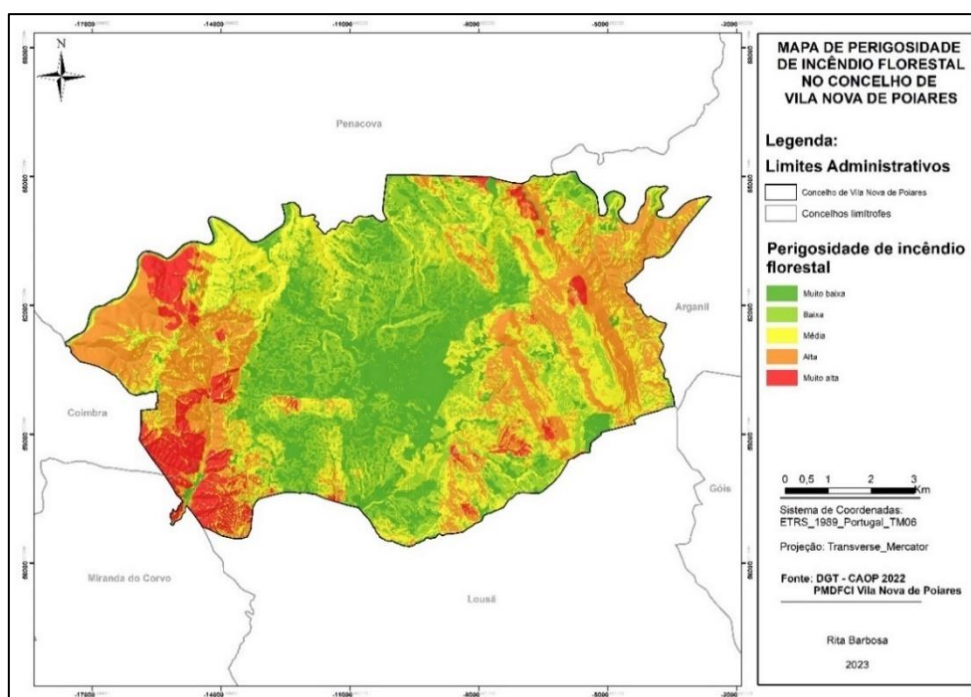


Figura 24 - Mapa da perigosidade de incêndio florestal.

A análise da tabela 10 mostra que 26% da área do concelho apresenta classe de perigosidade média, correspondente a 2 188,0 ha. Seguidamente, surge a classe baixa presente em 24,5% (2 060,7 ha). As áreas com maior perigosidade localizam-se nas zonas de orografia mais acidentada.

Tabela 1 - Área e percentagem ocupada por classes de textura do solo.

Perigosidade	Área (ha)	% Área total
Muito baixa	1 715,4	20,4
Baixa	2 060,7	24,5
Média	2 188,0	26,0
Alta	1 916,8	22,8
Muito alta	533,0	6,3

Capítulo III – Metodologia

3.1 Uso e ocupação do solo

3.1.1 Adaptação das cartas de uso e ocupação do solo de 1995 e 2018

O mapeamento do uso e da ocupação do solo de 1995 e 2018, foi efetuado com recurso a ferramentas de geoprocessamento do *software Arcgis*, e com os dados oficiais de Uso e Ocupação do Solo produzidos pela Direção-Geral do Território (DGT).

Segundo a DGT (2022), a série cartográfica da Carta de Uso e Ocupação do Solo (COS) iniciou-se em 1990 e foi atualizada para os anos de 1995, 2007, 2010, 2015 e 2018. Trata-se de cartografia de polígonos, produzida por fotointerpretação, que representam unidades de uso e ocupação do solo homogêneas, com uma unidade mínima cartográfica de 1 ha e com uma distância igual ou superior a 20 m. Esta cartografia é fundamental no planeamento e ordenamento do território, pois permite a representação real do terreno e das atividades que nele ocorrem.

Após a seleção da cartografia, com recurso à ferramenta *clip*, recortou-se as duas COS pelo limite do concelho de Vila Nova de Poiares. Consecutivamente, para se obter a unidade mínima cartográfica, procedeu-se à eliminação de todas as áreas inferiores a 1ha, com a ferramenta *eliminate*.

Posteriormente, com recurso à ferramenta *reclassify*, para se caracterizar a área em diferentes graus de generalização, uniformizou-se os dados de ambas as cartografias com a atribuição do mesmo código numérico ao domínio e à composição dos povoamentos florestais nos dois anos.

Na uniformização dos dados ao nível do domínio, nível 1 da COS, foram definidas 8 classes de uso e ocupação do solo: os territórios artificializados, a agricultura, as pastagens, os sistemas agroflorestais, as florestas, os matos, a vegetação espontânea e as massas de água (tabela 11).

Tabela 2 - Uniformização das classes de uso e ocupação do solo ao nível do domínio (N1) entre 1995 e 2018.

Uso e Ocupação do Solo (N1)	Código numérico atribuído (COS 1995 e COS 2018)
Territórios artificializados	100
Agricultura	200
Pastagens	300
Sistemas agroflorestais	400
Floresta	500
Matos	600
Vegetação espontânea	700
Massas de água	900

Realizou-se o mesmo procedimento para a composição dos povoamentos florestais, nível 4 da COS, e os códigos numéricos atribuídos encontram-se na tabela 12.

Tabela 3 - Uniformização das classes de uso e ocupação do solo ao nível da composição dos povoamentos florestais (N4) entre 1995 e 2018.

Uso e Ocupação do Solo (N4)	Código numérico atribuído (COS 1995 e COS 2018)
Florestas de outros carvalhos	510
Florestas de eucalipto	520
Florestas de outras folhosas	530
Florestas de pinheiro-bravo	540
Florestas de castanheiro	550
Florestas de espécies invasoras	560
Florestas de outras resinosas	570

3.1.2 Construção da matriz de transição de usos e ocupações do solo de 1995 para 2018

A metodologia aplicada para a construção das matrizes de transição, teve como base o método descrito por Pontius *et al.* (2004), seguindo o modelo apresentado no enquadramento teórico. Desta forma, selecionou-se, para análise, o período compreendido entre os anos de 1995 (momento 1) e 2018 (momento 2).

Após a realização das operações de geoprocessamento de adaptação das COS de 1995 e 2018, referidas no ponto 3.1.1, converteu-se, através da ferramenta *polygon to raster*, os ficheiros de polígonos para *raster* com um tamanho de célula (*cell size*) de 10 x10 m. Seguidamente, com a ferramenta *combine*, combinou-se as cartas da COS 1995 com a COS 2018. Esta operação realizou-se para os domínios e para a composição dos povoamentos florestais, obtendo-se assim, dois ficheiros *raster*.

Posteriormente, extraíram-se as tabelas de atributos dos dois ficheiros e elaboraram-se as matrizes no *software excel*, com o auxílio de tabelas dinâmicas. No nível mais geral de informação, a coluna “Total 1995”, indica a quantidade total, em hectares, de cada categoria no momento 1 (1995) e a linha, “Total 2018”, a quantidade total de cada categoria no momento 2 (2018). Com estes valores, procedeu-se ao cálculo das perdas e dos ganhos de cada classe de uso do solo entre os dois momentos. As perdas foram calculadas através da diferença entre o total da linha e a persistência para o uso do solo correspondente, e os ganhos através da diferença entre o total da coluna e o que persistiu nessa mesma classe.

Para além dos ganhos e das perdas, calculou-se o balanço, a taxa de variação anual (ha/ano) e a taxa de estabilidade (%). Através do balanço, que corresponde à diferença entre as perdas e os ganhos, é possível observar se ocorreu o aumento ou a diminuição da área de uma determinada classe de uso do solo, para o período de estudo em questão.

A taxa de variação anual, reflete a mudança que ocorreu em média por ano numa determinada classe de uso do solo, e foi calculada através da divisão entre o balanço e o número de anos do período de estudo, neste caso, 23 anos. A taxa de estabilidade, indica a percentagem da área total de cada classe que permaneceu inalterada entre os dois momentos, e foi calculada através da seguinte fórmula:

$$\text{Taxa de estabilidade (\%)} = \frac{\text{Persistência} * 100}{\text{"Total 1995"}}$$

3.2 Aptidão para a produção florestal

A modelação da aptidão para a produção florestal compreendeu cinco fases consecutivas:

- 1) Desenvolvimento da estrutura formal para a modelação da produção florestal;
- 2) Modelação das restrições;
- 3) Desenvolvimento dos atributos e normalização das variáveis;
- 4) Agregação das variáveis;
- 5) Análise de sensibilidade aos pesos.

Seguidamente, descreve-se detalhadamente cada uma das fases.

3.2.1 Estrutura formal para a modelação da produção florestal

Nesta fase, procedeu-se à identificação e seleção dos critérios que irão integrar a estrutura hierárquica para a modelação da aptidão para a produção florestal.

O diagrama em árvore, apresentado na figura 25, possui três níveis, sendo que, o nível inferior corresponde aos atributos que estão ligados aos critérios e que são produzidos e medidos no território.

No segundo nível e associado ao objetivo, encontram-se os três critérios considerados: a aptidão ecológica, o impacto ambiental e o rendimento económico.

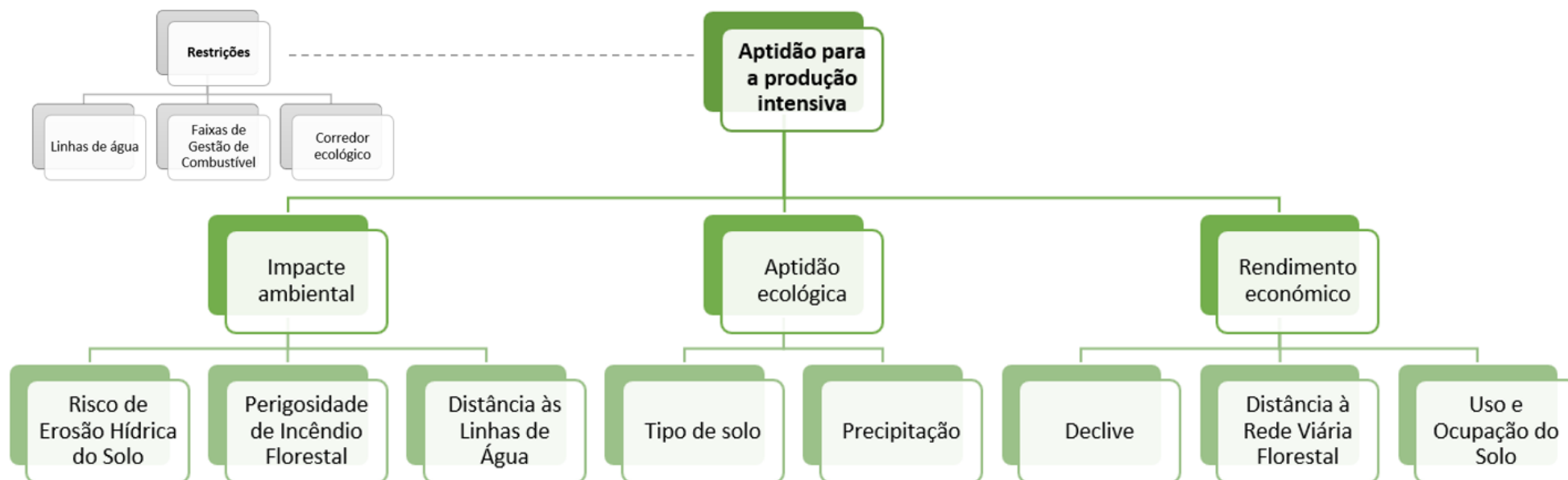


Figura 25 - Diagrama de árvore de valores para a modelação da aptidão para a produção florestal.

O critério da aptidão ecológica permite determinar o crescimento vegetal e os locais onde as espécies têm melhores condições para se desenvolver, e foi determinado através do tipo de solo e da precipitação.

O critério impacto ambiental representa as consequências que as plantações têm do ponto de vista ecológico, nomeadamente, o aumento do risco de erosão e da perigosidade de incêndio. Os atributos considerados neste critério foram o risco de incêndio florestal, o risco de erosão hídrica do solo e a distância às linhas de água.

Por último, o critério rendimento económico indica a proporção de área onde os custos são mais elevados, considerando-se que depende do uso e ocupação do solo, do declive e da distância à rede viária florestal.

3.2.2 Modelação das restrições

Para além do limite da área do concelho, o espaço das alternativas é limitado por outras restrições, com o objetivo de garantir que determinados locais não foram considerados para análise.

Nesta fase, foram modeladas as restrições da aptidão para a produção florestal, e consideraram-se como restrição as variáveis que têm como principal função a proteção e a conservação, nomeadamente, as faixas de gestão de combustível, o corredor ecológico definido no PROF Centro Litoral e as linhas de água.

Primeiramente, e tendo como base o descrito na alínea f) do artigo 2.º da Portaria n.º 15-A/2018, que estabelece as faixas de proteção às linhas de água nas ações de arborização e rearborização, definiu-se com a ferramenta *buffer*, uma faixa de proteção de 30 m aos rios, de 10 m às linhas de água permanentes e de 5 metros às linhas de água temporárias.

De seguida, todas as variáveis consideradas nas restrições foram convertidas para *raster*, através da ferramenta *polygon to raster*.

Nesta abordagem, cada restrição identificada é modelada como uma variável booleana, admitindo apenas valores 0 e 1. O valor 0 corresponde aos locais onde não se poderá produzir, enquanto, o valor 1 corresponde aos locais onde poderá haver produção florestal. Desta forma, todas as variáveis convertidas em formato *raster*, foram reclassificadas nesta escala de valores, através da ferramenta *reclassify*.

Seguidamente, procedeu-se à agregação das variáveis, com o agregador lógico "E", obtendo-se um ficheiro *raster* em que as células classificadas com o valor 1 constituem as áreas de soluções possíveis ou admissíveis.

3.2.3 Desenvolvimento dos atributos e normalização das variáveis

Na maioria das vezes não existe um atributo que interprete diretamente um critério, havendo a necessidade de recorrer ao desenvolvimento de atributos indiretos. De facto, quase todos os atributos utilizados para modelar a aptidão para a produção florestal são indiretos, como por exemplo, a distância às linhas de água, a distância à rede viária florestal, o declive e o uso e ocupação do solo.

Nesta fase, realizaram-se operações de geoprocessamento, utilizando funções disponíveis nos SIG, para desenvolver cada um dos atributos. Estas operações envolveram, por exemplo, funções de distância, de interpolação de dados e ainda se aplicaram metodologias para adaptar todos os atributos à mesma escala.

De uma forma generalizada, para a produção dos mapas dos atributos, utilizou-se o formato *raster* com um tamanho de célula de 10 x 10 m. Seguidamente, foi aplicada a camada das restrições a todos os atributos, através da ferramenta *raster calculator*, excluindo-se as células que não são admissíveis e que não devem ser consideradas na análise.

Posteriormente, os atributos foram classificados na mesma escala de valor, utilizando-se uma escala relativa entre 1 e 100, em que 1 representa o pior cenário para o decisor e 100 o melhor. A reconversão para esta escala foi implementada utilizando a função de geoprocessamento de reclassificação (*reclassify*), tendo como base o método da construção de uma função de valor, através dos seguintes procedimentos:

- 1) Reclassificação dos atributos, de acordo com o seu significado ou valor para o cálculo da aptidão;
- 2) Atribuição dos valores âncora, ou seja, os valores na escala dos atributos que correspondem ao valor mais baixo e mais alto da escala de valores;
- 3) Atribuição dos restantes valores, comparativamente com os valores âncora.

Seguidamente, apresenta-se detalhadamente as operações de geoprocessamento realizadas no desenvolvimento de cada um dos atributos, bem como, a normalização das variáveis através das funções de valores.

3.2.3.1 Atributos relacionados com o critério da aptidão ecológica

O critério de aptidão ecológica foi elaborado a partir dos atributos **tipo de solo** e **precipitação** (figura 26). Inicialmente foi ponderado incluir a temperatura, no entanto, como a sua variação no concelho não é significativa, entre 13 e 15°C, esta variável não foi considerada.

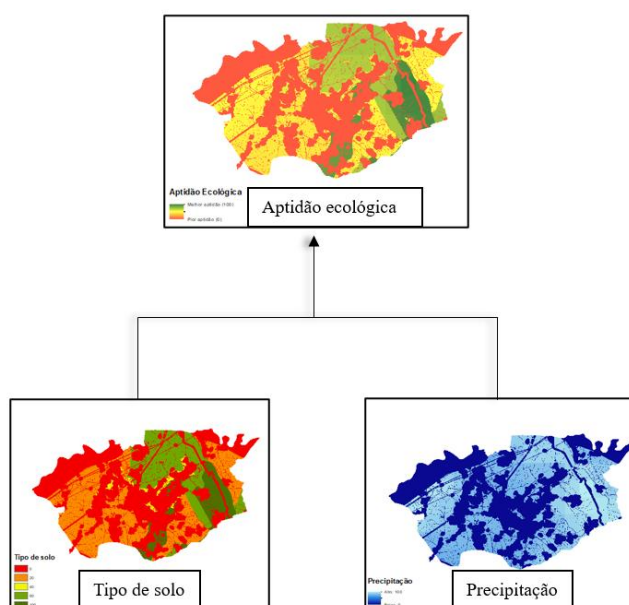


Figura 26 - Ilustração do desenvolvimento do critério da aptidão ecológica.

O atributo **tipo de solo** foi elaborado, através da recolha de informação proveniente do Sistema Nacional de Informação do Solo (SNIS) da Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural (DGADR), disponibilizada em 2021. Os dados originais, em formato vetorial, foram cortados pelo limite da área do concelho, através da ferramenta *clip*, e convertidos em formato *raster* (ferramenta *polygon to raster*).

Após a aplicação da camada das restrições, referida anteriormente, procedeu-se à reclassificação, através da ferramenta *reclassify*, de acordo com a importância que o tipo de solo apresenta para a aptidão ecológica. Os valores atribuídos apresentam-se na tabela 13.

Tabela 4 - Reclassificação do tipo de solo.

Tipo de Solo	Reclassificação
Luvisolos	100
Regossolos	20
Cambissolos	60
Fluvisolos	80
Antrossolos	40

Para o desenvolvimento do atributo **precipitação** recorreu-se a informação proveniente do IPMA, I.P, para o período temporal de 1971 a 2000. Os ficheiros originais, em formato *netCDF*, foram convertidos em formato *GRID*, em números inteiros e cortados pela área do concelho.

De seguida, e após a aplicação da camada das restrições, considerou-se que os locais com maior precipitação são os mais favoráveis à aptidão ecológica. Desta forma, a normalização da variável foi efetuada, com a ferramenta *rescale by function* tendo como base a função de transformação linear crescente.

3.2.3.2 Atributos relacionados com o critério do impacte ambiental

Considerou-se que o impacte ambiental dependia da **distância às linhas de água**, da **perigosidade de incêndio florestal** e do **risco de erosão hídrica do solo** (figura 27).

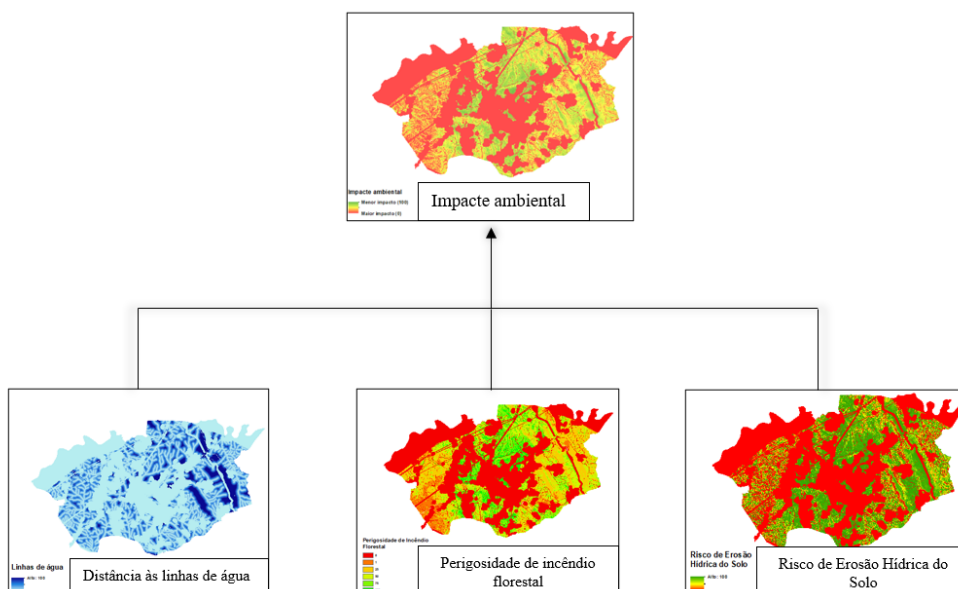


Figura 27 - Ilustração do desenvolvimento do critério de impacte ambiental.

Para o desenvolvimento do atributo **distância às linhas de água**, primeiramente, foi necessário classificar a rede hidrográfica. Efetuou-se uma classificação gradual das linhas de água, usando o método de classificação de Horton, alterado por Strahler.

Segundo este método, é atribuído um número de ordem a cada curso de água, sendo classificadas como linhas de água de 1ª ordem aquelas que não apresentam afluentes. A linha de água formada pela junção de duas linhas de água com a mesma ordem (n) terá uma ordem superior em um ($n+1$). Por exemplo: $1+1=2$, $2+2=3$. A linha de água formada pela união de duas linhas de água com ordens diferentes, terá a numeração maior das duas (exemplo: $1+2=2$) (Guimarães, 2017).

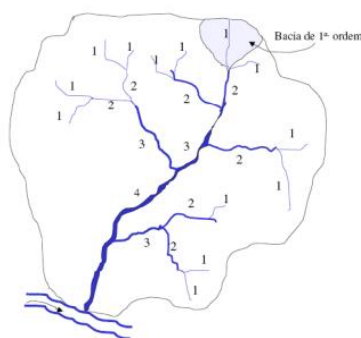


Figura 28 - Classificação dos cursos de água segundo o método de Strahler.
Fonte: Guimarães, 2017.

Após a realização da referida classificação, definiu-se, com a ferramenta *buffer*, uma faixa de proteção de 30 m aos rios, de 10 m às linhas de água permanentes e de 5 m às linhas de água temporárias.

Seguidamente, converteu-se, através da ferramenta *polygon to raster*, o ficheiro de polígonos para *raster*, e aplicou-se a camada das restrições, com o auxílio da ferramenta *raster calculator*.

Posteriormente, e considerando que, quanto maior for a distância às linhas de água, menor é o impacto ambiental, procedeu-se ao cálculo da distância das linhas de água com ferramenta *euclidean distance*.

Por fim, foi efetuada a reclassificação, com recurso à ferramenta *rescale by function*, considerando a função de transformação linear crescente (figura 29).

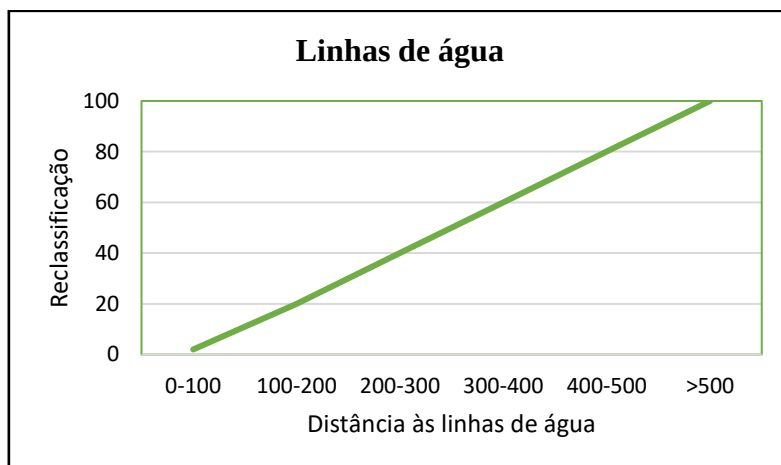


Figura 29 - Gráfico da função de valor da distância das linhas de água.

O atributo **perigosidade de incêndio florestal** foi desenvolvido a partir de informação disponível no ICNF, I.P. relativa ao Plano Municipal de Defesa da Floresta Contra Incêndios (PMDFCI) de Vila Nova de Poiares (2020). Os dados originais, em formato *raster*, foram cortados pelo limite da área do concelho, através da ferramenta *raster calculator*.

Após a aplicação da camada das restrições, procedeu-se à reclassificação, através da ferramenta *reclassify*, de acordo com os valores expressos na tabela 14. Considerou-se que quanto maior for a classe de perigosidade de incêndio florestal, maior é o impacto ambiental.

Tabela 5 - Reclassificação da perigosidade de incêndio florestal.

Perigosidade de incêndio	Reclassificação
Muito baixa	100
Baixa	75
Média	50
Alta	25
Muito alta	1

O **risco de erosão hídrica do solo** foi o atributo que necessitou de mais operações de geoprocessamento, e foi obtido através da Equação Universal de Perda de Solo (EUPS), com as adaptações necessárias a Portugal Continental e à unidade de gestão da bacia hidrográfica. Resulta da multiplicação da erosão específica do solo (A) com a razão de cedência de sedimentos (SDR), de acordo com a seguinte expressão: (CNT, 2013).

$$Pse \text{ (ton/ha/ano)} = SDR \times A$$

Em que:

- **SDR** – Razão de Cedência dos Sedimentos (adimensional)
- **A** – Erosão Específica do Solo (ton/ha/ano)

A EUPS, definida pela expressão seguinte, estima a perda média anual do solo e resulta da combinação de fatores climáticos, orográficos e antrópicos.

$$A \text{ (ton ha ano)} = 2,24 \times R \times K \times LS \times C \times P$$

Em que:

- **A** - Erosão específica do solo (ton/ha/ano)
- **R** - Fator da erosividade da precipitação ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$)
- **K** - Fator relativo à erodibilidade do solo ($\text{t h ha MJ}^{-1} \text{ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$)
- **LS** - Fator topográfico (adimensional)
- **C** - Fator da ocupação do solo (adimensional, varia entre 0 e 1)
- **P** - Fator antrópico (adimensional, varia entre 0 e 1)

Os valores relativos ao fator de erosividade (R) foram retirados do cartograma da Erosividade da Precipitação (449 postos, 50,8 mm) disponível no Sistema Nacional de Informação do Ambiente (SNIAmb), e cortados pelo limite da área do concelho, através da ferramenta *raster calculator*.

O fator de erodibilidade do solo, representado por K na EUPS, é um valor quantitativo desenvolvido de forma experimental. Expressa a suscetibilidade do solo em ser erodido e a sua determinação pressupõe o conhecimento dos seus constituintes (areia, limo, argila, matéria orgânica), bem como, informação sobre a permeabilidade e a estrutura (Pimenta, 1999).

Com o auxílio dos quadros presentes nos anexos de Pimenta (1999), efetuou-se a correspondência dos valores de K aos tipos de solo presentes no concelho (tabela 15). Para isso, foi adicionada uma nova coluna na *shapefile* do tipo de solo e posteriormente procedeu-se à sua conversão para o formato *raster*.

Tabela 6 - Valores de erodibilidade do solo.

Tipo de solo	Valor de erodibilidade (K)
Cambissolos húmicos - xistos	0,32
Cambissolos húmicos - xistos e quartzitos do Ordovício (moderada influência atlântica)	0,32
Cambissolos húmicos - rochas sedimentares post Paleozóicas	0,32

O fator de ocupação do solo (C), tal como os restantes fatores da EUPS, foi determinado de forma experimental e representa a percentagem de perda de solo em função das práticas culturais.

Para a obtenção do fator C recorreu-se à COS 2018, e com o auxílio dos quadros dos anexos de Pimenta (1999), efetuou-se a correspondência do valor C a cada uso e ocupação do solo presente no concelho (tabela 16).

Tabela 7 - Valores de C associados ao uso e ocupação do solo segundo Pimenta (1999).

Código	Nomenclatura COS 2018 - Nível 4	Fator C
2.3.3.1	Agricultura com espaços naturais e seminaturais	0,02
2.4.1.1	Agricultura protegida e viveiros	0,001
1.1.3.1	Áreas de estacionamento e logradouros	0,01
1.5.3.1	Áreas em construção	0,01
1.6.4.1	Cemitérios	0,01
1.2.2.1	Comércio	0,01
2.1.1.1	Culturas temporárias de sequeiro e regadio	0,4
2.3.1.3	Culturas temporárias e/ou pastagens melhoradas associadas a olival	0,2
2.3.1.2	Culturas temporárias e/ou pastagens melhoradas associadas a pomar	0,2
9.1.1.1	Cursos de água naturais	0
1.6.3.1	Equipamentos culturais	0,01
1.1.3.2	Espaços vazios sem construção	0,01
5.1.1.4	Florestas de castanheiro	0,1
5.1.1.6	Florestas de espécies invasoras	0,1
5.1.1.5	Florestas de eucalipto	0,2
5.1.1.7	Florestas de outras folhosas	0,1
5.1.2.3	Florestas de outras resinosas	0,05
5.1.1.3	Florestas de outros carvalhos	0,1
5.1.2.1	Florestas de pinheiro-bravo	0,05
1.2.1.1	Indústria	0,01
1.6.1.2	Instalações desportivas	0,01
6.1.1.1	Matos	0,02
2.3.2.1	Mosaicos culturais e parcelares complexos	0,2
2.2.3.1	Olivais	0,1
1.6.5.1	Outros equipamentos e instalações turísticas	0,01
1.7.1.1	Parques e jardins	0,02

3.1.2.1	Pastagens espontâneas	0,05
1.5.1.2	Pedreiras	0,5
2.2.2.1	Pomares	0,05
1.4.1.1	Rede viária e espaços associados	0,01
1.1.1.2	Tecido edificado contínuo predominantemente horizontal	0,005
1.1.1.1	Tecido edificado contínuo predominantemente vertical	0,005
1.1.2.1	Tecido edificado descontínuo	0,01
1.1.2.2	Tecido edificado descontínuo esparsos	0,01
7.1.3.1	Vegetação esparsa	0,02
2.2.1.1	Vinhas	0,2

O fator antrópico (P), varia entre 0 e 1, e é resultado da densidade de habitantes do concelho por forma a expressar a heterogeneidade do território. No entanto, a aplicação desta metodologia tem demonstrado que considerar este fator distorce os valores da erosão potencial (CNT, 2013). Deste modo, considerou-se o valor 1 de forma preventiva.

O fator topográfico (LS) é resultado da combinação de dois fatores: a extensão da vertente (L) e a inclinação das vertentes (S) e é definido pela seguinte expressão:

$$LS = L * S$$

De acordo com o guia de apoio para o cálculo do fator topográfico (LS), elaborado pela DGT e pela APA, os parâmetros L (1) e S (2) são obtidos de acordo com as seguintes expressões e procedimentos:

1) Fator extensão das vertentes (L):

$$L = \left(\frac{\lambda}{22,13}\right)^m$$

Em que:

- λ – Comprimento da vertente (m);
- m – Coeficiente dependente do declive, determinada pela seguinte fórmula:

$$m = \frac{\beta}{\beta + 1}$$

Em que:

$$\beta = \frac{\sin \theta / 0,0896}{0,56 + 3 (\sin \theta^{0,8})}$$

No cálculo do L, utilizou-se as camadas *raster* do declive e dos fluxos acumulados (*flow accumulation*) produzidos a partir do Modelo Digital do Terreno (MDT), com base nas curvas de nível, pontos cotados e rede hidrográfica.

Após a elaboração do MDT, procedeu-se à sua correção e à determinação dos modelos hidrológicos, de apoio ao cálculo do fator L: sentido dos fluxos hídricos e fluxos acumulados (figura 30).

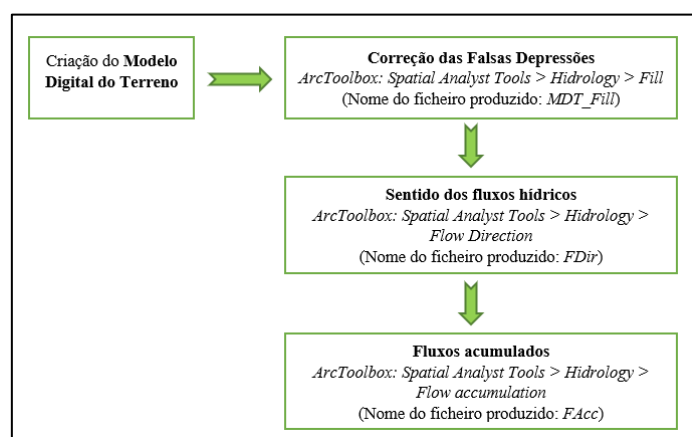


Figura 30 - Esquema para a correção do MDT e determinação dos modelos hidrológico no software Arcgis.
Adaptado de: APA, I.P.; DGT; Reis; Pena, 2020.

Seguidamente, conforme é possível observar na figura 31, calculou-se o comprimento da vertente (λ), através da multiplicação dos fluxos acumulados pelo tamanho das células do modelo (100m). E procedeu-se à correção dos valores nulos, através da adição do valor 1, e à correção da extensão máxima da vertente.

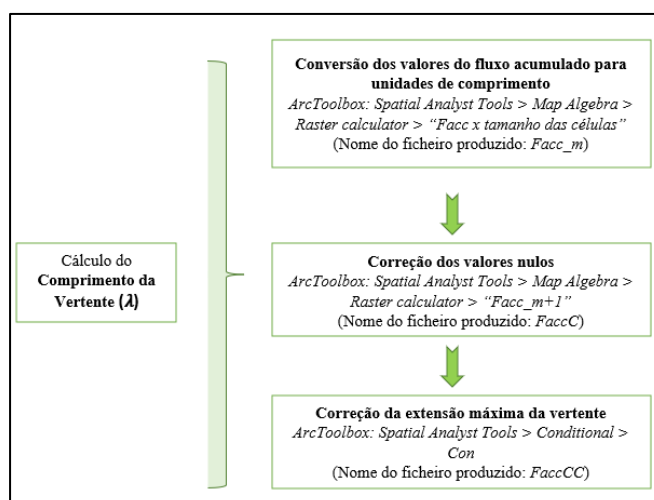


Figura 31 - Processo de obtenção do comprimento da vertente (λ) no software Arcgis.
Adaptado de: APA, I.P.; DGT; Reis; Pena, 2020.

O expoente m está relacionado com o declive, calculado em radianos, e foi obtido através do cálculo do fator Beta e da sua correção (figura 32).

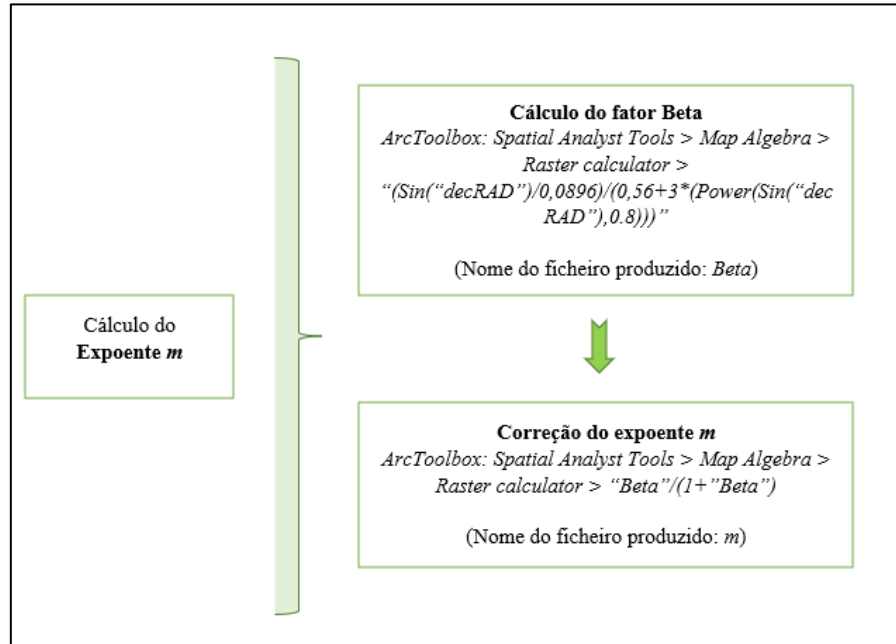


Figura 32 - Cálculo do expoente m no software Arcgis.
Adaptado de: APA, I.P.; DGT; Reis; Pena, 2020.

Com o expoente m e o comprimento da vertente (λ) adquiridos, calculou-se o fator da extensão das vertentes (L), através da fórmula acima referida.

2) Inclinação das vertentes (S):

No cálculo da inclinação das vertentes (S), utilizou-se a camada *raster* do declive, em radianos, e com a ferramenta *raster calculator* aplicou-se as seguintes expressões:

$$S = 10,8 \sin(\theta) + 0,03, \text{ para declive} < 9\% \text{ (5,14}^\circ\text{)}$$

$$S = 16,8 \sin(\theta) - 0,50, \text{ para declive} \geq 9\% \text{ (5,14}^\circ\text{)}$$

Em que:

- θ - Ângulo associado à inclinação do desnível (radianos)

Adquiridos todos os parâmetros necessários, através da ferramenta *raster calculator*, multiplicou-se os fatores L e S , obtendo-se assim, o fator topográfico.

Obtidos todos os fatores necessários ao cálculo da erosão específica do solo (A), multiplicou-se entre si todos os fatores que constituem a EUPS, com o auxílio da ferramenta *raster calculator* (figura 33).

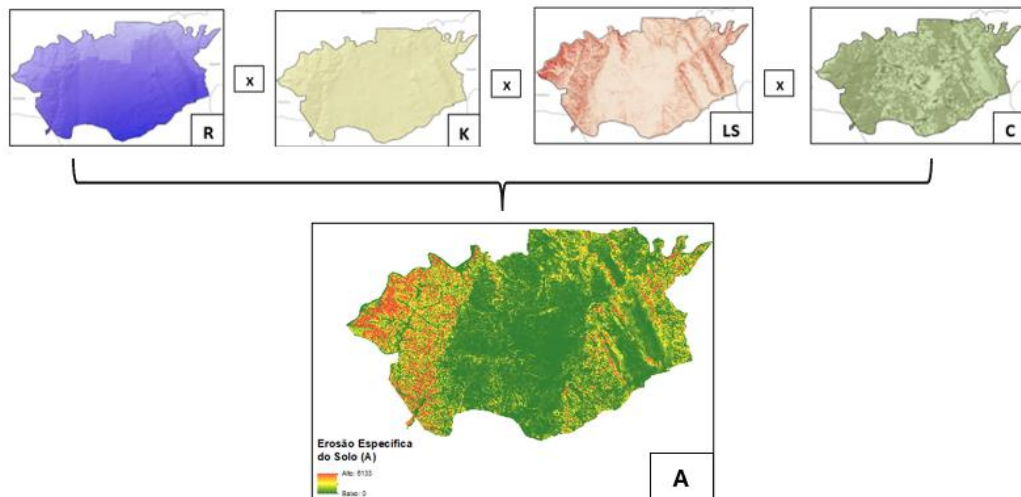


Figura 33 - Ilustração do desenvolvimento da erosão específica do solo.

Após a obtenção da erosão específica do solo (A) procedeu-se ao cálculo do SDR, obtido pela seguinte expressão:

$$SDR = 0,332Ab^{-0,2236}$$

Em que:

- **Ab** – Área de drenagem (Km^2).

O valor do SDR obtido (0,123) foi multiplicado, através da *ferramenta raster calculator*, pela erosão específica do solo (A), obtendo-se o risco de erosão hídrica do solo.

Por último, procedeu-se a reclassificação do risco de erosão hídrica do solo, tendo como base os limites definidos pela Comissão Nacional da Reserva Ecológica Nacional (2013), de acordo com os valores apresentados na tabela 17.

Tabela 8 - Classificação da perda do solo associada ao risco de erosão hídrica.

Perda de solo (ton/ha/ano)	Risco
0 - 25	Baixo
25 - 55	Médio
≥ 55	Elevado

No que diz respeito à normalização da variável, a reclassificação desta variável foi efetuada através da ferramenta *rescale by function*, considerando a função de transformação linear decrescente (figura 34).

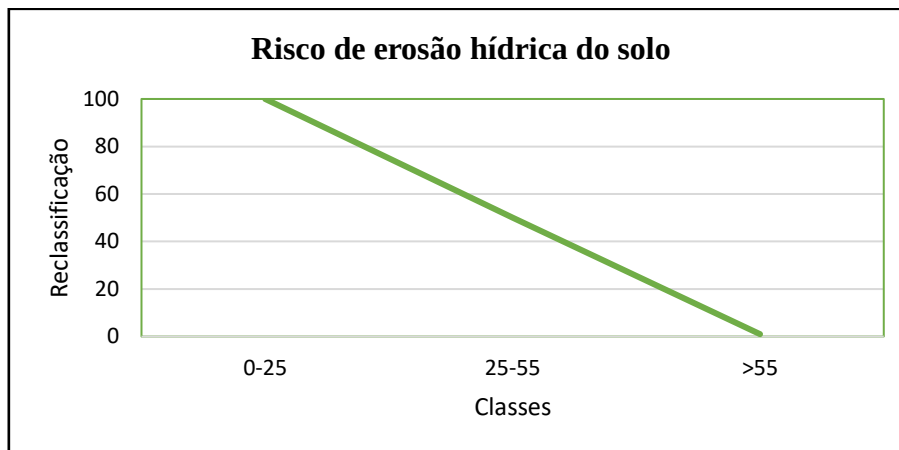


Figura 34 - Gráfico da função de valor do risco de erosão hídrica do solo.

Considerou-se que quanto maior o risco da erosão hídrica do solo, maior é o impacto ambiental.

3.2.3.3 Atributos relacionados com o critério do rendimento económico

O critério do rendimento económico resulta da agregação dos atributos **declive**, **distância à rede viária florestal** e **uso e ocupação do solo** (figura 35).

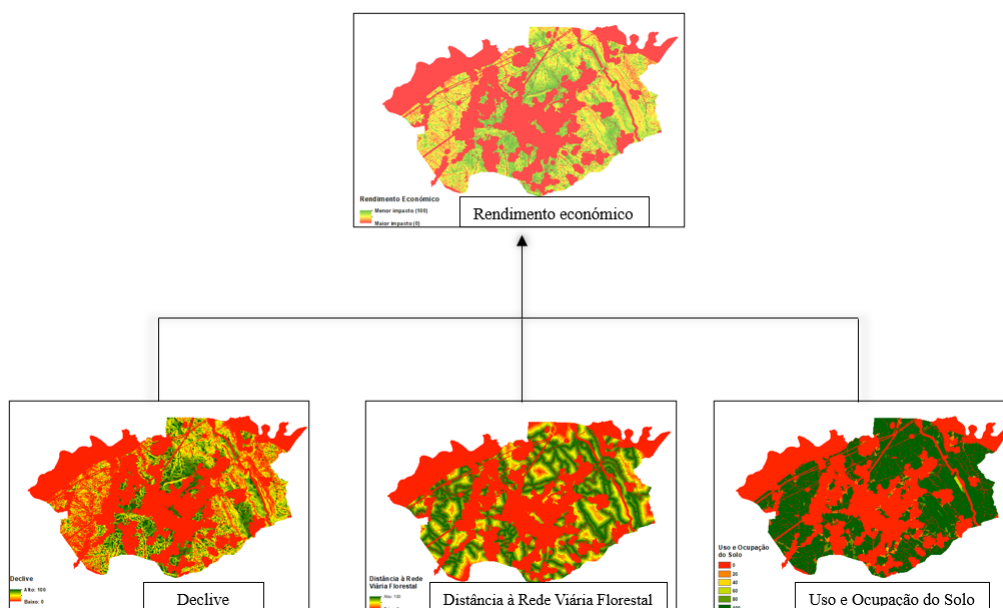


Figura 35 - Ilustração do desenvolvimento do critério de rendimento económico.

O atributo **declive** foi produzido a partir do MDT, com base nas curvas de nível e pontos cotados. Após o desenvolvimento do MDT, calculou-se o declive em percentagem, através da função *slope*.

Seguidamente, procedeu-se à reclassificação do declive em 4 classes: 0 – 10%, 10-30%, 30-45% e >45% e aplicou-se a camada das restrições.

Relativamente ao desenvolvimento da função de valores, a reclassificação foi realizada com a ferramenta *rescale by function*, com a função de transformação linear decrescente (figura 36), uma vez que, quanto maior o declive menor o rendimento económico.

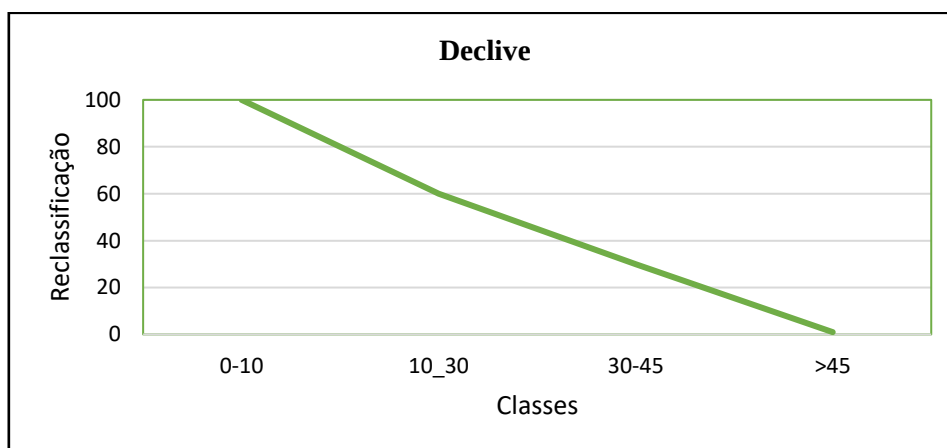


Figura 36 - Gráfico da função de valor do declive.

O atributo **distância à rede viária florestal** é um fator importante na avaliação do rendimento económico. A proximidade à rede viária influencia o rendimento económico, afetando diretamente os custos associados à gestão, condução e exploração dos povoamentos. Desta forma, é possível afirmar que quanto maior for proximidade à rede viária menor são os custos.

Para o cálculo da distância à rede viária florestal, utilizou-se função *euclidean distance*, e posteriormente, através da ferramenta *raster calculator*, foi aplicada a camada de restrições.

A normalização do atributo foi efetuada, com recurso à ferramenta *reclass by function*, considerando a função linear decrescente (figura 37).

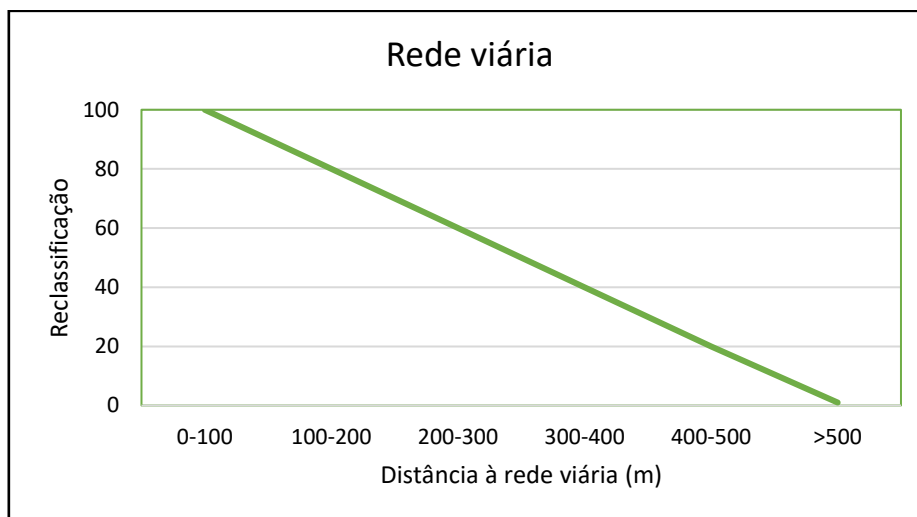


Figura 37 - Gráfico da função de valor da rede viária.

O atributo **uso e ocupação do solo** representa um indicador indireto do custo de aquisição de terra e da transformação da atividade. Por exemplo, o custo associado às operações de transformação de uma área agrícola em floresta, é superior ao custo de transformação de uma área de matos em floresta.

Para o seu desenvolvimento, foi necessário converter o ficheiro de polígonos para *raster*. Seguidamente, foi aplicada a camada de restrições e procedeu-se à reclassificação, de acordo com os valores apresentados na tabela 18.

Tabela 9 - Reclassificação do uso e ocupação do solo.

Uso e ocupação do solo	Reclassificação
Territórios artificializados	1
Agricultura	20
Pastagens	40
Florestas	100
Matos	80
Vegetação espontânea	60

3.2.4 Agregação das variáveis

Uma vez que a modelação da aptidão para a produção florestal envolve a presença de vários critérios e atributos, é natural que se considere que uns são mais importantes que outros, desta forma, a agregação das variáveis foi efetuada com o vetor de pesos.

De uma forma geral, o peso na soma linear ponderada constitui um coeficiente de importância relativa, ou seja, a importância que a variável ou atributo apresenta para o cálculo da aptidão, relativamente aos outros atributos que estão a ser considerados na análise (Fidalgo, 2015).

Este grau de importância foi atribuído de acordo com a influência que o atributo tem na aptidão e numa escala de 0 e 1, por forma a garantir que a soma do vetor do peso fosse igual à unidade. Importa ainda, referir que, a agregação das variáveis foi realizada com a soma linear ponderada, através do vetor de pesos, utilizando a função *raster calculator*, disponível nos SIG.

De seguida, apresentam-se os vetores de pesos utilizados na modelação de cada um dos critérios.

O vetor de pesos para a modelação da aptidão ecológica teve por base as variáveis precipitação e tipo de solo. Tendo em consideração que a variação da precipitação não é tão significativa como a distribuição dos solos, atribui-se maior peso ao tipo de solo (tabela 19).

Tabela 19 - Peso atribuído às variáveis para a aptidão ecológica.

Aptidão ecológica	Peso
Precipitação	0,40
Tipo de solo	0,60

No que se refere ao impacto ambiental, as variáveis utilizadas foram a distância às linhas de água, a perigosidade de incêndio florestal e o risco de erosão hídrica do solo. Foi atribuído um peso semelhante a cada variável, conforme é possível visualizar na tabela 20.

Tabela 10 - Peso atribuído às variáveis para o impacto ambiental.

Impacte ambiental	Peso
Risco de erosão hídrica do solo	0,35
Perigosidade de incêndio florestal	0,35
Distância às linhas de água	0,30

Para a obtenção do rendimento económico, procedeu-se à junção das variáveis do declive, do uso e ocupação do solo e da distância à rede viária florestal, através da ferramenta *raster calculator*. O declive e a rede viária foram as variáveis consideradas com maior peso. Contrariamente, como o uso e a ocupação do solo tem impacto económico apenas no momento da implementação dos povoamentos, foi considerada a variável com menor peso (tabela 21).

Tabela 111 - Peso atribuído às variáveis para o rendimento económico.

Rendimento económico	Peso
Uso e ocupação do solo	0,10
Declive	0,50
Distância à rede viária florestal	0,40

Por fim, com a agregação dos três critérios modelou-se a aptidão para a produção florestal. Na tabela 22 encontra-se os pesos atribuídos a cada critério.

Tabela 12 - Peso atribuído aos critérios para a aptidão da produção florestal.

Produção florestal	Peso
Impacte ambiental	0,10
Rendimento económico	0,40
Aptidão ecológica	0,50

Como o risco de erosão hídrica do solo é obtido através do declive, e as linhas de água já estão consideradas na camada das restrições, atribuiu-se menor peso ao impacte ambiental. Seguidamente, considerou-se que a aptidão ecológica é mais importante que o fator económico.

3.2.5 Análise de sensibilidade aos pesos

Após a construção do modelo, a fase de utilização consiste numa fase de exploração da solução com o objetivo de validar os resultados, designada habitualmente de análise de sensibilidade (Fidalgo, 2016).

Esta análise permite identificar os critérios com influência crítica no resultado, isto é, em que uma pequena variação no critério implica uma mudança na ordenação das alternativas (Belton e Stewart, 2002).

A análise de sensibilidade recai sobre as preferências dos decisores e dos *stakeholders* (grupos de interesse), e o método mais utilizado consiste em observar como

se comporta o objetivo final após se admitir uma pequena variação num parâmetro/critério.

Neste caso, a análise de sensibilidade incidiu em alterações no vetor de pesos dos critérios, pressupondo casos extremos.

No primeiro caso, considerou-se o rendimento económico como o fator com maior importância para a modelação da aptidão para a produção florestal. Desta forma, procedeu-se a alteração dos pesos atribuídos a cada critério, através da ferramenta *raster calculator*, atribuindo-se maior peso ao rendimento económico (tabela 23).

Tabela 13 - Peso atribuído aos critérios – Rendimento económico.

Produção florestal	Peso
Impacte ambiental	0,00
Rendimento económico	0,70
Aptidão ecológica	0,30

No segundo caso, a rentabilidade económica deixa de ser a principal preocupação, passando a ser o impacte ambiental provocado pelas plantações. Deste modo, conforme é possível observar na tabela 24, procedeu-se a alteração dos pesos, atribuindo-se maior peso ao impacte ambiental e menor ao rendimento económico.

Tabela 14 - Peso atribuído aos critérios – Impacte ambiental.

Produção florestal	Peso
Impacte ambiental	0,70
Rendimento económico	0,00
Aptidão ecológica	0,30

Capítulo IV – Resultados

4.1 Evolução do uso e ocupação do solo

4.1.1 Uso e ocupação do solo no ano de 1995

De acordo com a tabela 25, em 1995, 70,3% da área do concelho era ocupado por floresta, correspondente a 5 937,1 ha. A agricultura ocupava cerca de 17,5%, o que correspondia a aproximadamente 1 475,7 ha e os territórios artificializados ocupavam cerca de 4,5% (376,6 ha).

Tabela 15 - Área e percentagem ocupada por classe de uso e ocupação do solo (nível 1) em 1995.

Descrição	Área (ha)	% Área total
Territórios artificializados	376,6	4,5
Agricultura	1 475,7	17,5
Pastagens	6,4	0,1
Sistemas agroflorestais	1,1	0,0
Florestas	5 937,1	70,3
Matos	607,3	7,2
Vegetação espontânea	6,9	0,1
Massas de água	33,9	0,4

Tratava-se de uma paisagem em que os usos rurais dominavam com três classes dominantes: floresta (70,3%), agricultura (17,5%) e matos (7,2%). As pastagens, com apenas 6,4 ha (0,1%), localizavam-se junto aos aglomerados populacionais (figura 38).

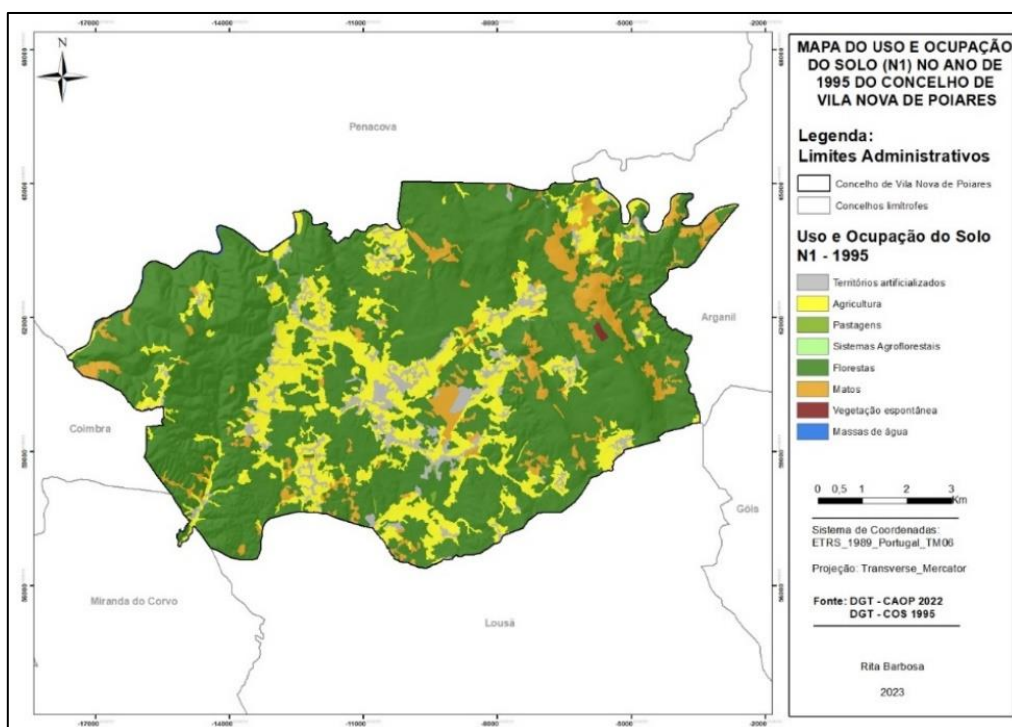


Figura 38 - Mapa de uso e ocupação do solo (nível 1) em 1995.

Na figura 39, é apresentada a composição dos povoamentos florestais (nível 4 da COS) no ano de 1995. Verifica-se a presença de diferentes classes de ocupação, designadamente, a presença de espécies autóctones com valor de conservação, como os carvalhos e as folhosas.

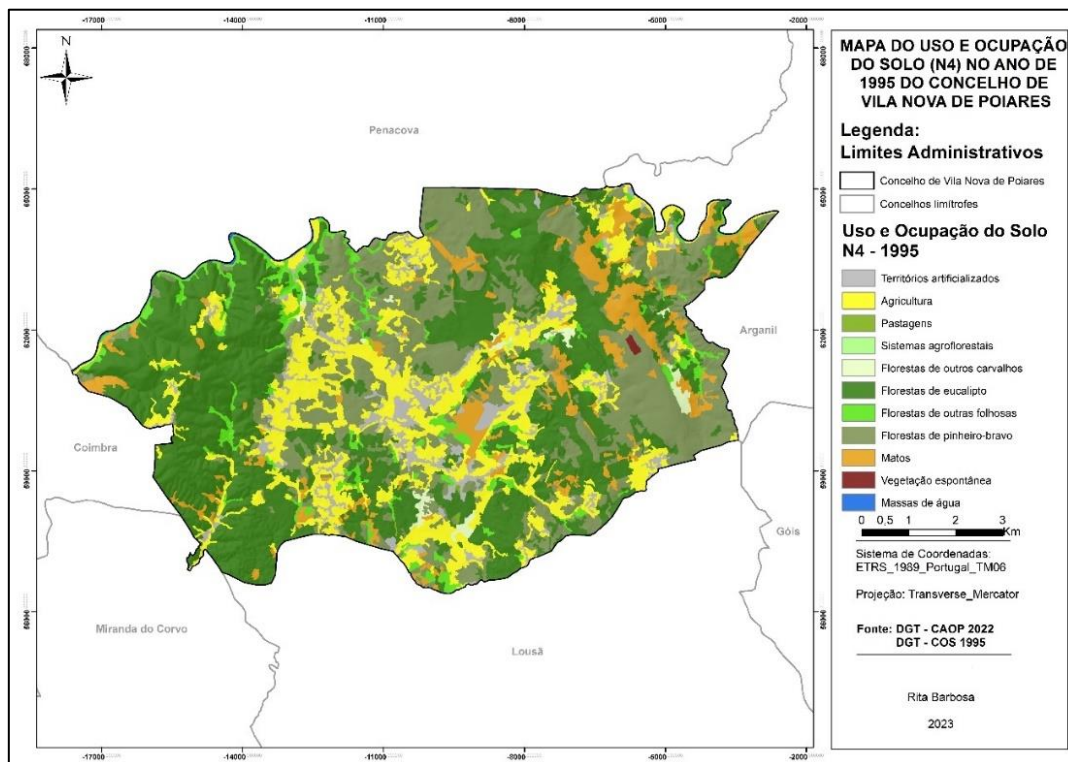


Figura 39 - Mapa da ocupação florestal (nível 4) em 1995.

A análise da tabela 26 salienta que os povoamentos de eucalipto dominavam a ocupação das áreas florestais, ocupando 3 318,8 ha (55,9%).

Tabela 166 - Área e percentagem ocupada por classe de ocupação florestal (nível 4) em 1995.

Descrição	Área (ha)	% Área total
Florestas de outros carvalhos	74,6	1,3
Florestas de eucalipto	3 318,8	55,9
Florestas de outras folhosas	381,4	6,4
Florestas de pinheiro-bravo	2 162,3	36,4

O pinheiro-bravo era a segunda ocupação com maior representatividade (36,4% correspondente a 2 162,3 ha), seguindo-se a floresta de outras folhosas (6,4% correspondente a 381,4 ha). Contrariamente, a floresta de outros carvalhos apresentava menor representatividade (1,3%).

4.1.2 Uso e ocupação do solo no ano de 2018

No ano de 2018, a distribuição da área dos domínios ocorria de acordo com os valores apresentados na tabela 27. Da totalidade da área do concelho de Vila Nova de Poiares, 6 405,9 ha passaram a ter ocupação florestal, o que corresponde a 75,9% da área total.

Tabela 17 - Área e percentagem ocupada por classe de uso e ocupação do solo (nível 1) em 2018.

Descrição	Área (ha)	% Área total
Território artificializados	567,1	6,7
Agricultura	1 274,9	15,1
Pastagens	15,1	0,2
Floresta	6 405,9	75,9
Matos	137,1	1,6
Vegetação espontânea	11,8	0,1
Massas de água	33,2	0,4

Os territórios artificializados aumentaram comparativamente a 1995, passando a ter uma representatividade de 6,7%, correspondendo a 567,1 ha. A área de agricultura e de matos decresceram passando a ocupar 1 274,9 ha (15,1%) e 137,1 ha (1,6%), respetivamente. A floresta começou a expandir-se para as áreas agrícolas e de matos tornando as áreas sociais mais vulneráveis aos incêndios (figura 40).

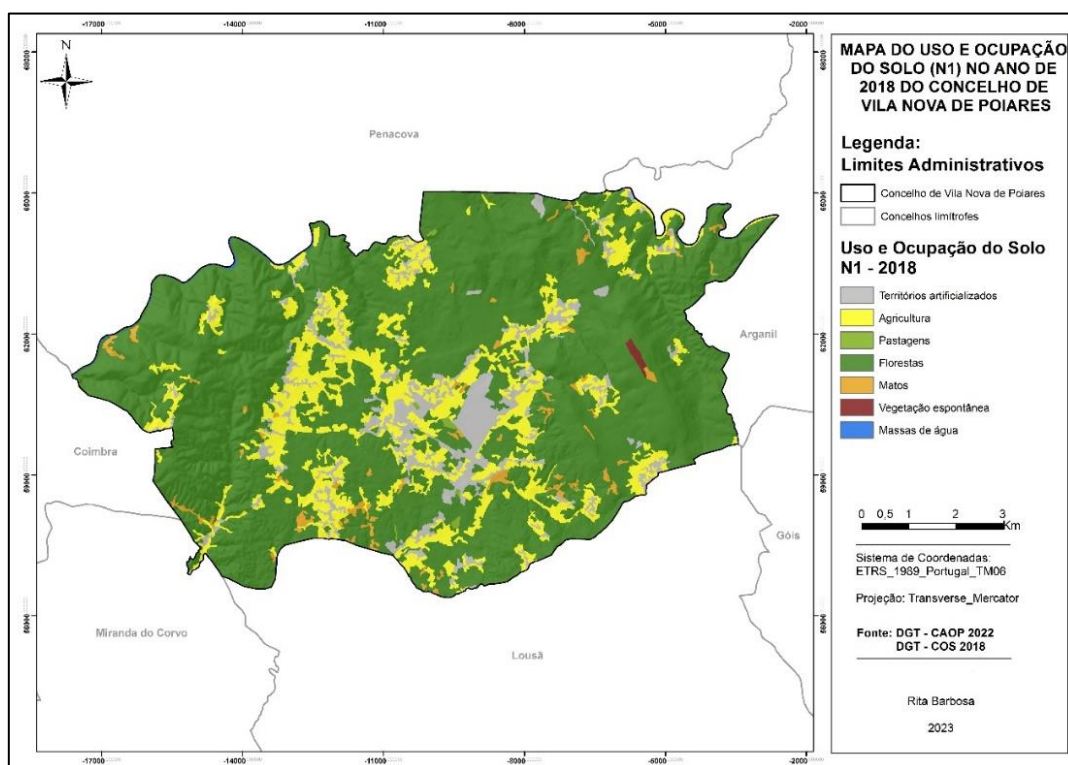


Figura 40 - Mapa de uso e ocupação do solo (nível 1) em 2018.

Através da figura 41 observa-se que a composição dos povoamentos florestais também se alterou significativamente.

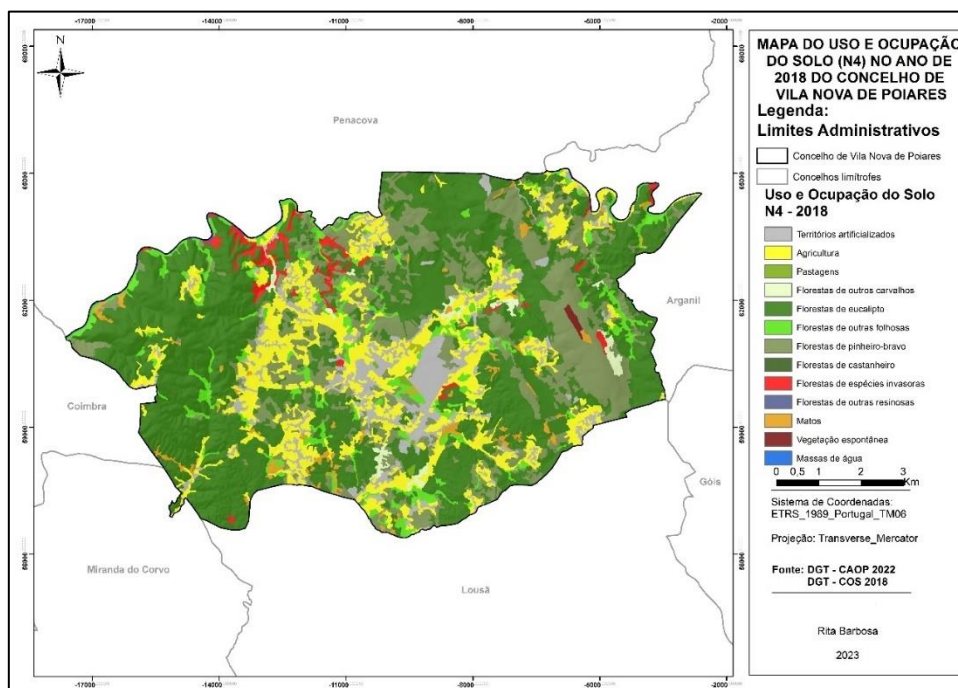


Figura 41 - Mapa da ocupação florestal (nível 4) em 2018.

Embora, com uma presença muito reduzida, verifica-se o aparecimento de três novas classes de povoamentos florestais: o castanheiro, as resinosas diversas e as espécies invasoras (tabela 28).

Tabela 18 - Área e percentagem ocupada por classe de ocupação florestal (nível 4) em 2018.

Descrição	Área (ha)	% Área total
Florestas de outros carvalhos	81,9	1,3
Florestas de eucalipto	3 971,0	62,0
Florestas de outras folhosas	501,5	7,8
Florestas de pinheiro-bravo	1 713,1	26,7
Florestas de castanheiro	1,6	0,0
Florestas de espécies invasoras	135,6	2,1
Florestas de outras resinosas	1,4	0,0

Comparativamente com 1995, o eucalipto aumentou significativamente a sua representatividade, ocupando 62% da área florestal, correspondente a 3 971,0 ha. As florestas de pinheiro-bravo, embora vejam a sua área diminuída, continuam a ser a segunda classe com maior representação (26,7%, correspondente a 1 713,1 ha). As florestas de outras folhosas surgem na terceira posição com uma ocupação de 501,5 ha (7,8%), seguidas pelas florestas de outros carvalhos com 81,9 ha (1,3%).

4.1.3 Dinâmica do uso e ocupação do solo ao nível do domínio entre 1995 e 2018

Na tabela 29 apresenta-se a matriz de transição relativa aos domínios do uso e ocupação do solo entre 1995 e 2018.

Tabela 29 - Matriz de transição de usos e ocupações do solo entre 1995 e 2018 (área em ha).

2018									Totais				
1995	Territórios artificializados	Agricultura	Pastagens	Sistemas agroflorestais	Floresta	Matos	Vegetação espontânea	Massas de água	Total 1995	Perdas	Balanço	Taxa de variação (ha/ano)	Taxa de estabilidade (%)
Territórios artificializados	375,1	0,4			1,0				376,6	1,4	190,5	8,3	66,2
Agricultura	83,4	1 223,7	2,9		149,6	16,2			1 475,7	252,1	-200,8	-8,7	96,0
Pastagens			6,4						6,4	0,0	8,8	0,4	42,1
Sistemas agroflorestais					1,1				1,1	1,1	-1,1	0,0	0,0
Floresta	49,9	32,1	5,7		5 840,6	3,9	4,9		5 937,1	96,5	468,8	20,4	91,2
Matos	58,6	18,7	0,2		412,9	117,0			607,3	490,4	-470,3	-20,4	85,3
Vegetação espontânea							6,9		6,9	0,0	4,9	0,2	58,6
Massas de água					0,8			33,2	33,9	0,8	-0,8	0,0	100,0
Total 2018	567,1	1 274,9	15,1		6 405,9	137,1	11,8	33,2	8 445,1	842,3	0,0	0,0	
Ganhos	192,0	51,3	8,8	0,0	565,3	20,1	4,9	0,0	842,3				

A diagonal da matriz, destacada com a cor verde escura, representa as áreas em que o uso e a ocupação do solo se mantiveram sem alterações. A taxa de estabilidade indica a percentagem da área total da classe em 2018 que permaneceu inalterada, apresentando uma média bastante elevada na agricultura (96,0%), na floresta (91,2%) e nos matos (85,3%). As pastagens apresentam uma taxa consideravelmente mais baixa (42,1%), revelando que as transferências de uso nesta classe são superiores. Os sistemas agroflorestais apresentam uma taxa de estabilidade de 0%, pois deixam de existir em 2018.

Relativamente às mudanças de uso, e de acordo com a figura 42, a floresta destaca-se nos ganhos, com um aumento de 565,3 ha face ao valor de área em 1995, correspondente a um balanço de 468,8 ha e a uma média de crescimento anual de 20,4 ha. Este aumento é resultado principalmente da conversão de matos e de agricultura para a floresta. Comparativamente, as perdas são muito reduzidas (96,5 ha) e ocorrem sobretudo para a classe dos territórios artificializados e da agricultura.

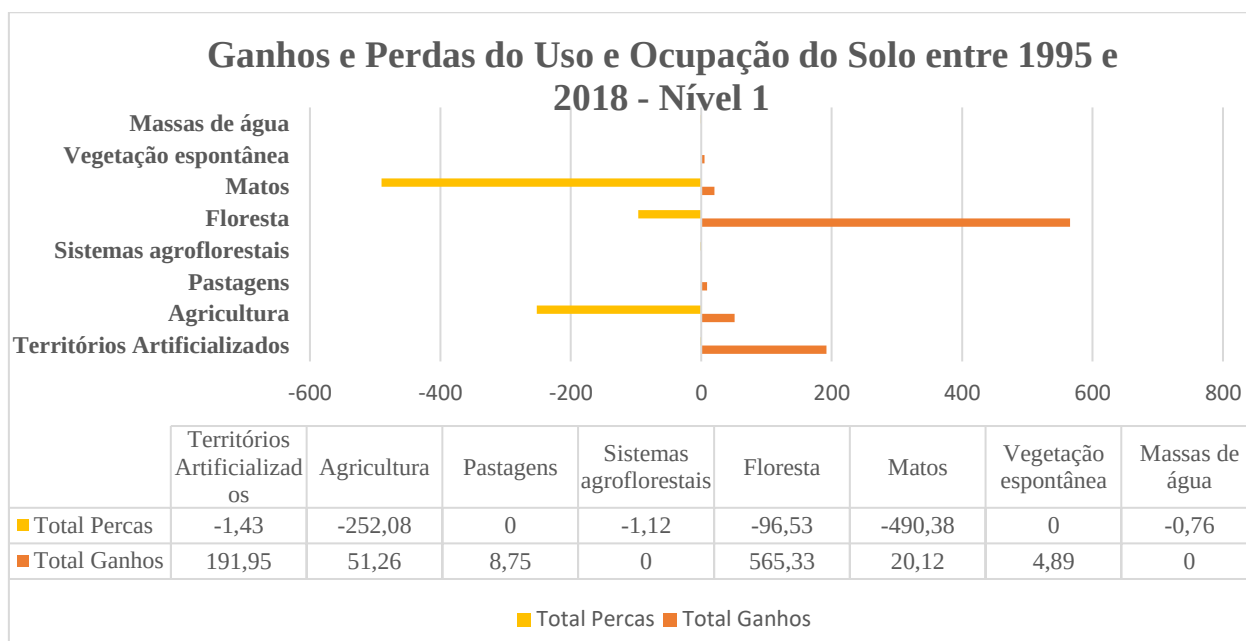


Figura 42- Perdas e ganhos nas classes de uso e ocupação do solo entre 1995 e 2018.

Os territórios artificializados vêm a sua área a aumentar em 192 ha, correspondendo a um acréscimo médio anual de 8,3 ha. Em oposição, os matos e a agricultura são os usos com maior destaque ao nível das perdas, com um decréscimo de 470,3 ha e 200,8 ha, respetivamente. As perdas dos matos podem ser atribuídas à transferências para a floresta, para os territórios artificializados, e em menor proporção para áreas que passaram a ser agricultadas.

4.1.4 Dinâmica de uso e ocupação ao nível da composição dos povoamentos florestais entre 1995 e 2018

Na tabela 30, encontra-se os resultados obtidos na matriz de transição relativos à ocupação florestal, que permitirá compreender as principais alterações inerentes à composição florestal. No entanto, mantiveram-se todas as classes dos domínios para se proceder a uma melhor análise das transferências de uso.

As taxas de estabilidade são de 81,5% para o pinheiro-bravo, 81,2% para o eucalipto e 55,4% para as florestas de outras folhosas.

Tabela 190 - Matriz de transição dos domínios do uso do solo e da ocupação florestal entre 1995 e 2018.

2018															Totais				
1995	Territórios artificializados	Agricultura	Pastagens	Sistemas Agroflorestais	Florestas de outros carvalhos	Florestas de eucalipto	Florestas de outras folhosas	Florestas de pinheiro-bravo	Florestas de castanheiro	Florestas de espécies invasoras	Florestas de outras resinosas	Matos	Vegetação espontânea	Massas de água	Total 1995	Perdas	Balanço	Taxa de variação (ha/ano)	Taxa de estabilidade (%)
Territórios artificializados	375,1	0,4					0,6	0,5							376,6	1,4	190,5	8,3	66,2
Agricultura	83,4	1 223,7	2,9		6,8	26,3	89,1	26,2		1,2		16,2			1475,7	252,1	-200,8	-8,7	96,0
Pastagens			6,4												6,4	0,0	8,8	0,4	42,1
Sistemas Agroflorestais					1,1										1,1	1,1	-1,1	0,0	0,0
Florestas de outros carvalhos		2,0			72,1	0,4	0,2								74,6	2,6	7,2	0,3	88,0
Florestas de eucalipto	24,3	12,6				3 226,3	12,4	31,6		10,1		1,5			3318,8	92,5	652,2	28,4	81,2
Florestas de outras folhosas	0,9	2,8	1,6			7,9	277,9			90,3					381,4	103,5	120,1	5,2	55,4
Florestas de pinheiro-bravo	24,8	14,7	4,1			612,0	75,9	1 396,3		25,9	1,4	2,4	4,9		2162,3	766,0	-449,3	-19,5	81,5
Florestas de castanheiro															0,00	0,0	1,6	0,1	0,0
Florestas de espécies invasoras															0,00	0,0	135,6	5,9	0,0
Florestas de outras resinosas															0,00	0,0	1,4	0,1	0,0
Matos	58,6	18,7	0,2		1,9	98,1	45,4	258,5	1,6	7,4		117,0			607,3	490,4	-470,3	-20,4	85,3
Vegetação espontânea													6,9		6,9	0,0	4,9	0,2	58,6
Massas de água										0,8				33,2	33,9	0,8	-0,8	0,0	100,0
Total 2018	567,1	1 274,9	15,1		81,9	3 971,0	501,5	1 713,1	1,6	135,6	1,4	137,1	11,8	33,2	8445,1	1710,4	0,0	0,0	
Ganhos	192,0	51,3	8,8	0,0	9,8	744,7	223,6	316,8	1,6	135,6	1,4	20,1	4,9	0,0					

A composição das áreas florestais sofreu alterações, evidenciando-se a expansão do eucalipto, com um aumento líquido de 652,2 ha, superando o aumento líquido de 468,8 ha da área florestal. O aumento desta espécie, com um crescimento médio anual de 28,4 ha, é resultado da transferência das classes dos matos e da agricultura, mas também da reconversão das florestas de pinheiro-bravo e das florestas de outras folhosas. O eucalipto apresenta perdas insignificantes (92,5 ha) ao longo dos 23 anos.

A área de pinheiro-bravo diminuiu significativamente em 766,0 ha, correspondendo a um decréscimo médio anual de 19,5 ha, consequência da reconversão de área para as florestas de eucalipto e de outras folhosas. É importante salientar o aparecimento do castanheiro, das resinosas diversas e das espécies invasoras (figura 43).

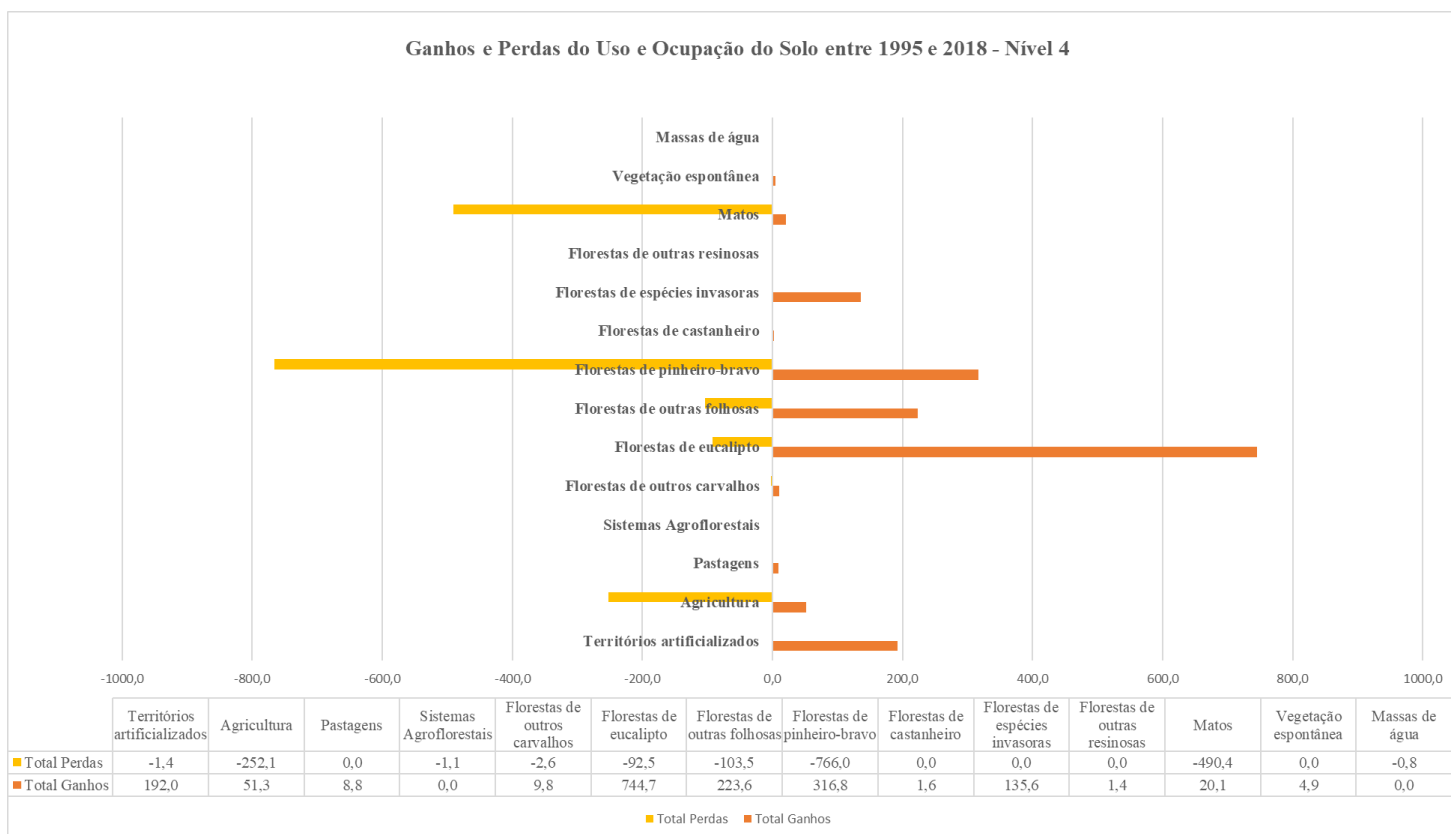


Figura 43 - Perdas e ganhos nas classes de uso e ocupação do solo e da ocupação florestal entre 1995 e 2018.

No que diz respeito à evolução do uso e ocupação do solo em Portugal Continental, entre 1995 e 2018, segundo a Direção-Geral do Território (2020), verificou-se o aumento da área dos territórios artificializados e da floresta (figura 44).

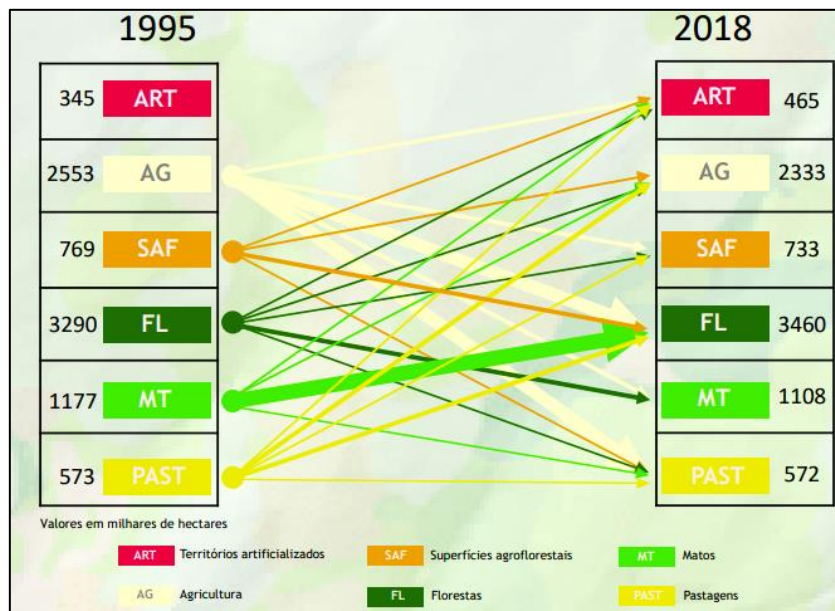


Figura 44 - Evolução do uso e ocupação do solo entre 1995 e 2018 em Portugal Continental.
Fonte: Direção-Geral do Território, 2020.

As novas áreas de floresta resultam essencialmente da conversão das áreas de matos e de agricultura. Os territórios artificializados aumentaram sobretudo à custa das áreas agrícolas e da floresta.

Contrariamente, a agricultura e os matos viram as suas áreas decrescer. Desta forma, é possível concluir que a evolução do uso e ocupação do solo de Vila Nova de Poiares segue a mesma tendência que o território nacional para o referido período temporal.

4.2 Modelação da aptidão para a produção florestal

4.2.1 Restrições

Na figura 45 é apresentado o mapa das restrições da aptidão para a produção florestal. Da totalidade da área do concelho de Vila Nova de Poiares, 4 197,4 ha apresentam restrições à produção florestal, correspondendo a 49,7% da área total.

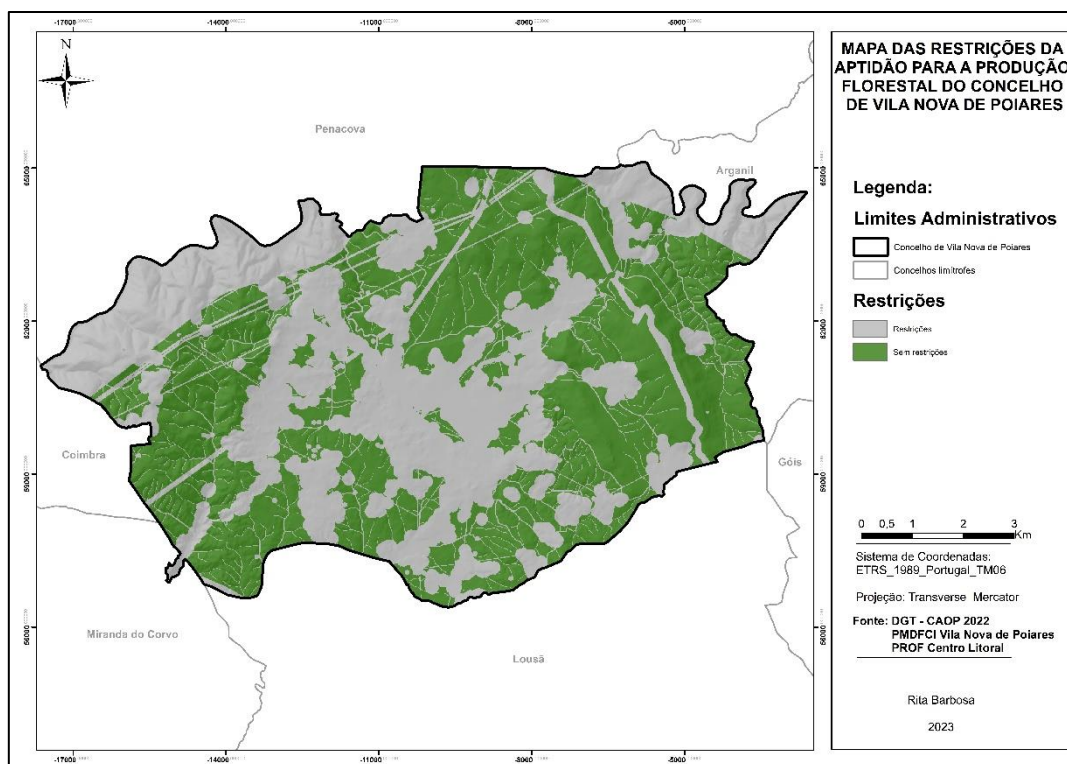


Figura 45 - Mapa das restrições da produção florestal.

A maioria da área das restrições corresponde às FGC, ocupando 2 692,5 ha (64,1%), e são consequência do estabelecido nos instrumentos de planeamento, designadamente no PMDFCI (tabela 31).

Tabela 20 - Área e percentagem ocupada pelas restrições.

Restrições	Área (ha)	% Área total
Linhas de água	490,4	11,7
Corredor ecológico	1 014,5	24,2
Faixas de Gestão de Combustível	2 692,5	64,1

O corredor ecológico é a segunda variável com maior representatividade, abrangendo 24,2% da área, o que corresponde a 1 014,5 ha, seguido pelas linhas de água que ocupam 490,4 ha (11,7%).

A análise da tabela 32 salienta que 32,4% da área das restrições se encontra ocupada por eucalipto, totalizando 1 359,5 ha. Destaca-se que o eucalipto ocupa 58,7% (595,3 ha) da área de corredor ecológico e 31,6% (155,0 ha) da área correspondente às linhas de água. Relativamente às FGC, 609,2 ha (22,6%) são ocupados por eucalipto.

Tabela 21 - Área e percentagem de eucalipto existente nas restrições.

Restrições	Área (ha)	% Área total
Linhas de água	155,0	31,6
Corredor ecológico	595,3	58,7
Faixas de Gestão de Combustível	609,2	22,6

Neste contexto, verifica-se que o eucalipto, do ponto de vista do ordenamento do território, ocupa áreas consideradas inadequadas e que não são permitidas legalmente, o que agrava significativamente os riscos associados, nomeadamente, o risco de incêndio e o risco de erosão.

4.2.2 Aptidão ecológica

Segundo Correia e Oliveira (2003), o eucalipto prefere climas húmidos, com uma temperatura média anual de 12°C e precipitação média anual superior a 700 mm, distribuída uniformemente ao longo do ano. Abaixo destes valores, as taxas de crescimento diminuem bastante, e os povoamentos ficam debilitados devido ao stress hídrico, tornando-se mais suscetíveis a ataques de pragas ou doenças. Relativamente aos solos não é muito exigente, sendo capaz de crescer em solos pouco férteis e ácidos, no entanto, os melhores crescimentos observam-se em solos argilosos, siliciosos, soltos e profundos.

Em termos genéricos, podemos afirmar que os valores de precipitação e temperatura são favoráveis, e que no concelho existem condições adequadas para a cultura desta espécie (figura 46).

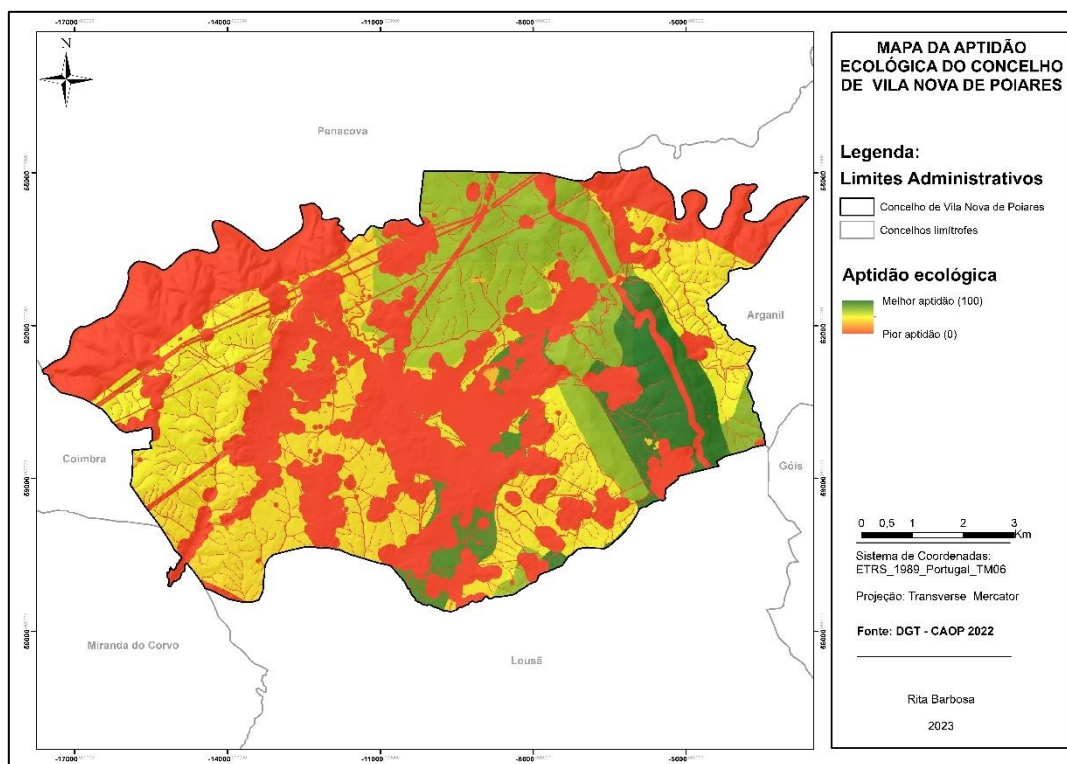


Figura 46 - Mapa da aptidão ecológica.

Partindo do pressuposto de que há condições favoráveis para o desenvolvimento do eucalipto, é possível identificar zonas com maior aptidão e outras mais problemáticas. As áreas menos favoráveis são aquelas que, de acordo com a aptidão ecológica, se localizam nas zonas com menor precipitação e solos mais fracos e pouco profundos, abrangendo 1 933,1 ha (22,9%). Por outro lado, as áreas com melhor aptidão, que representam 27,4% da área total (2 314,8 ha), coincidem com as zonas onde a precipitação é mais elevada e os solos mais profundos, localizando-se essencialmente na Serra do Bidueiro e na Serra de São Pedro Dias (tabela 33).

Tabela 22 - Área e percentagem da aptidão ecológica.

Aptidão ecológica	Área (ha)	% Área total	Área de eucalipto (ha)	% Área de eucalipto
Restrições	4 197,4	49,7	1 359,5	32,4
Maior aptidão	2 314,8	27,4	1 694,9	73,2
Menor aptidão	1 933,1	22,9	916,6	47,4

Da totalidade da área com menor aptidão, 47,4% (916,6 ha) encontra-se ocupada por eucalipto.

4.2.3 *Impacte ambiental*

A produção florestal baseia-se em técnicas de exploração em que as rotações são mais curtas e ocorrem mobilizações mais intensivas, agravando consideravelmente a debilidade dos fatores ambientais, nomeadamente os solos e o risco de erosão.

Como seria de esperar, o impacte ambiental é maior nas zonas menos favoráveis, ou seja, nos locais com menor disponibilidade de água, solos mais fracos e declives mais elevados (figura 47).

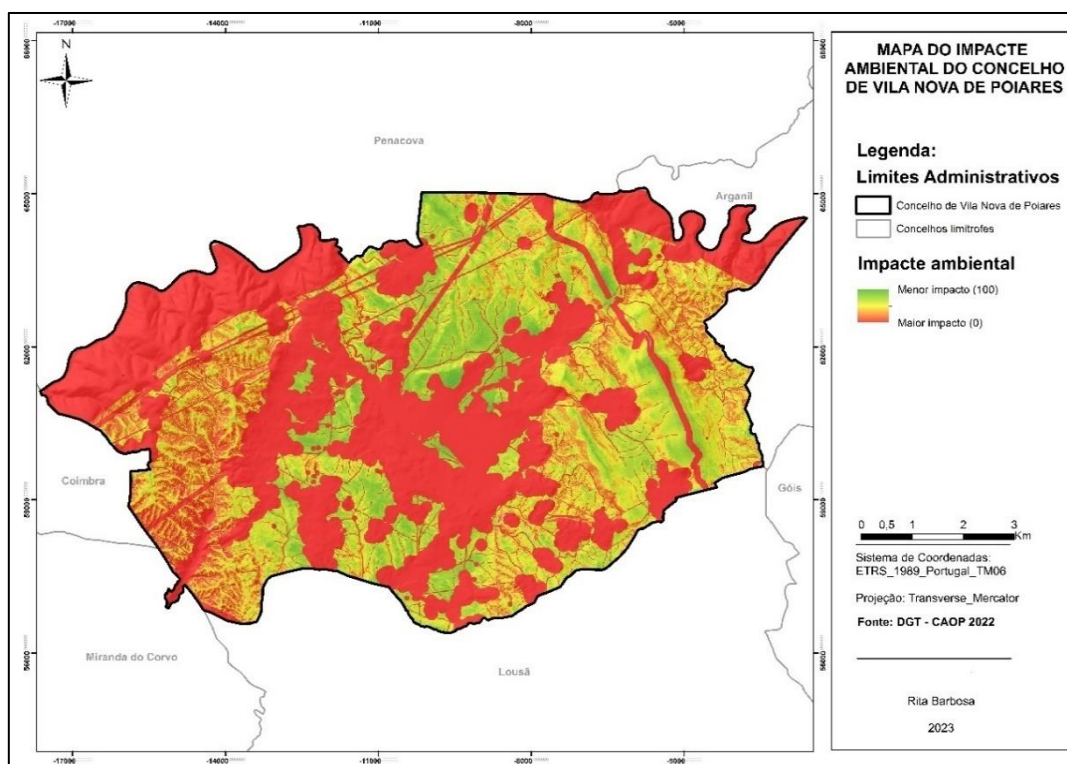


Figura 47 - Mapa do impacte ambiental.

Embora a aptidão ecológica seja elevada, o mapa do impacte ambiental mostra que o meio ambiente também é bastante vulnerável às plantações intensivas, resultado do risco de erosão e do risco de incêndio.

Na tabela 34, encontram-se as áreas do impacte ambiental no concelho de Vila Nova de Poiares.

Tabela 23 - Área e percentagem do impacte ambiental.

Impacte ambiental	Área (ha)	% Área total	Área de eucalipto (ha)	% Área de eucalipto
Restrições	4 197,4	49,7	1 359,5	32,4
Maior impacte	1 913,3	22,7	1 432,4	74,9
Menor impacte	2 334,6	27,6	1 179,6	50,5

Da totalidade da área do concelho, 2 334,6 ha (27,6%) correspondem a zonas com menor impacte ambiental. As zonas com maior impacte representam 22,7 % da área total, correspondendo a 1 913,3 ha, e são ocupadas maioritariamente por eucalipto (1 432,4 ha – 74,9%).

4.2.4 Rendimento económico

Na figura 48 encontra-se o mapa do rendimento económico.

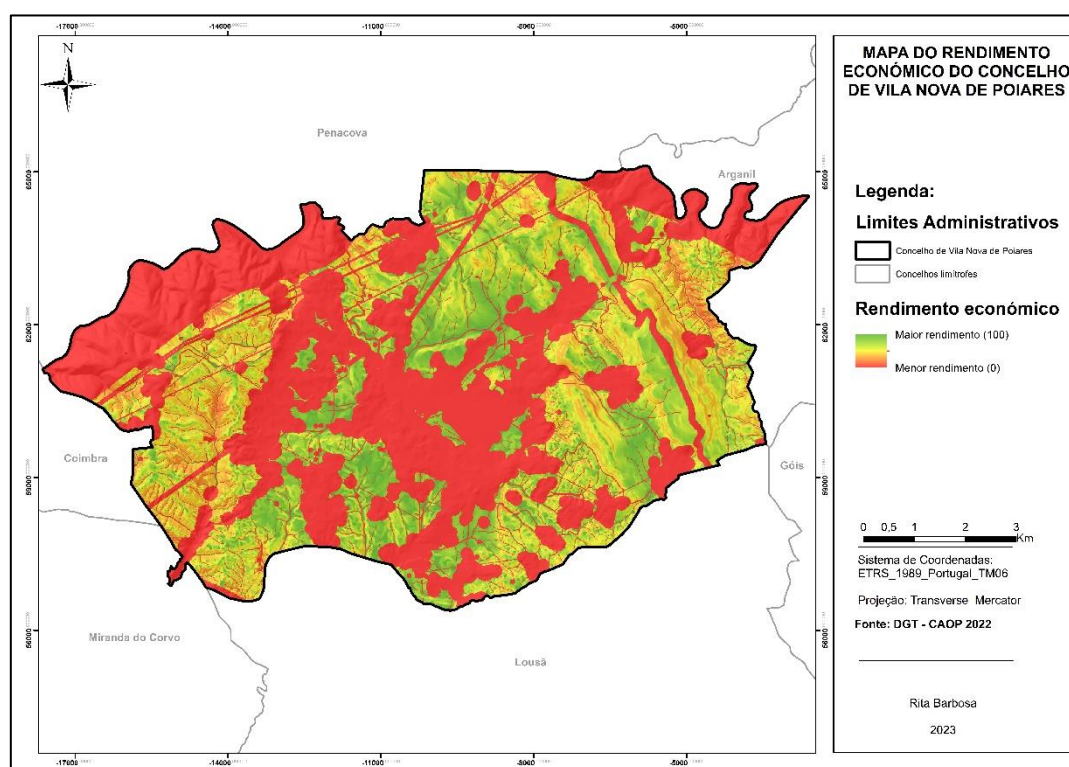


Figura 48 - Mapa do rendimento económico.

As zonas com menores custos para a produção florestal estão localizadas na freguesia de Poiares (Santo André), devido ao uso e ocupação do solo predominantemente agrícola, aos declives mais reduzidos, entre 0-10%, e à elevada densidade da RVF, que facilita o escoamento dos produtos, a gestão e a exploração florestal (tabela 35).

Tabela 24 - Área e percentagem do rendimento económico.

Rendimento económico	Área (ha)	% Área total	Área de eucalipto (ha)	% Área de eucalipto
Restrições	4 197,4	49,7	1 359,5	32,4
Maior rendimento	2 242,2	26,5	1 230,9	54,9
Menor rendimento	2 005,7	23,7	1 381,1	68,9

A proporção de área com custos mais elevados é de 23,7% da área total do concelho, correspondendo a 2 005,7 ha, localizada principalmente nas freguesias de Lavegadas e de Arrifana. Estes custos são essencialmente atribuídos aos elevados declives presentes nestas zonas. É importante mencionar que, apesar dos custos elevados nestas áreas, traduzindo-se em menor rendimento económico, o eucalipto encontra-se presente em 1 381,1 ha.

4.2.5 Aptidão para a produção florestal

Analisando o mapa da aptidão para a produção florestal no concelho, apresentado na figura 49, verifica-se que as freguesias de São Miguel de Poiares e Poiares (Santo André) são as que apresentam melhor aptidão.

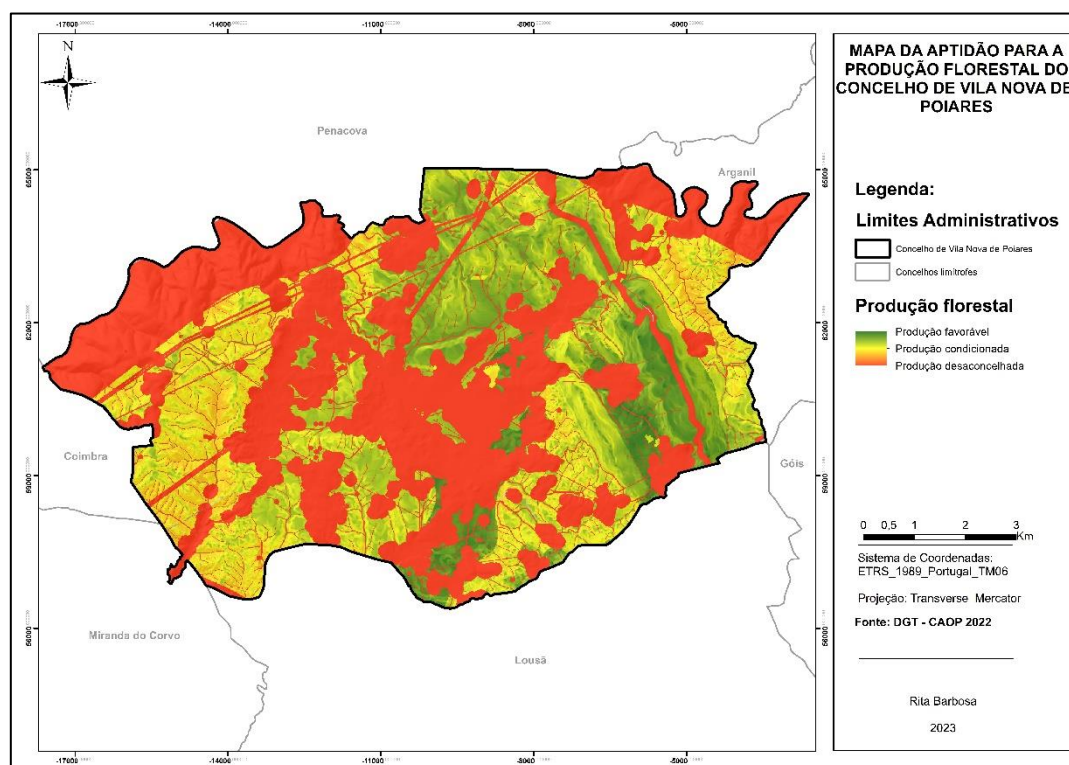


Figura 49 - Mapa da aptidão para a produção florestal.

De acordo com a tabela 36, da totalidade da área do concelho, 4 197,4 ha apresentam produção desaconselhada, correspondendo a 49,7% da área total. Estas áreas coincidem com as FGC, com as faixas de proteção às linhas de água e com corredor ecológico, ou seja, com as restrições.

Seguidamente, 2 065,8 ha têm aptidão para a produção florestal condicionada, localizando-se essencialmente nas zonas com maior declive, maior risco de erosão hídrica do solo e maior proximidade às linhas de água. Por fim, é possível concluir que 2 182,1 ha (25,8%) apresentam aptidão favorável.

Tabela 25 - Área e percentagem da aptidão para a produção florestal.

Aptidão para a produção florestal	Área (ha)	% Área total	Área de eucalipto (ha)	% Área de eucalipto
Produção favorável	2 182,1	25,8	1 040,8	47,7
Produção condicionada	2 065,8	24,5	1 571,2	76,1
Produção desaconselhada	4 197,4	49,7	1 359,5	32,4

De referir que o eucalipto se encontra em 76,1% (1 571,2 ha) da totalidade da área com menor aptidão e em 47,7% (1 040,8 ha) da área com maior aptidão.

4.2.6 Análise de sensibilidade aos pesos

Na figura 50, podemos observar os resultados obtidos da aptidão para a produção florestal após a realização da análise de sensibilidade aos pesos, considerando dois casos extremos: o rendimento económico como o fator com maior importância e o impacto ambiental como o fator com menor importância (mapa da esquerda); e o impacto ambiental como o fator com maior importância o rendimento económico como o fator com menor importância (mapa da direita).

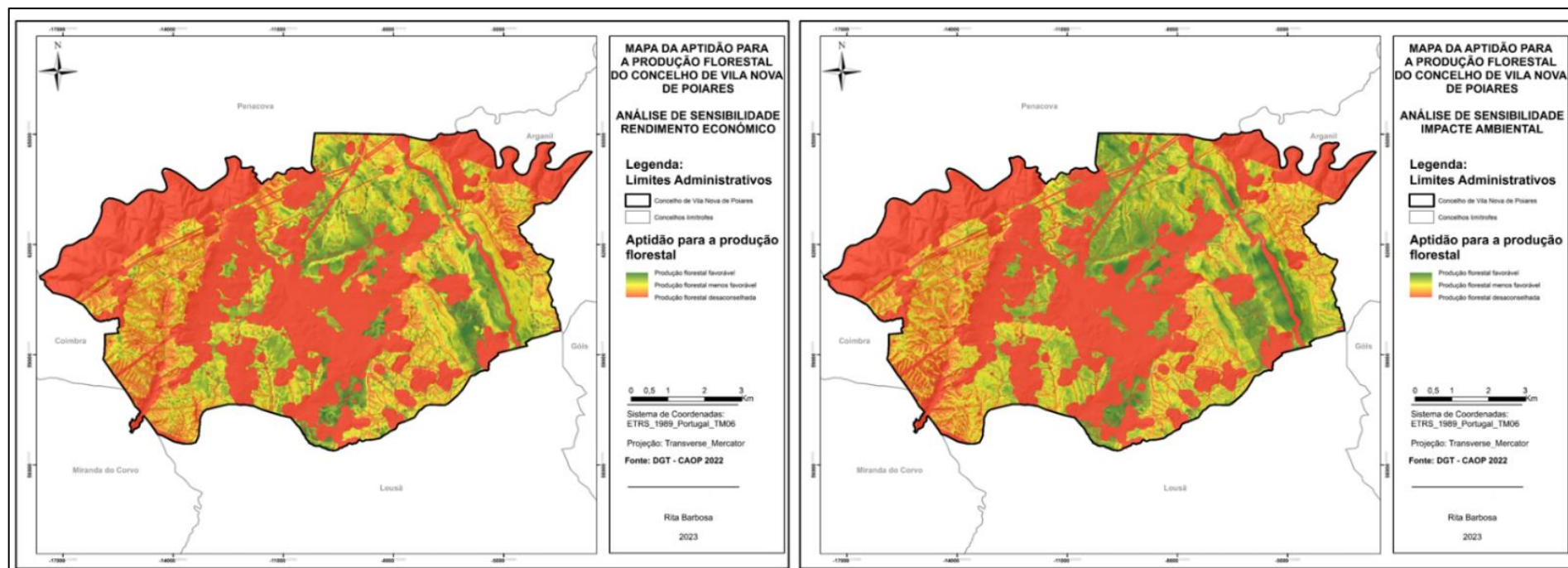


Figura 50 - Mapas da aptidão para a produção florestal – análise de sensibilidade aos pesos.

Através da análise da tabela 37, verifica-se que os valores da produção florestal favorável para o concelho de Vila Nova de Poiares são superiores quando se considera o impacto económico como o fator com mais importância, totalizando 2 531,4 ha (30%). Contrariamente, quando se considera o rendimento económico como o fator como maior importância, esta área decresce aproximadamente 288 ha, obtendo-se assim um total de 2 243,2 ha.

Tabela 26 - Área e percentagem da análise de sensibilidade.

Aptidão para a produção florestal	Rendimento económico		Impacte ambiental	
	Área (ha)	% Área total	Área (ha)	% Área total
Produção favorável	2 243,2	26,6	2 531,4	30,0
Produção condicionada	2 004,7	23,7	1 716,5	20,3
Produção desaconselhada	4 197,4	49,7	4 197,4	49,7

Continuando a análise, e como seria de esperar, observamos que a área de produção condicionada é superior quando se considera o rendimento económico como o fator de maior relevância.

Apesar da discrepância de valores não ser muito elevada, a diferença resulta da existência dos declives elevados e da menor densidade da RVF.

Capítulo V – Conclusões

Na evolução do uso e ocupação do solo, ao nível do domínio, destaca-se que as áreas florestais apresentaram um aumento de 565,3 ha comparativamente com a área de 1995, correspondendo a um balanço de 468,8 ha e a uma média de crescimento anual de 20,4 ha, resultado da conversão de matos e de agricultura. Consequentemente, os matos e a agricultura são os usos com maior destaque ao nível das perdas, com um decréscimo de 470,3 ha e 200,8 ha, respetivamente, no período referido.

Quanto à composição dos povoamentos florestais, evidencia-se a expansão do eucalipto com um resultado líquido de 652,2 ha, correspondendo a um ganho anual de 28,4 ha. O aumento desta espécie resulta da transferência das classes dos matos e da agricultura, mas também da reconversão das florestas de pinheiro-bravo e das florestas de outras folhosas. O pinheiro-bravo foi a espécie que sofreu a maior redução de área de 1995 para 2018, com um resultado líquido negativo de 449,3 ha, o que equivale a uma variação média anual negativa de aproximadamente 19,5 ha. Estas perdas são consequência da reconversão de área para as florestas de eucalipto e de outras folhosas.

Conclui-se que, apesar da fragmentação das propriedades e da grande diversidade geomorfológica do concelho, favorável à criação de diferentes condições biofísicas para diversos habitats e comunidades florestais, as paisagens são muito homogéneas. Esta homogeneidade contribui para a diminuição da resiliência contra os incêndios florestais e para a redução da biodiversidade, constatando-se a escassez de áreas naturais, de pinheiro-bravo e espécies autóctones.

No que diz respeito aos resultados da aptidão para a produção florestal, constatou-se que 2 182,1 ha apresentam aptidão favorável, o que corresponde a 25,8% da área total do concelho. Adicionalmente, 2 065,8 ha (24,5%) têm aptidão condicionada, sendo que a maioria destas áreas (75%) encontra-se atualmente ocupada por eucalipto, embora sejam locais menos adequados.

Outra importante conclusão a reter, é o facto de 4197,4 ha apresentarem produção desaconselhada, correspondendo a 49,7% da área total, coincidindo com as restrições. Apesar destas áreas serem consideradas inadequadas do ponto de vista do ordenamento do território e não ser legalmente permitido, o eucalipto ocupa 1 359,5 ha, agravando

consideravelmente o risco de incêndio, constituindo uma fonte de perigo para as pessoas e para os seus bens.

Este trabalho pretende ter um contributo ativo no ordenamento do território e auxiliar os decisores numa decisão de reordenamento, que inevitavelmente implicará a redução de área ocupada por eucalipto. Consciente que a redução de área desta espécie não poderá ser repentina, tratando-se de um processo que tem que ser negociado com os proprietários, de longo prazo e faseado, é necessário atribuir prioridades.

A prioridade principal consiste na retirada do eucalipto dos locais considerados como restrição, nomeadamente, nas faixas de proteção às linhas de água, nas FGC e nas áreas com grande risco de incêndio, com o objetivo de promover a proteção das pessoas, animais e bens.

A segunda prioridade será a redução da área de eucalipto nas zonas com menor aptidão florestal. Considerado que se trata de uma área com elevada extensão, 2 065,8 ha, essa redução deverá ser realizada de forma compartimentada, garantido a biodiversidade e a proteção das linhas de água.

Tendo em consideração que a redução de área de eucalipto poderá implicar alguns constrangimentos, nomeadamente a redução do retorno económico, é importante apresentar soluções alternativas viáveis aos proprietários. As Áreas Integradas da Gestão da Paisagem (AIGP), poderão ser uma dessas soluções, e têm como principal vantagem o financiamento para apoiar a transformação da paisagem a longo prazo, através da reconversão de culturas e de ações que promovem a valorização e revitalização do território.

É importante mencionar que a presente dissertação é um estudo teórico e, dado que as abordagens ao nível da paisagem têm que ser participadas, a próxima etapa consistiria no envolvimento das populações com o objetivo de identificar eventuais problemas, definir objetivos e desenvolver soluções consensuais para o plano de gestão da paisagem.

Referências bibliográficas

- Barata, L. M., Saavedra, A., Cortez, N., Varennes, A. (2015). *Textura dos solos de Portugal Continental: camada superficial (até 30 cm)*. Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food. Instituto Superior de Agronomia - Universidade de Lisboa. Lisboa. <http://epic-webgis-portugal.isa.ulisboa.pt/data>.
- Barbosa, A. M. (2023). *Atlas de Mamíferos de Portugal*. <https://github.com/AMBarbosa/AtlasMamPor>.
- Beinat, E. (1997). Value Functions for Environmental Management. *Springer-science+business media*, 7. Amesterdão. DOI: 10.1007/978-94-015-8885-0.
- Belton, V., Stewart, T. (2002). Multiple criteria decision analysis: an integrated approach (1ª edição). *Springer New York*. Nova Iorque. DOI: 10.1007/978-1-4615-1495-4.
- Cancela d'Abreu, A. D. O. (1989). *Caracterização do Sistema Biofísico com vista ao Ordenamento do Território*. Tese de doutoramento. Universidade de Évora.
- Carvalho, A. M. G. (2015). Ano Internacional dos Solos. *Pavilhão do Conhecimento. Ciência Viva*. Agência Nacional para a Cultura Científica e Tecnológica. Lisboa.
- Cerqueira, J. (1992). *Solos e Clima em Portugal* (2ª edição). Nova Agricultura Moderna. Clássica Editora. Lisboa. ISBN: 9789725613245.
- Chaves, J. L. A. (2020). *Análise de Aptidão e utilização do Pinheiro manso no Concelho de Carregal do Sal*. Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Coimbra - Mestrado em Recursos Florestais.
- Comissão Municipal de Defesa da Floresta Contra Incêndios [CMDFCI] (2020). *Plano Municipal de Defesa da Floresta Contra Incêndios 2020 - 2030 de Vila Nova de Poiares*. Município de Vila Nova de Poiares.
- Comissão Nacional da Reserva Ecológica Nacional [CNREN] (2013). *Metodologia para delimitação das “áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo”*. Recomendação Técnica. https://cnt.dgterritorio.gov.pt/sites/default/files/OENR_AEREHS_24092013.pdf.

- Comissão Nacional do Território [CNT] (2013). *Delimitação das áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo. Comissão Nacional do Território. Recomendação Técnica*. https://cnt.dgterritorio.gov.pt/sites/default/files/Recomendacao_Tecnica_CNT_AEREHS.pdf.
- Correia, A. V., Oliveira, A. C. (2003). *Principais espécies florestais com interesse para Portugal. Zona de influência atlântica*. Direcção-Geral das Florestas. Lisboa. ISBN: 972-8097-53-0.
- Costa, J. B. (1995). Caracterização e constituição do solo (9ª edição). *Fundação Calouste Gulbenkian*. Lisboa. ISBN: 9789723100730.
- Decreto-Lei n.º 96/2013, de 19 de julho do Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território. *Diário da República n.º 138/2013, Série I* de 2013-07-19. <https://diariodarepublica.pt>.
- Decreto-Lei n.º 12/2019, de 21 de janeiro da Presidência do Conselho de Ministros. *Diário da República n.º 14/2019, Série I* de 2019-01-21. <https://diariodarepublica.pt>.
- Decreto-Lei n.º 32/2020, de 1 de julho da Presidência do Conselho de Ministros. *Diário da República n.º 126/2019, Série I* de 2020-07-01. <https://diariodarepublica.pt>.
- Deng, J., King, B., Bauer, T. (2002). Evaluating natural attractions for tourism. *Annals of Tourism Research*, 29(2), 422-438. DOI: 10.1016/S0160-7383(01)00068-8.
- Direção-Geral do Território [DGT] (2020). *Uso e Ocupação do Solo em Portugal Continental. Observatório do Ordenamento do Território e Urbanismo*. <https://www.dgterritorio.gov.pt/node/1061>.
- Direção-Geral do Território [DGT] (2022). *Especificações técnicas da Carta de Uso e Ocupação do Solo (COS) de Portugal Continental para 1995, 2007, 2010, 2015 e 2018*. Relatório Técnico. Direcção-Geral do Território.
- Eira, A. R. (2021). *Planeamento e Gestão da Paisagem no Concelho de Sardoal*. Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Coimbra - Mestrado em Recursos Florestais.

- Fidalgo, B. S. (2015). *Reading cultural forested landscapes: The use of GIS and MCDM for mapping and modelling landscape ecosystem services at the local level*. Proceedings of the international workshop on: Landscape reading methodologies. Guimarães (24 e 25 de Setembro). Universidade do Minho.
- Fidalgo, M. B. M. (2016). *Análise de decisão multicritério aplicada à resolução de problemas de planeamento florestal. A soma linear ponderada*. Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Coimbra. Coimbra.
- Flora-On (2023). Flora-On Portugal Continental. Flora de Portugal interactiva. Sociedade Portuguesa de Botânica. <https://flora-on.pt/>.
- García-Martínez, A., López González, F., Prospero Bernal, F., Albarrán-Portillo, B., Arriaga-Jordán, C. (2020). Evaluación de rastrojo de maíz (*Zea mays* L.) tratado con urea como una alternativa en la suplementación de vacas lecheras en sistemas de producción de leche en pequeña escala. *Agroproductividad*, 13(2), 11-17. DOI: 10.32854/agrop.vi.1628.
- Guimarães, R. C. (2017). *Capítulo 2 - Bacia Hidrográfica*. Em: Guimarães, R. C., Shahidian, S. e Rodrigues, C. M. (Editores). *Hidrologia Agrícola* (2ª edição). Escola de Ciências e Tecnologia - Universidade de Évora e Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas. Évora. ISBN: 978-989-8550-40-8.
- Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas [ICNF] (2019). *6.º Inventário Florestal Nacional - Principais resultados - relatório sumário*. Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas. Lisboa.
- Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas [ICNF] (2020). *Plano Municipal de Defesa da Floresta Contra Incêndios de Vila Nova de Poiares de 2020*. https://fogos.icnf.pt/infoPMDFCI/PMDFCI_PUBLICOlist.asp.
- Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas [ICNF] (2022). *Carta de perigosidade de incêndio rural*. Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas. <https://sig.icnf.pt/portal/home/item.html?id=65e7a435415e467b82f84b064020540>.

- Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas [ICNF] (2023). *Informação Geográfica. Catálogo com informação geográfica de dados abertos (opendata)*. <https://geocatalogo.icnf.pt/catalogo.html>.
- Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária [INIAV] (2022). *As plantações de eucalipto e os recursos naturais em Portugal: avanços recentes e desafios* (2ª edição). Loures Gráfica. Lisboa. ISBN: 978-972-579-062-5.
- Instituto Português do Mar e da Atmosfera [IPMA] (2023). *Portal do Clima. Alterações Climáticas em Portugal*. Disponível em: <http://portaldoclima.pt/pt>. Acesso em 24 de outubro de 2023.
- Kangas, A., Kangas, J., Kurttila, M. (2008). Decision support for forest management (1ª edição). *Managing Forest Ecosystems*, 16. Berlim. DOI: 10.1007/978-1-4020-6787-7.
- Kienast, F., Bolliger, J., Potschin, M., de Groot, R., Verburg, P., Heller, I., Wascher, D., Haines-Young, R., (2009). Assessing landscape functions with broad-scale environmental data: insights gained from a prototype development for Europe. *Environmental Management*, 44, 1099-1120. DOI: 10.1007/s00267-009-9384-7.
- Lourenço, J. M., Danko, C. C., Fernandes, D., e Ramos, L. (2008). Alterações dos usos do solo: o caso do Vale do Douro. *Engenharia civil*, 30(2008), 33-50. ISSN: 0873-1152.
- Malczewski, J. (2000). On the use of weighted liner combination method in GIS: Common and best practice approaches. *Transactions in GIS*, 4(1), 5–22. DOI: 10.1111/1467-9671.00035.
- Malczewski, J. (2004). GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview. *Progress in planning*, 62(1), 3-65. DOI: 10.1016/j.progress.2003.09.002.
- Marcos, N. M. (2019). *Legislação Florestal de janeiro de 2017 a março de 2019*. Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Coimbra - Mestrado em Recursos Florestais.

- Moreira, U. (2012). *Práticas de Solos* (1ª edição). Publindústria. Porto. ISBN: 9789897230226.
- Pena, S. B., Silva, J., Cortez, N., Varennes, A. (2015). *Cartografia de pH para Portugal Continental*. Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food. Instituto Superior de Agronomia - Universidade de Lisboa. Lisboa. <http://epic-webgis-portugal.isa.ulisboa.pt/data>.
- Pimenta, M. T. (1999). *Diretrizes para a aplicação da equação universal de perda do solo em SIG. Fator de Cultura C e Fator de Erodibilidade do Solo K*. Instituto da Água - Direção de Serviços de Recursos Humanos. Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos. https://snirh.apambiente.pt/snirh/download/relatorios/factorC_K.pdf.
- Pontius, R. G., Shusas, E., e McEachern, M. (2004). Detecting important categorical land changes while accounting for persistence. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 101(2–3), 251–268. DOI: 10.1016/j.agee.2003.09.008.
- Portaria 15-A/2018, de 12 de janeiro do Ministério da Agricultura, Florestas e Desenvolvimento Rural. *Diário da República n.º 9/2018, 1º Suplemento, Série I* de 2018-01-12. Disponível em: <https://diariodarepublica.pt>.
- Quintela, A., Fernandes C., e Fabres, S. (2019). *Conhece a tipologia de solo da sua propriedade?* RAIZ - Instituto de Investigação da Floresta e Papel. <https://www.e-globulus.pt/biblioteca-online/dossiers/tipologia-de-solo>.
- Reis, E., Pena, L. S., Direção-Geral do Território [DGT]. Agência Portuguesa do Ambiente [APA] (2020). *Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo. Cálculo do Fator Topográfico (LS)*. Guias de apoio à delimitação da Reserva Ecológica Nacional Junho 2020. Comissão Nacional do Território. Lisboa. ISBN: 978-989-8785-17-6.
- Sistema Nacional de Informação do Ambiente [SNIAmb]. *Atlas da Água - Factor de erosividade da precipitação - R (50.8 mm)*. Agência Portuguesa do Ambiente. Sistema Nacional de Informação do Ambiente.

<https://sniambgeoportal.apambiente.pt/geoportal/catalog/search/resource/details.page?uuid=%7BCB8B69E9-63C2-4B0D-9CD8-6756BE78B3F0%7D>.

Sistema Nacional de Informação do Solo [SNIS] (2021). *Cartografia Vectorial, Cartografia dos solos*. Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural. <https://snisolos.dgadr.gov.pt/downloads>.

Viegas, D. X., Almeida, M. F., Ribeiro, L. M. (2019). *Análise dos Incêndios Florestais Ocorridos a 15 de outubro de 2017*. Centro de Estudos Sobre Incêndios Florestais ADAI/LAETA. Universidade de Coimbra, Departamento de Engenharia Mecânica - Faculdade de Ciências e Tecnologia.