

MESTRADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA E ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO
UNIDADE CURRICULAR: RECURSOS NATURAIS E ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO

OS IMPACTOS DO FOGO NA BIODIVERSIDADE: REFLEXÕES A PARTIR DO MUNICÍPIO DE AROUCA

Ângela Silva

2020



Resumo

O município de Arouca tem 47% de área classificada como Rede Natura 2000 (RN2000) repartida em 3 sítios (Serra Freita e Arada; Rio Paiva; Serra do Montemuro) (Correia, 2017; Correia et al. 2018) com o objetivo de combater a perda de biodiversidade.

Existem inúmeras ameaças que podem colocar em causa o desenvolvimento sustentável e a biodiversidade, por exemplo, florestações em áreas inadequadas e com espécies invasoras, poluição e alterações na ocupação do solo (An Taisce, 2018). Neste município, considera-se uma das ameaças à preservação da biodiversidade os incêndios rurais, que afetam áreas cada vez mais extensas e, momentaneamente, assumem características extremas (incêndios de 2005 e 2016), sem que se conheçam os seus impactos. Este estudo tem por objetivo analisar os impactos dos incêndios rurais na biodiversidade, no município de Arouca. Como objetivos específicos pretende-se observar a evolução do número de área ardida entre 1975 e 2017, através dos perímetros das áreas ardidas disponibilizados pelo Instituto de Conservação da Natureza e Florestas (ICNF) e Instituto Superior de Agronomia (ISA), com recurso ao ArcMap (10.7.1). Também identificar problemas através da avaliação dos impactos dos incêndios, para o incêndio de 2016, com a realização do cálculo do Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), em que foram recolhidas imagens de satélite (Sentinel-2) da plataforma online da United States Geological Survey (USGS) que, posteriormente, foram trabalhadas no software QGIS (3.10.1). Por fim, identificar lacunas na gestão dos sítios RN2000 do município.

No período de análise foram afetados 54 955 ha, o que equivale a que o concelho já tivesse ardido 1,6 vezes. Cerca de 2/3 dessa área afetou a RN2000 o que equivale a que tivesse ardido 2,2 vezes a sua totalidade; há áreas que já arderam 9 vezes e outras que nunca arderam (Correia et al. 2018). O problema dos incêndios agravou-se, e em áreas RN2000. Os incêndios de maiores dimensões ocorreram em 2005 e 2016. Os impactos dos incêndios na vegetação são diversos. A análise do cálculo do NDVI deduz a existência de diferentes níveis de severidade para o incêndio de 2016, em que áreas de elevada severidade podem estar associadas a elevados níveis de intensidade do fogo e áreas de intensidades mais baixas podem resultar em severidades elevadas. Isto pode ocorrer da combinação da sazonalidade (do fogo), das altas temperaturas e características da vegetação naquele momento, o que faz com que algumas espécies tivessem dificuldade em regenerar. Estas foram situações com elevado impacto social para os pastores, tiveram de percorrer dezenas de quilómetros por dia para alimentar os animais, além de morrerem animais enterrados no solo em combustão.

Estes acontecimentos colocam um ponto de reflexão, o facto de existir maior número de área de ardida não significa que ocorram mais danos nos ecossistemas e maior perda de biodiversidade. É necessário conhecer a relação entre os ecossistemas e o fogo (Myers 2006), e compreender que muito mais importante do que a dimensão dos incêndios é considerar a sua intensidade, severidade e

características das áreas que nunca arderam. O impacto dos incêndios, incluindo na RN2000, tem de ser devidamente avaliado e considerado, conjuntamente com outras ameaças, nos planos de ordenamento territorial à escala local, e nos planos de gestão previstos na legislação, mas que não existem na maior parte dos sítios de RN2000.

Palavras-chave: Incêndios rurais; biodiversidade; gestão; prevenção

Índice

1. Introdução.....	4
1.1 Os recursos naturais enquanto elementos dos ecossistemas.....	4
1.2 As ameaças aos Recursos Naturais e aos ecossistemas	5
1.3 O planeamento da preservação e conservação dos recursos naturais e dos ecossistemas ...	6
1.4 Objetivos	7
1.5 Metodologia.....	7
1.5.1 Enquadramento da área de estudo	7
1.5.2 Dados e métodos	9
2. A suscetibilidade do território aos incêndios rurais	11
2.1 A ocupação do solo	11
2.2 A suscetibilidade aos incêndios rurais	13
3. A incidência dos incêndios rurais no município de Arouca	13
3.1 Evolução do número de incêndios.....	13
3.2 A recorrência dos incêndios.....	15
3.3 Os impactos do incêndio de 2016 na vegetação	16
4. Discussão dos resultados	24
5. Conclusão	26
Referências bibliográficas	27

1. Introdução

1.1 Os recursos naturais enquanto elementos dos ecossistemas

Os recursos naturais são elementos da natureza ao dispor da sociedade que permitem salvaguardar a sua manutenção, contribuir para o desenvolvimento económico e social (Bridge & Wyeth, 2020; Guo, 2018; A. R. Pereira, Zêzere, & Morgado, 2005) e satisfazer as suas necessidades diárias (Bridge & Wyeth, 2020). Segundo Bridge & Wyeth (2020), são potencialidades do mundo natural que refletem as formas como o ser humano avalia a utilidade do mundo biofísico, muitas vezes de forma conflituante.

Diferenciados pelas características biofísicas, intrínsecas (Guo, 2018), além de satisfazerem as necessidades humanas, garantem a manutenção da biodiversidade (A. R. Pereira, Zêzere, & Morgado, 2005; Sarkar, 2005). Desta forma, também ela se enquadra nos elementos correspondentes aos recursos naturais (Gaston & Spicer, 2004). Segundo United Nations (1992), a biodiversidade é a variedade de organismos vivos de todas as fontes e, sendo eles ecossistemas terrestres, marinhos, outros ecossistemas aquáticos e os complexos ecológicos dos quais fazem parte; isso inclui diversidade dentro das espécies, entre espécies e ecossistemas. Como DeLong (1996) afirma, biodiversidade corresponde à variedade de vida existente no planeta Terra e é um recurso natural precioso. Contudo, existem outras definições como as de Knopf (1992); Schwartz, Elsner, & Thor (1976); Spellberg (1992) que ainda são amplamente discutidas pela comunidade científica (DeLong, 1996; Gaston & Spicer, 2004).

Na medida que os recursos naturais são elementos dos ecossistemas e correspondem à biodiversidade, os ecossistemas também são um suporte à manutenção de vida humana (Mooney, Ehrlich, & Daily, 1997) através da prestação de serviços. Assim, os serviços de ecossistema não existem dissociados das necessidades humanas, ou seja, é um benefício (serviço) para um beneficiário (ser humano) (Haines-Young & Potschin, 2010).

A definição comumente usada para serviços de ecossistema é a do Millennium Ecosystem Assessment (2005) (MEA), referindo que correspondem a um complexo dinâmico de comunidades de plantas, animais e microrganismos e o ambiente não vivo que interage como uma unidade funcional. Este mesmo documento diferencia-os em quatro categorias: i) Serviços de provisionamento (produtos obtidos dos ecossistemas, ex: comida, fibra, combustível); ii) Serviços de regulação e manutenção (benefícios obtidos com a regulação dos processos do ecossistema, ex: regulação da qualidade do ar, do clima, da água, da erosão e dos riscos naturais); iii) Serviços culturais (os benefícios imateriais, ex: diversidade cultural, sistemas de conhecimento, valores espirituais e religiosos); iv) Serviços de suporte (necessários para a produção de todos os outros serviços de ecossistema. Diferem dos

serviços de provisionamento, regulação, e culturais, ex: formação do solo; fotossíntese, ciclo da água). Contudo, existem autores que referem os benefícios dos serviços de ecossistema e os categorizam antes do MEA como Costanza et al. (1997); Daily (1999); De Groot, Wilson, & Boumans (2002), enquanto outros autores que sugerem outras categorias, ou complementam as tipologias definidas pelo MEA, como Boyd & Banzhaf (2007); Fisher, Turner, & Morling, (2009); Haines-Young & Potschin (2010); Wallace (2007). Apesar de tudo, existem outras definições a ter em conta, Daily (1997), com uma abordagem ecologista, define serviços de ecossistema como o estado e os processos através dos quais os ecossistemas naturais e as espécies que os compõem suportam e complementam a vida humana (...), permitindo a manutenção da biodiversidade e a produção de bens. Por outro lado, numa perspetiva económica, Boyd & Banzhaf (2007) diz que são elementos da natureza, diretamente apreciados, consumidos e usados para produzir o bem-estar humano.

1.2 As ameaças aos Recursos Naturais e aos ecossistemas

Existem inúmeras ameaças que podem colocar em risco a sustentabilidade dos recursos naturais bem como dos ecossistemas e serviços por eles fornecidos. Atividades desenvolvidas pelo Homem de forma desregulamentada, como por exemplo exploração dos recursos (Tilman, May, Lehman, & Nowak, 1994), desflorestação, introdução de espécies exóticas (Gaston & Spicer, 2004; Walker, 1992; Charles & Dukes, 2008; An Taisce, n.d.; Instituto da Conservação da Natureza e da Biodiversidade, 2011) e alterações no uso do solo (H. M. Pereira, Domingos, Vicente, & Proença, 2009), alteram e fragmentam a paisagem, influenciam os climas locais e provocam alterações biogeográficas (Gaston & Spicer, 2004; Sarkar, 2005). Estas situações podem traduzir-se numa crise na biodiversidade com elevadas taxas de extinção de espécies (Heywood & Watson, 1995) e ser uma ameaça ao ser humano.

Os riscos naturais também se traduzem numa ameaça aos recursos naturais e aos ecossistemas. Para este estudo consideram-se os incêndios rurais nessa categoria, pois são promotor direto de mudanças nos ecossistemas (Shlisky et al., 2007). Atualmente, com base no atual paradigma de gestão do risco de incêndio, assente na guerra ao fogo, pensa-se que este tenha meramente um carácter destrutivo nos ecossistemas (Tedim et al., 2020). Contudo, os impactos do fogo nos ecossistemas são diversificados e as respostas dos ecossistemas à presença de um determinado regime de fogo é igualmente diversificada, de acordo com as suas características. A investigação de Myers (2006) reflete sobre a forma como os ecossistemas respondem ao fogo e o papel do fogo nos ecossistemas, porque por um lado pode ser um aliado à sobrevivência dos ecossistemas, por outro pode provocar a sua destruição. Assim, Myers (2006) distingue os ecossistemas em quatro classes: i) Independentes do fogo (fogo não desempenha nenhuma função); ii) dependentes do fogo (fogo facilita a proliferação das espécies); iii) sensíveis ao fogo (espécies intolerantes ao fogo); iv) influenciados pelo fogo (não é reconhecido o papel do fogo na manutenção da biodiversidade).

É inevitável o reconhecimento do papel ecológico do fogo e a sua importância no funcionamento de muitos ecossistemas (Myers, 2006). Contudo, é sempre necessário conhecer que regime de fogo ou nível de intensidade é adequado a cada ecossistema, para não causar a sua destruição. Por este motivo, o trabalho de Pausas & Keeley (2019) considera o fogo como um serviço de ecossistema, contrariado pelo trabalho de Sil et al. (2019) que não o considera como tal.

1.3 O planeamento da preservação e conservação dos recursos naturais e dos ecossistemas

Os recursos naturais nunca foram devidamente geridos para promover o seu uso sustentável (Ziran, 1999). Esta lacuna colocou em causa a preservação e continuidade de espécies e dos próprios ecossistemas. Para dar resposta às ameaças colocadas aos ecossistemas vulneráveis foi implementada pela União Europeia, em finais do século XX, uma estratégia de preservação e conservação da biodiversidade com a criação de uma rede ecológica à escala europeia, designada Rede Natura 2000 (Correia, 2017, 2019). Esta estabelece as diretrizes a ser implementadas nos sítios pertencentes à rede de forma a que se preserve as espécies ameaçadas pelos fatores bióticos e abióticos. Assim, os planos de gestão territorial nos municípios cujos sítios tenham parte no seu território administrativo, devem integrar e verter, de forma clara, estas diretrizes. Apesar da legislação imposta, muitas lacunas ocorrem, e a preservação e manutenção das espécies nem sempre é assegurada (Correia, 2017, 2019; Correia, Tedim, & Silva, 2019; Tribunal de Contas Europeu, 2017). Além disso, não são elaborados os planos de gestão para os respetivos sítios (Correia et al., 2019) que asseguram a sua gestão ativa, e manutenção.

Outros planos, de forma direta e indireta, têm influência na gestão dos recursos naturais e da biodiversidade: i) A Estratégia Nacional de Conservação da Natureza 2030, aprovada pela Resolução do Conselho de Ministros nº 55/2018, diz que para uma gestão que pare a perda de biodiversidade e valorize os valores do território é necessário que haja uma abordagem integrada, colaborativa e convergente dos domínios da biodiversidade, da Conservação da Natureza, da agricultura, da floresta e do turismo de natureza; e se promova a cogestão (Instituto de Conservação da Natureza e Florestas, 2017). Este documento serviu de base à elaboração das medidas do Domínio Natural do; ii) Plano de Ação do Programa Nacional da Política do Ordenamento do Território (PNPOT). Neste diz que é importante afirmar a biodiversidade como um ativo territorial, pela grande variedade de ecossistemas, habitats e paisagens que Portugal encerra, importantes na valorização do seu território; e que as atividades agrícolas e florestais, através dos seus serviços, contribuem para tornar a biodiversidade um ativo territorial (Direção Geral do Território, 2019); iii) A Reserva Ecológica Nacional (REN) instituída pelo Decreto de Lei nº 321/83 de 5 de julho com o objetivo de permitir explorar recursos naturais, mas com a salvaguarda de determinadas funções e potencialidades que interferem

no equilíbrio ecológico e nas estruturas biofísicas das regiões; iv) A Reserva Agrícola Nacional instituída pelo Decreto-Lei nº 451/82 de 16 de novembro, consagra a importância do solo agrícola como um recurso fundamental, pois são áreas de melhor aptidão agrícola no equilíbrio ecológico da paisagem, por isso é necessário preservar este recurso, evitando outros usos e assim contribuir para equilíbrio e estabilidade da paisagem; v) O Plano Nacional de Defesa da Floresta Contra Incêndios, atualmente designado de Plano Nacional de Gestão Integrada de Fogos Rurais, estabelece linhas orientadoras para salvaguardar os bens e serviços fornecidos pelos espaços rurais e naturais “e que se tenha consciência das perdas diretas e indiretas provocadas pelos incêndios, nomeadamente ao nível da produção de madeira e outros produtos florestais, da produção agrícola e pecuária extensiva, da caça, pesca, pastoreio, sequestro de carbono, biodiversidade, recreio e lazer, proteção do solo, regularização do ciclo da água e sua qualidade, memória, paisagem e identidade da comunidade” (AGIF, 2020, p.49).

Relativamente aos planos locais, devem adotar as medidas supramunicipais e procurar que elas eficazmente respondam às suas necessidades de acordo com legislação sem nunca colocar em causa a manutenção e preservação, quer dos recursos naturais, quer dos ecossistemas e serviços por eles fornecidos.

1.4 Objetivos

De acordo com os objetivos da unidade curricular, e com as competências de aprendizagem associadas, o objetivo central deste trabalho é: analisar os impactos dos incêndios rurais na biodiversidade, no município de Arouca.

Para a sua concretização foram definidos os seguintes objetivos específicos:

1. Observar a evolução do número de área ardida entre 1975 e 2017;
2. Avaliar a suscetibilidade do município aos incêndios rurais;
3. Avaliação dos impactos do complexo de incêndios de 2016 em Arouca;
4. Identificar lacunas na gestão dos sítios RN2000 e do restante município, no que se refere a espaços rurais.

1.5 Metodologia

1.5.1 Enquadramento da área de estudo

O município de Arouca (Arouca Geopark), inserido na Área Metropolitana do Porto, foi a área selecionada para este estudo e é conhecido internacionalmente pelo seu património geológico e diversidade natural (Associação Geoparque Arouca, 2017). Localizado no extremo nordeste do distrito de Aveiro, faz fronteira com os municípios de São Pedro do Sul, Castro Daire, Cinfães, Castelo de Paiva, Gondomar, Santa Maria da Feira, Oliveira de Azeméis e Vale de Cambra. Este município é constituído por dezasseis freguesias e possui uma área de 329,11 Km² (Tabela 1). À data dos CENSOS 2011

albergava uma população residente de 22 359 habitantes (INE, 2011) com previsão que esta seja inferior nos próximos censos.

Este município é constituído essencialmente por espaços florestais e matos (64% da área municipal segundo a COS 2018). É um território classificado que pertence à rede mundial de Geoparques da Unesco e tem 15 498 ha do município (47% do território) classificados como Rede Natura 2000 (RN 2000), onde se inclui três Sítios de Interesse Comunitário (SIC's) ("Serra da Freita e Arada"; "Rio Paiva" e "Serra do Montemuro") (Correia, 2017) (Fig.1). "Com características muito peculiares em termos de localização geográfica, é um município que faz a transição da Região Norte para a Região Centro e onde se nota a transição do litoral infraestruturado e industrializado do comércio e serviços para um interior rural, idoso e isolado. Assim, por um lado temos a parte central e ocidental do concelho com mais população e volume de comércio e serviços, por outro o Sul e Este, que outrora foram a "máquina económica do concelho", a ficar despovoado, com uma agricultura em decadência e idoso, mas com um enorme património histórico, cultural e imaterial, e geológico, onde se inserem os sítios RN2000" (Fernando Correia, 2020).

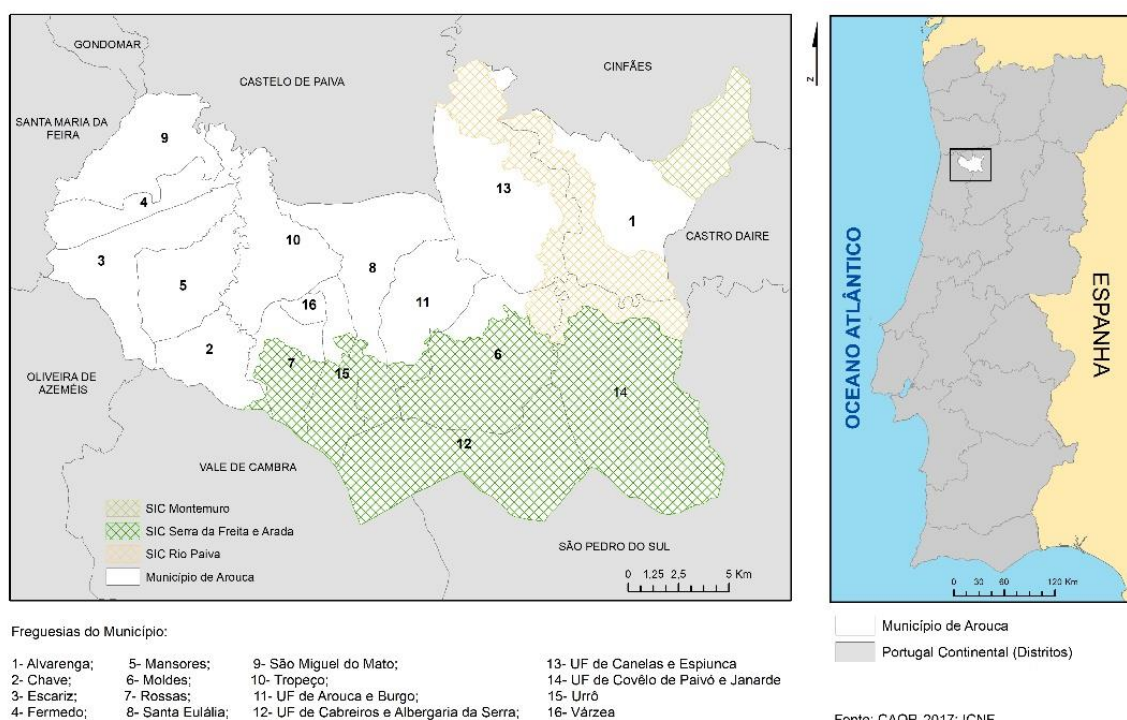


Figura 1- Rede Natura 2000 (SIC's) no município de Arouca. Fonte: Elaboração própria.

Tabela 1- Área das freguesias do município de Arouca.

Alvarenga	38,76
Chave	10,91
Escariz	17,98
Fernedo	11,10
Mansores	14,08
Moldes	28,01
Rossas	11,11
Santa Eulália	23,05
São Miguel do Mato	17,10
Tropeço	17,84
Urrô	10,79
Várzea	1,79
UF de Arouca e Burgo	15,25
UF de Cabreiros e Albergaria da Serra	31,23
UF de Canelas e Espiunca	35,73
UF de Covêlo de Paivó e Janarde	44,38
Total	329,11

Fonte:(Magalhães, 2018).

1.5.2 Dados e métodos

A realização do trabalho obrigou à adoção de diversas metodologias. Inicialmente foi feita uma recolha bibliográfica sobre as principais temáticas abordadas, nomeadamente sobre o que são os recursos naturais, quais são as ameaças aos recursos naturais e aos ecossistemas, onde se destacam os incêndios rurais e o planeamento da preservação e conservação dos recursos naturais e dos ecossistemas. Posteriormente, foi feita a recolha de dados secundários em bases de dados cartográficas e estatísticas.

Recolha de dados:

- ✓ Instituto de Conservação da Natureza e Florestas (ICNF), base cartográfica da ocorrência de incêndios entre 1990 e 2017;
- ✓ Instituto Superior de Agronomia (ISA) para obter cartografia dos incêndios com 35 ou mais ha no período entre 1975 e 1989;
- ✓ Plataforma online da United States Geological Survey (USGS) para a recolha das imagens de satélite (Sentinel-2) para as datas 09/07/2016, 28/08/2016, 25/01/2017, 23/08/2017, 03/08/2019;
- ✓ Direção Geral do Território para obter a carta Administrativa de Portugal (CAOP), a Carta de Ocupação do Solo de 2018 (COS 2018) e as curvas de nível e pontos cotados para a área de estudo;

Processamento de dados e apresentação de resultados:

As técnicas de processamento de dados foram diversificadas. Os dados quantitativos foram sujeitos a uma análise estatística com recurso à ferramenta Excel e às tabelas de atributos das bases

cartográficas. Os dados cartográficos foram analisados com recurso aos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), com base nas ferramentas ArcGis (ArcMap 10.7.1) e QGIS 3.10.1.

Como não há correspondência entre a base estatística e cartográfica, de modo a analisar a área ardida apenas no concelho, recorreu-se à componente cartográfica onde foi realizado um clip às áreas ardidas pelo município de Arouca.

Foi realizado um conjunto de mapas para a área de estudo: i) mapa da área ardida, foi feito um *Union* na ferramenta *Geoprocessing* de todos os clips realizados, que forneceu toda a área alguma vez ardida no município e a que nunca ardeu; ii) mapa da ocupação do solo (COS 2018), foi feito um *clip* na ferramenta *Geoprocessing* à shapefile original da DGT pelo município e foi considerada na análise o nível 1 e 5 da COS 2018. Para se poder distinguir as subcategorias dos diferentes níveis foi-se às propriedades da shapefile, em *Symbolology* e em *category* seleccionou-se o nível 1 e o nível 5; iii) mapa de recorrências, foram utilizados os clips das áreas ardidas transformados em formato raster (*Arc ToolBox- Conversion Tools- To Raster-Feature to Raster*) e reclassificados (*Arc ToolBox- 3D Analyst Tools- Raster Reclass- Reclassify*). Por fim, foi feito o somatório dos rasters (*Arc ToolBox- Spatial Analyst Tools- Map Algebra- Raster Calculator*); iv) mapa da suscetibilidade, foi feito o Triangular Irregular Networks (TIN) através dos pontos cotados e curvas de nível da área de estudo (*Arc ToolBox- 3D Analyst Tools- Data Management- TIN- Create Tin*) e respetiva conversão para formato raster (*Arc ToolBox- 3D Analyst Tools-Conversion- From TIN- TIN to Raster*). Foi feito o mapa de declives (*Arc ToolBox- 3D Analyst Tools-Raster Surface- Slope*), posteriormente reclassificado (*Arc ToolBox- 3D Analyst Tools- Raster Reclass- Reclassify*) em 5 classes e utilizada a shapefile da COS 2018 em formato raster (*Arc ToolBox- Conversion Tools- To Raster-Feature to Raster*) e reclassificada (*Arc ToolBox- 3D Analyst Tools- Raster Reclass- Reclassify*) em quatro classes. Por fim, foi multiplicado o raster da COS 2018 pelo raster dos declives (*Arc ToolBox- Spatial Analyst Tools- Map Algebra- Raster Calculator*), posteriormente reclassificado em cinco classes (*Arc ToolBox- 3D Analyst Tools- Raster Reclass- Reclassify*); v) mapa da severidade do incêndio de 2016, foram utilizadas imagens de satélite (Sentinel-2), uma antes do incêndio de 2016 (09/07/2016) e outra após (28/08/2016). Em cada uma das imagens foram utilizadas apenas as bandas 8 (NIR) e 12 (SWIR), com resolução espacial de 10 metros, cortadas pela área de estudo. Foi calculado, no QGIS 3.10.1 (*Raster-Raster calculator*), o Normalized Burn Ratio (NBR) para cada uma das imagens e, por fim, o Difference Normalized Burn Ratio (dNBR), que nos dá o mapa da severidade;

$$NBR = \frac{(NIR - SWIR)}{(NIR + SWIR)} \quad dNBR = (NBR_{antes} - NBR_{após}) \times 1000$$

vi) mapa do NDVI (densidade da vegetação), foram utilizadas as imagens referidas no mapa v, e as imagens dos dias 25/01/2017, 23/08/2017 e 03/08/2019, que permitiram ver a evolução pós-incêndio. Neste caso, foram utilizadas as bandas 8 (NIR) e 4 (RED), com resolução espacial de 10

metros e foi calculada a equação do NDVI, no QGIS 3.10.1 (*Raster-Raster calculator*). Por fim, foram classificados os resultados em cinco classes (muito baixo; baixo; moderado; elevado; e muito elevado), de forma automática;

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}$$

vii) mapa de recuperação da vegetação nas áreas de severidade alta, foi feita a extração da área identificada com severidade alta e posteriormente um *clip* na ferramenta *Geoprocessing* do NDVI relativo aos dias 25/01/2017 e 23/08/2017 por essa área. Por fim, foi feita uma análise estatística de cada uma das classes de NDVI.

2. A suscetibilidade do território aos incêndios rurais

2.1 A ocupação do solo

A ocupação do solo dominante no município de Arouca são as áreas florestais que ocupam 21 152 ha, o que corresponde a 64% da superfície total do município (Fig.2).

Em termos de espécies, o eucalipto é a dominante (13 363 ha), seguido do pinheiro bravo (5 603 ha) (Tabela 2). De realçar também a presença de carvalhos (1 306 ha), outras folhosas (60 ha), espécies invasoras (28 ha), castanheiro (10 ha) e sobreiro (2 ha). A segunda ocupação do solo mais frequente são os matos (6 486 ha), que mesmo assim apresentam um valor inferior à espécie arbórea dominante. A agricultura, essencialmente culturas temporárias de sequeiro e regadio, ocupa apenas 3 367 ha. Os territórios artificializados ocupam 1 345 ha do município, pelo que a maior mancha de tecido urbano se situa na União de Freguesias de Arouca e Burgo. A ocupação do solo com espaços descobertos ou com pouca vegetação é feita em 409. A área destinada às pastagens é reduzida, ocupando apenas 98 ha, bem como as massas de água superficiais (54 ha) (Tabela 3).

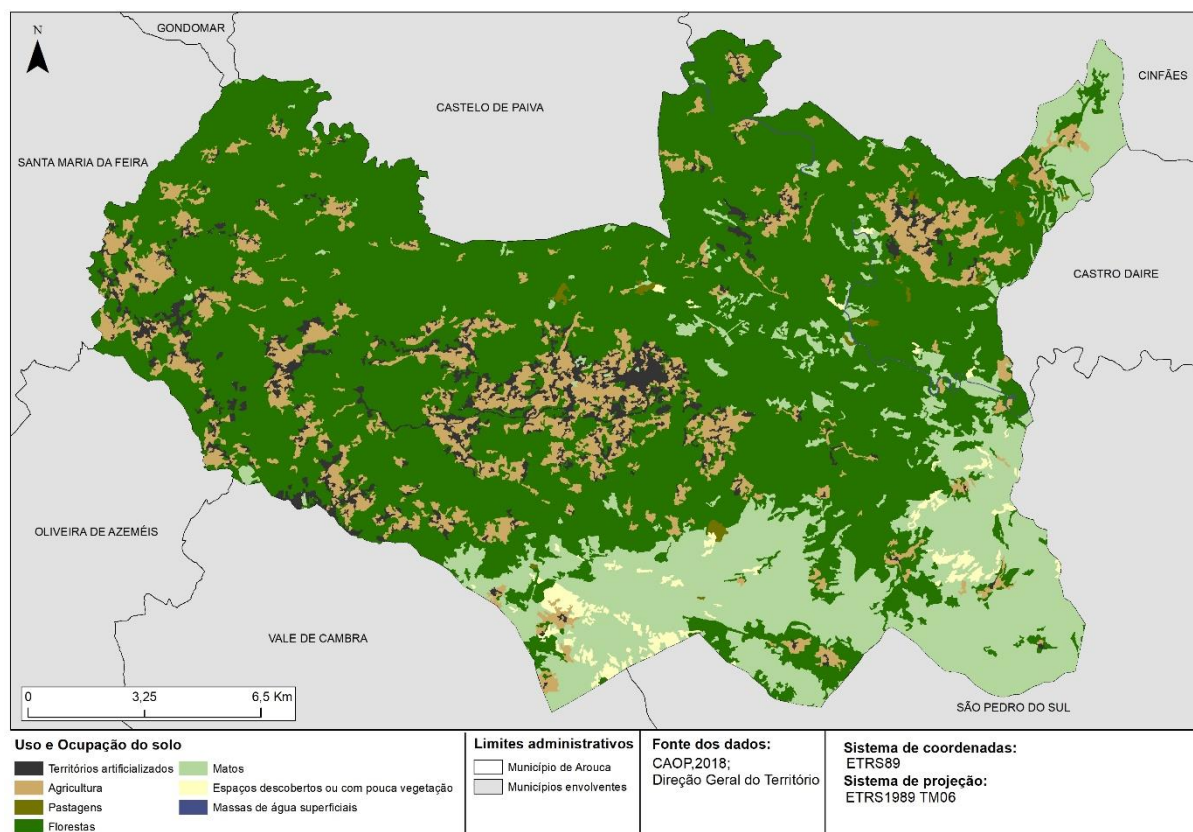


Figura 2- Ocupação do solo, por nível 1, na área de estudo.

Tabela 2- Ocupação das espécies arbóreas, por nível 4 da COS 2018, na área de estudo.

Espécies florestais	Área (ha)	%
Eucalipto	13 363	63,2
Pinheiro Bravo	5 603	26,5
Carvalhos	1 306	6,2
Outras folhosas	780	3,7
Outras resinosas	60	0,3
Espécies invasoras	28	0,1
Castanheiro	10	0,05
Sobreiro	2	0,01

Tabela 3- Ocupação do solo, por nível 1, na área de estudo.

Ocupação do solo	Área (ha)	%
Territórios artificializados	1 345	4,1
Agricultura	3 367	10,2
Florestas	21 153	64,3
Pastagens	98	0,3
Matos	6 486	19,7
Espaços descobertos ou com pouca vegetação	409	1,2
Massas de água superficiais	54	0,2
Total	32 912	100

2.2 A suscetibilidade aos incêndios rurais

As características da ocupação do solo aliadas à orografia evidenciam a suscetibilidade muito elevada deste município aos incêndios rurais (35,7%); 29,1% moderada; 19,1% elevada; 11,5% baixa-moderada; e 4,6% baixa (Fig. 3).

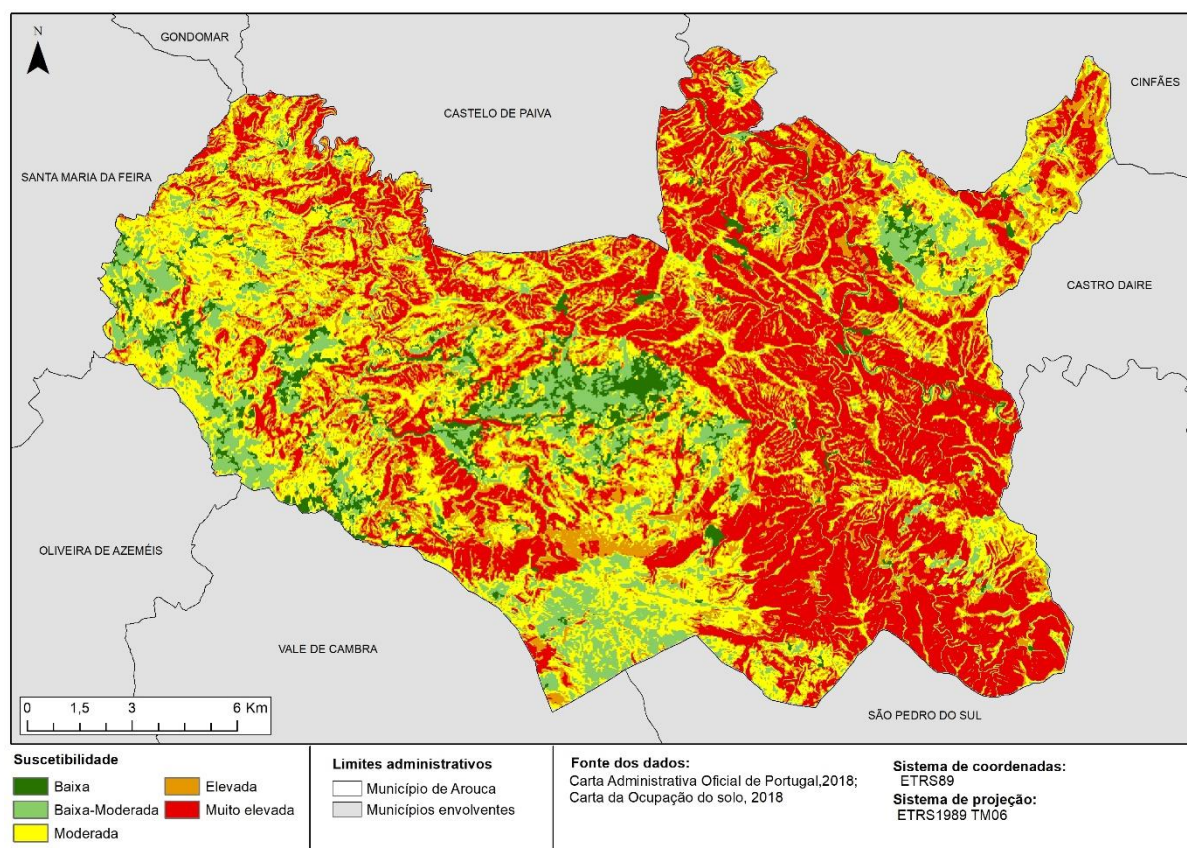


Figura 3- Suscetibilidade aos incêndios rurais na área de estudo.

3. A incidência dos incêndios rurais no município de Arouca

3.1 Evolução do número de área ardida

A análise dos dados cartográficos dos incêndios ocorridos entre 1975 e 2017, que afetaram o município de Arouca, mostra que foram afetados 54 955 ha (Fig. 4). Assim se verifica que a dimensão de área afetada equivale a 1,6 vezes a área total do município. Os anos que registam um maior número de área ardida são 2005, com 8 677 ha (15,7% do total registado até à data e 26,4% do território municipal) e 2016, com 14 154 ha (25,7% do total registado até à data e 43,1% do território municipal) (Fig. 5). Os incêndios de 2005 e 2016 têm configurações idênticas, a mesma área que ardeu em 2005 foi novamente consumida em 2016. Neste último a área afetada foi equivalente à de 2005, embora tenha ardido mais área, ou seja, a configuração do incêndio de 2016 é semelhante à do de 2005 (Fig. 6).

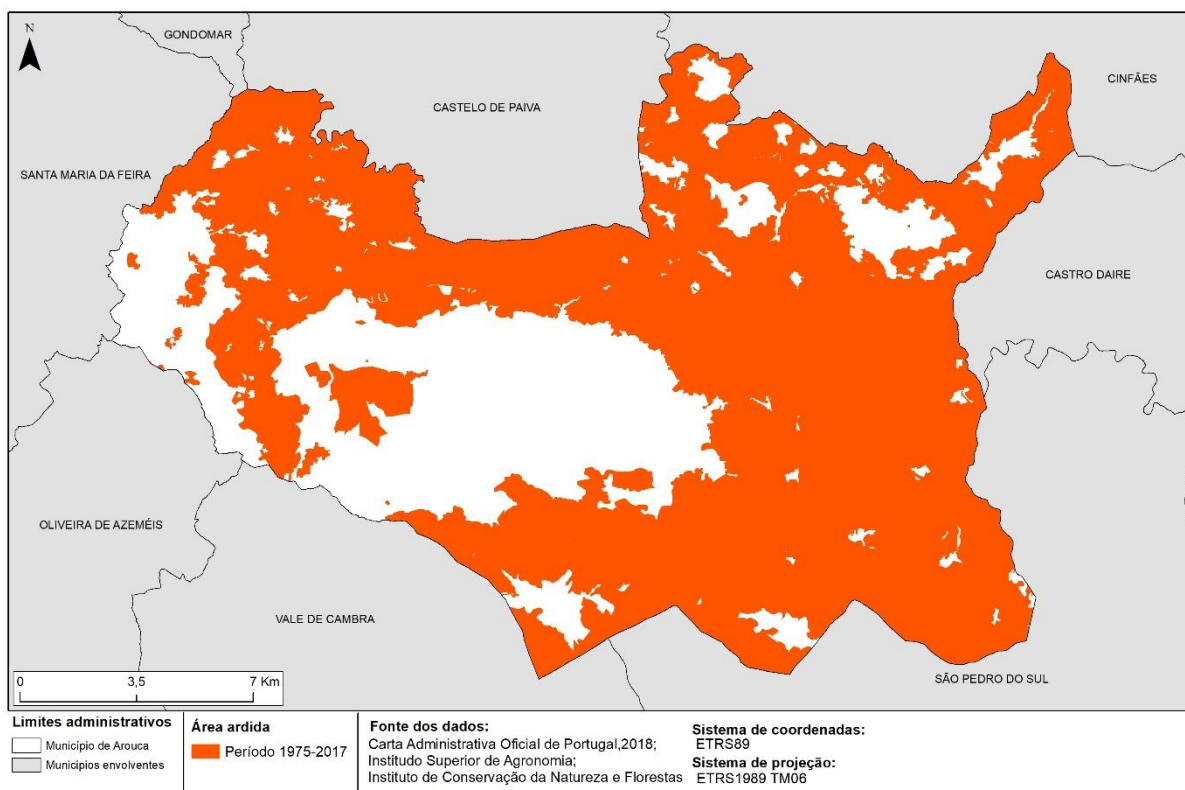


Figura 4- Área ardida, no período entre 1975 e 2017, na área de estudo.

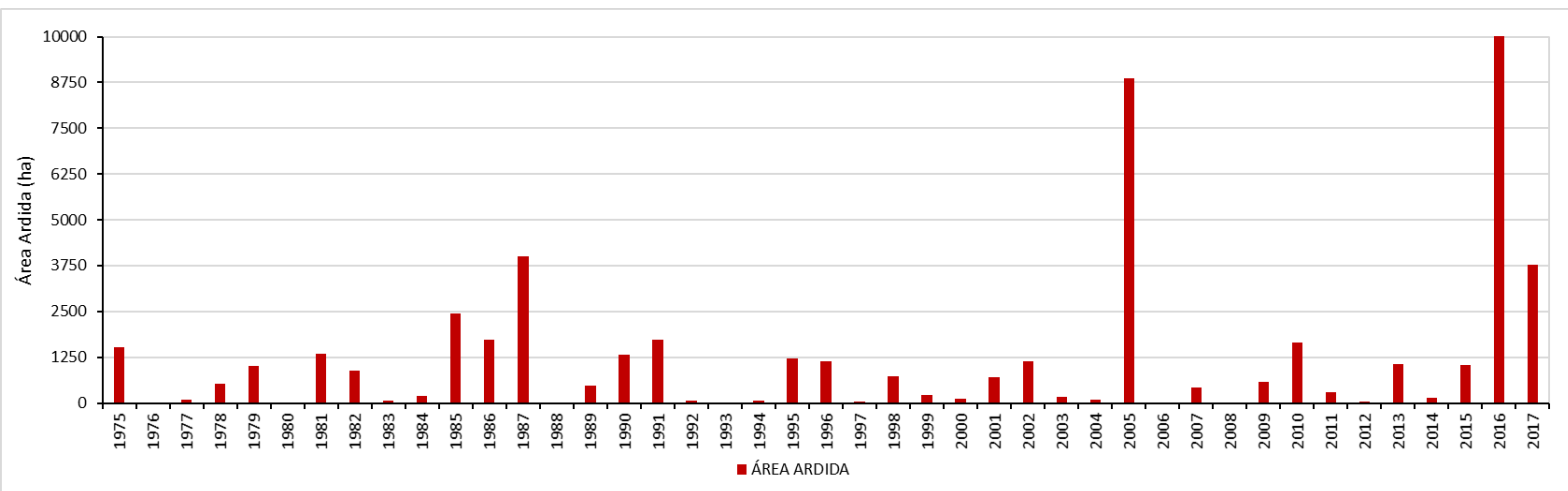


Figura 5- Área ardida, no período entre 1975 e 2017, na área de estudo.

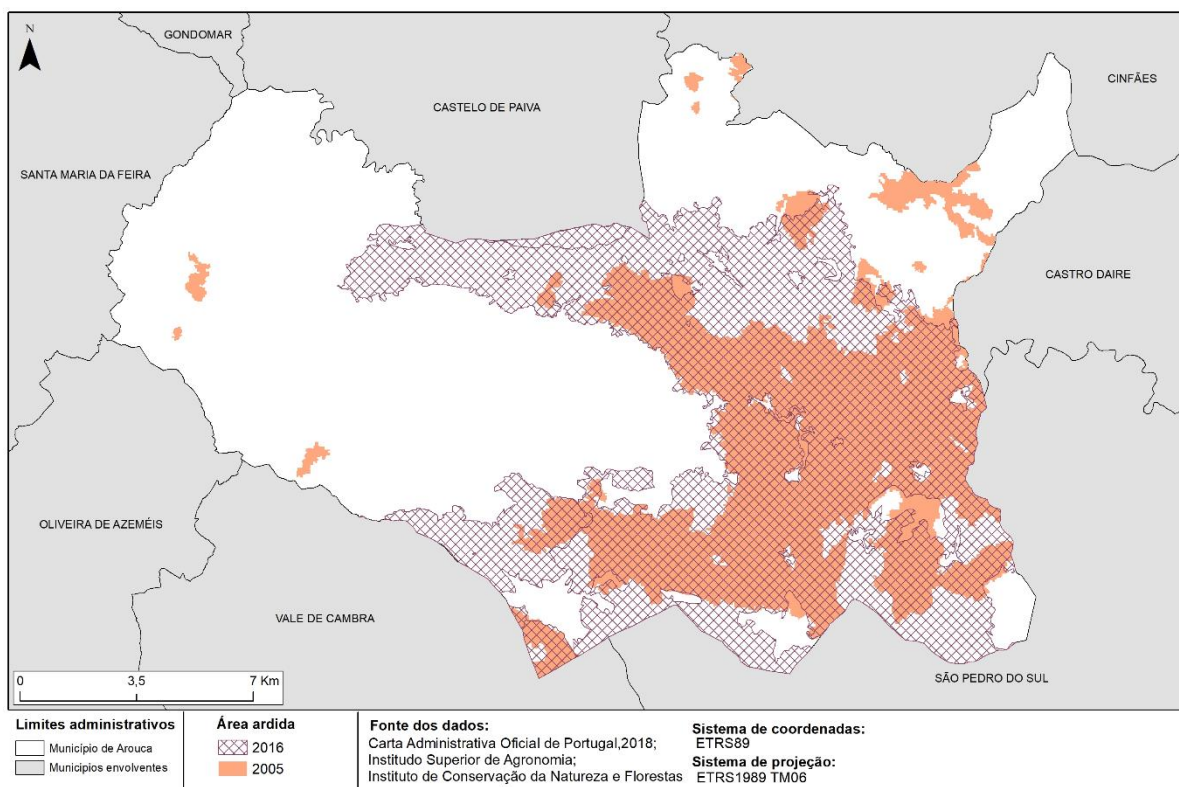


Figura 6- Área ardida pelos incêndios de 2005 e 2016 na área de estudo.

3.2A recorrência dos incêndios

Apesar do elevado número de área ardida, 9 824 ha (29,8% do território) nunca arderam. Contudo, já houve áreas que arderam nove vezes, que representam apenas 0,3 ha. Grande parte da área ardida do município ardeu duas vezes (7 410 ha) ou uma vez (6 269 ha). A área correspondente a 5 715 ardeu três vezes, a área de 2 337 ha ardeu quatro vezes, a de 1 071 ha, cinco vezes, 233 ha, seis vezes; 43 ha, sete vezes e 7 ha arderam 8 vezes (Tabela 4).

As áreas onde a recorrência é mais elevada são: na Serra da Freita, nas Freguesias de Urrô e Santa Eulália (1), na União de Freguesias de Albergaria da Serra e Cabreiros e na Freguesia de Moldes (2), e na Serra do Montemuro, na Freguesia de Alvarenga (3) (Fig.7).

Tabela 4- Recorrência dos incêndios no período entre 1975 e 2017, na área de estudo.

Recorrência	Área (ha)	%	Total de AA (ha)
0	9 824	29,8	0
1	6 269	19,1	6 269
2	7 410	22,5	14 820
3	5 716	17,4	17 148
4	2 337	7,1	9 348
5	1 071	3,3	5 355
6	233	0,7	1 398
7	43	0,1	301
8	7	0,02	56
9	0,3	0,001	2,7
Total	32 912	100	54 698

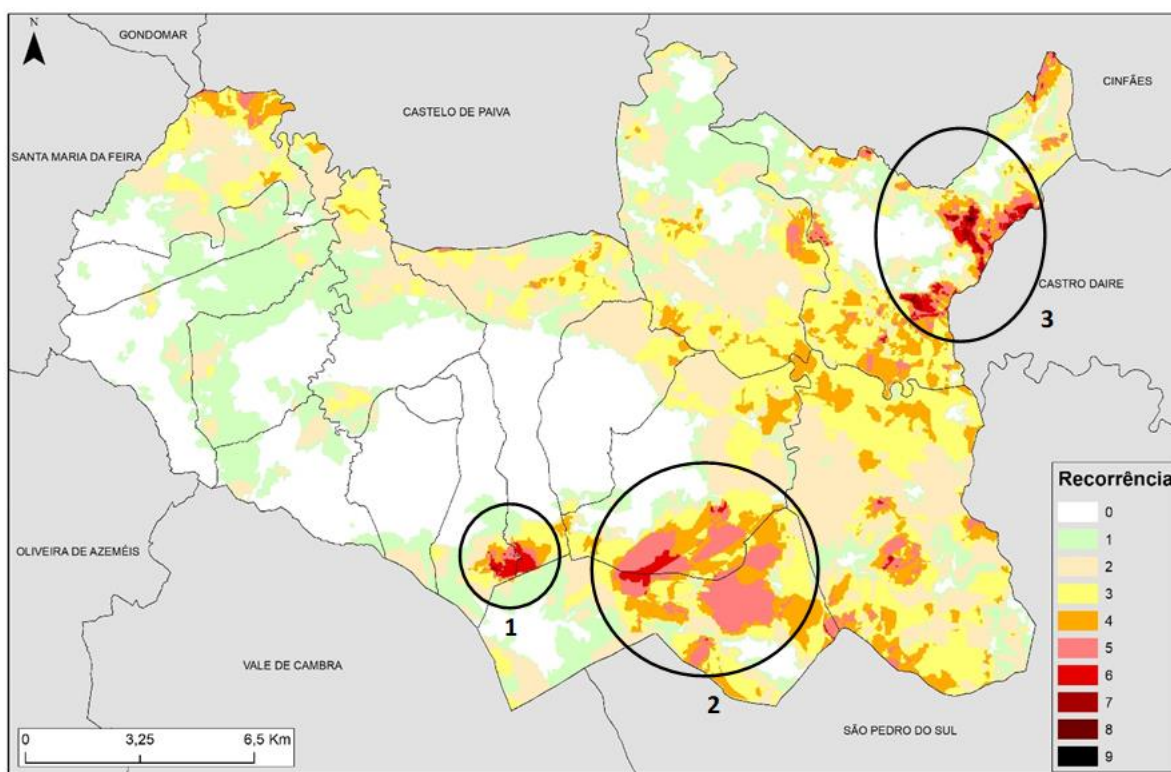


Figura 7- Recorrência dos incêndios no período entre 1975 e 2017, na área de estudo.

3.3 Os impactos do incêndio de 2016 na vegetação

No ano de 2016, o concelho de Arouca foi severamente afetado pelos incêndios. Segundo a base cartográfica do ICNF, registou-se um total de 161 368 ha de área ardida em todo o país, em que 14 154 ha arderam em Arouca (9% do total de área ardida ao nível nacional).

O “grande incêndio de Arouca” resultou de um conjunto de 4 incêndios: dois com início no concelho de Arouca (na encosta da Serra da Freita, em Provisende de Baixo, e em Telhe, na Ribeira da Mourinha), um com início em Vale de Cambra (na Felgueira -Ribeira de Paraduça) e outro com início em Castelo de Paiva (na Lapa) (Fig.8). Estes ocorreram em simultaneidade, entre o dia 6 e 15 de agosto. O incêndio responsável pelo maior número de área ardida (12 986 ha) foi o que teve início no dia 8, no lugar de Telhe (Fig.8).

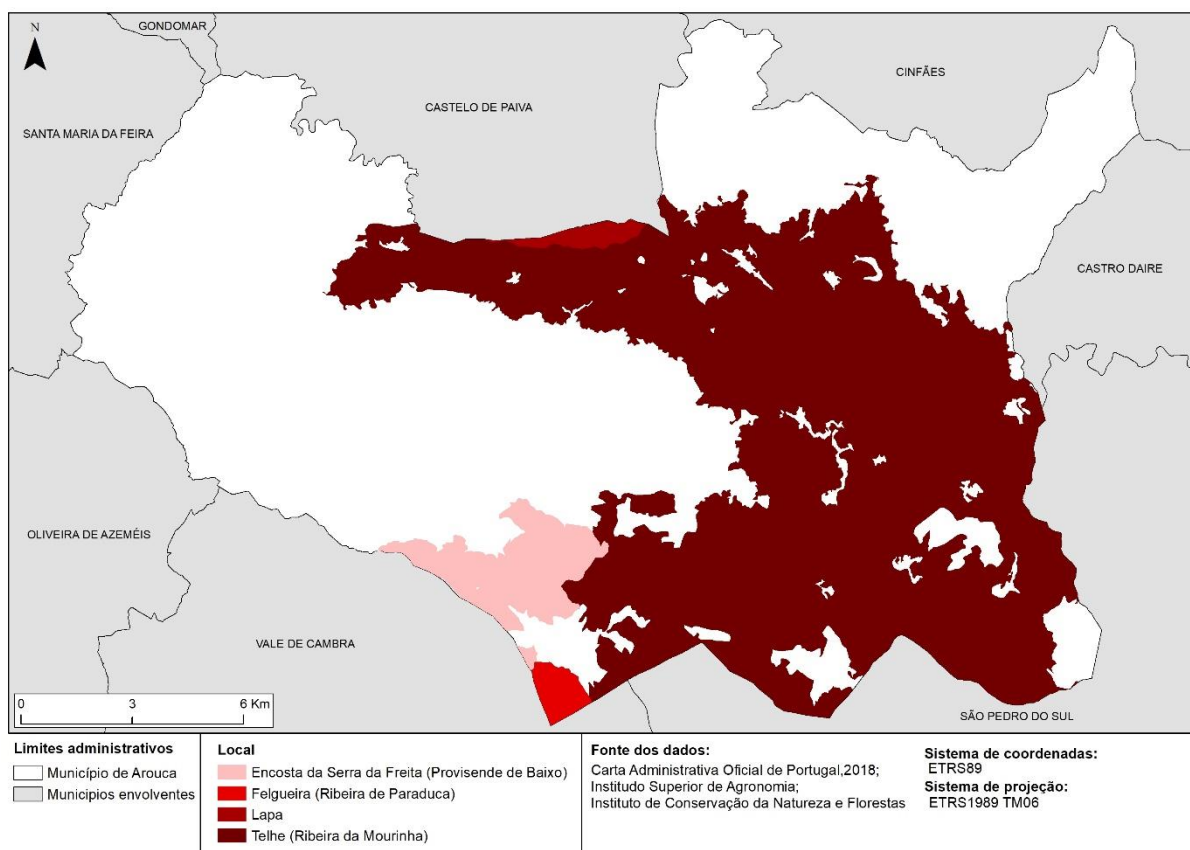


Figura 8- Área ardida dos incêndios que constituem "o grande incêndio de Arouca", no ano de 2016.

Tendo em consideração a análise do NDVI antes (09 de julho) e após (28 de agosto), é possível observar que a ocorrência dos incêndios teve um forte impacto na vegetação através da sua combustão. Antes da ocorrência dos incêndios era evidente a presença de vegetação (Fig.9). O NDVI apresentava valores essencialmente elevados, correspondente a 10 493 ha do município (31,9 %) e muito elevados, 7 539 ha (22,9 %). Em 8 353 ha (25,4 %) eram moderados, em 4 559 ha (13,9 %) baixos e em 1 944 ha (5,9 %) muito baixos (tabela 5). Por outro lado, após a ocorrência dos incêndios é visível uma redução drástica de vegetação nas áreas afetadas pelos incêndios, sendo sobretudo nessas que se destacam valores de NDVI muito baixos, correspondente a 8 873 ha do município (26,9 %) (Fig. 10). Os valores de NDVI muito elevados correspondiam a 7 555 ha (22,3 %), elevados a 7 180 ha (21,8 %), baixos a 129 ha (15,6 %) e moderados a 4 150 ha (12,6%) (tabela 6).

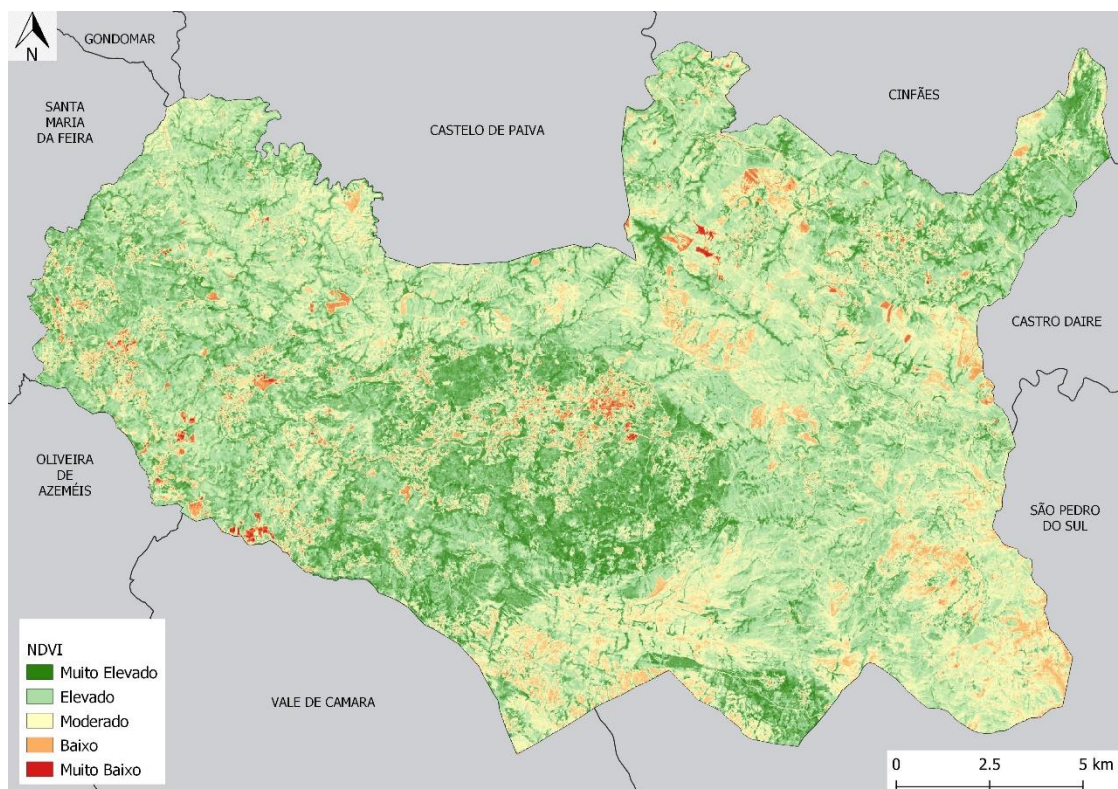


Figura 9- Valores de NDVI a 9 de julho de 2016, na área de estudo.

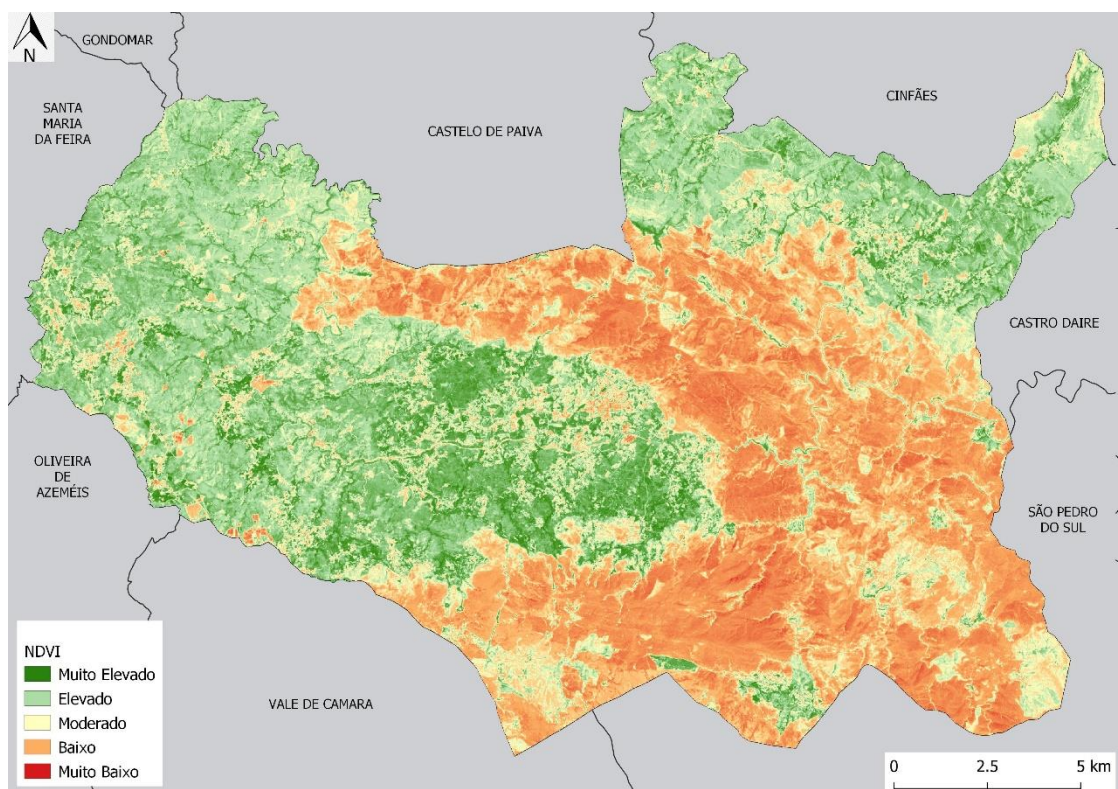


Figura 10- Valores de NDVI a 28 de agosto de 2016, na área de estudo.

Tabela 5-Valores de NDVI a 9 de julho de 2016, na área de estudo.

NDVI	Área (ha)	%
Muito elevado	7 539	22,9
Elevado	10 493	31,9
Moderado	8 353	25,4
Baixo	4 559	13,9
Muito baixo	1 944	5,9
Total	32 912	100

Tabela 6- Valores de NDVI a 28 de agosto de 2016, na área de estudo.

NDVI	Área (ha)	%
Muito elevado	7 555	22,3
Elevado	7 180	21,8
Moderado	4 150	12,6
Baixo	129	15,6
Muito baixo	8 873	26,9
Total	32 912	100

Estes incêndios causaram fortes impactos ao nível da severidade ecológica (Fig.11), o que pode ter dificultado a regeneração natural das espécies. Correspondente à severidade alta foram afetados 5 773 ha (40,7 %), moderada-alta 5 548 ha (39,2 %), moderada-baixa 2 813 ha (19,9 %) e baixa 33 ha (0,2 %).

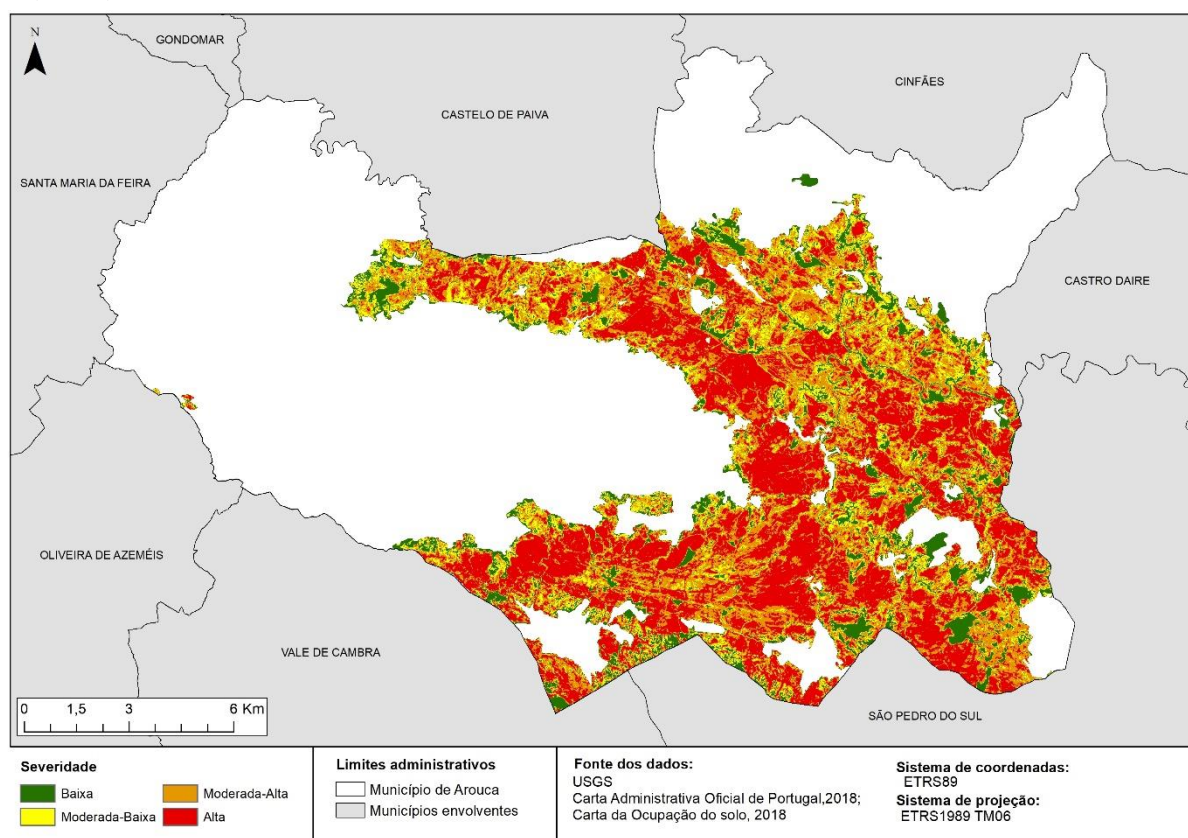


Figura 11- Diferentes níveis de severidade dos incêndios que afetaram a área de estudo em agosto de 2016.

Após 5 meses (janeiro de 2017) da ocorrência dos incêndios, a vegetação apresentava uma regeneração lenta (Fig.12) em que se destacam valores de NDVI baixos, correspondente a 8 183 ha do município (24,9 %). Valores muito elevados em 8 089 ha (24,6%), elevados em 7 091 ha (21,5 %), moderados em 6 886 (20,9 %) e muito baixos em 2 640 ha (8,1 %) (tabela 7). Passado um ano, em agosto de 2017, a vegetação ainda se encontra a recuperar (Fig.13). Destacam-se valores de NDVI elevados em 7 986 ha (24,3 %), moderados em 7 143 ha (21,7 %), baixos em 6 438 ha (19,6 %), muito elevados em 6 128 ha (18,6 %) e muito baixos em 5 192 ha (15,8 %) (tabela 8).

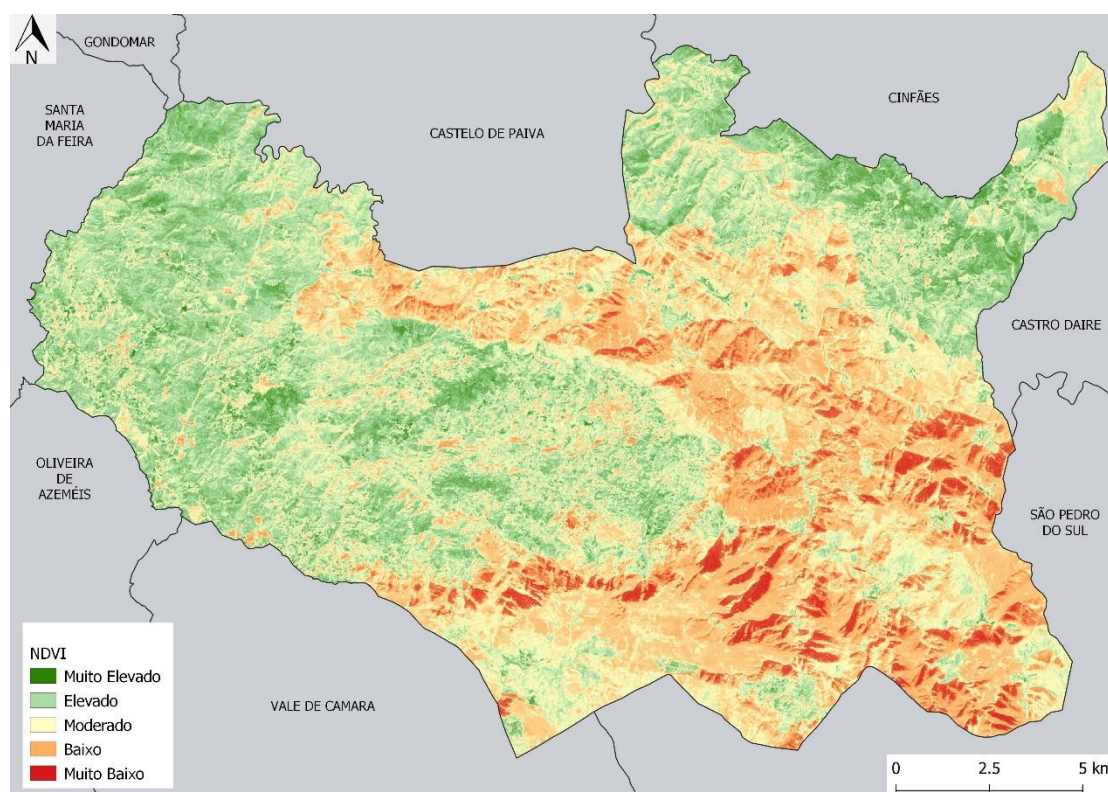


Figura 12- Valores de NDVI a 25 de janeiro de 2017, na área de estudo.

Tabela 7- Valores de NDVI a 25 de janeiro de 2017, na área de estudo.

NDVI	Área (ha)	%
Muito elevado	8 089	24,6
Elevado	7 091	21,5
Moderado	6 886	20,9
Baixo	8 183	24,9
Muito baixo	2 640	8,1
Total	32 912	100

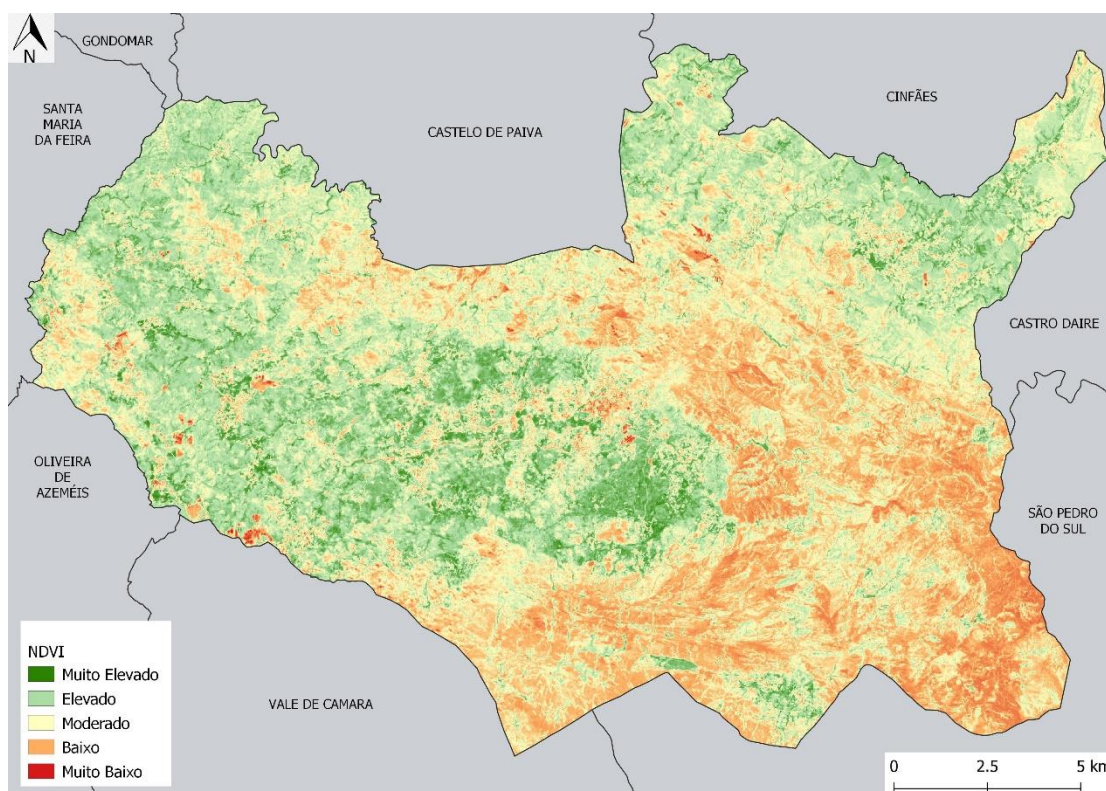


Figura 13- Valores de NDVI a 23 de agosto de 2017, na área de estudo.

Tabela 8- Valores de NDVI a 23 de agosto de 2017, na área de estudo.

NDVI	Área (ha)	%
Muito elevado	6 128	18,6
Elevado	7 986	24,3
Moderado	7 143	21,7
Baixo	6 438	19,6
Muito baixo	5 192	15,8
Total	32 912	100

Pressupondo-se que as áreas com maior impacto foram as de maior severidade foi feita uma análise à classe da severidade alta. Apesar das consequências do fogo serem mais fortes nesta área, a recuperação da vegetação foi diferenciada, comprovado pelos diferentes valores de NDVI para as datas referidas na metodologia. Após 5 meses da ocorrência dos incêndios os valores de NDVI em áreas de severidade ecológica alta eram essencialmente baixos, 3 263 ha (56,9%) e muito baixos, 912 ha (15,9%) (Fig.14). Ainda assim, existiam áreas onde os valores de NDVI eram moderados, 1 459 ha (25,4%), elevados, 88 ha (1,5%) e muito elevados, 8 ha (0,1%) (tabela 9), o que demonstra que a regeneração das espécies foi mais rápida nestes locais.

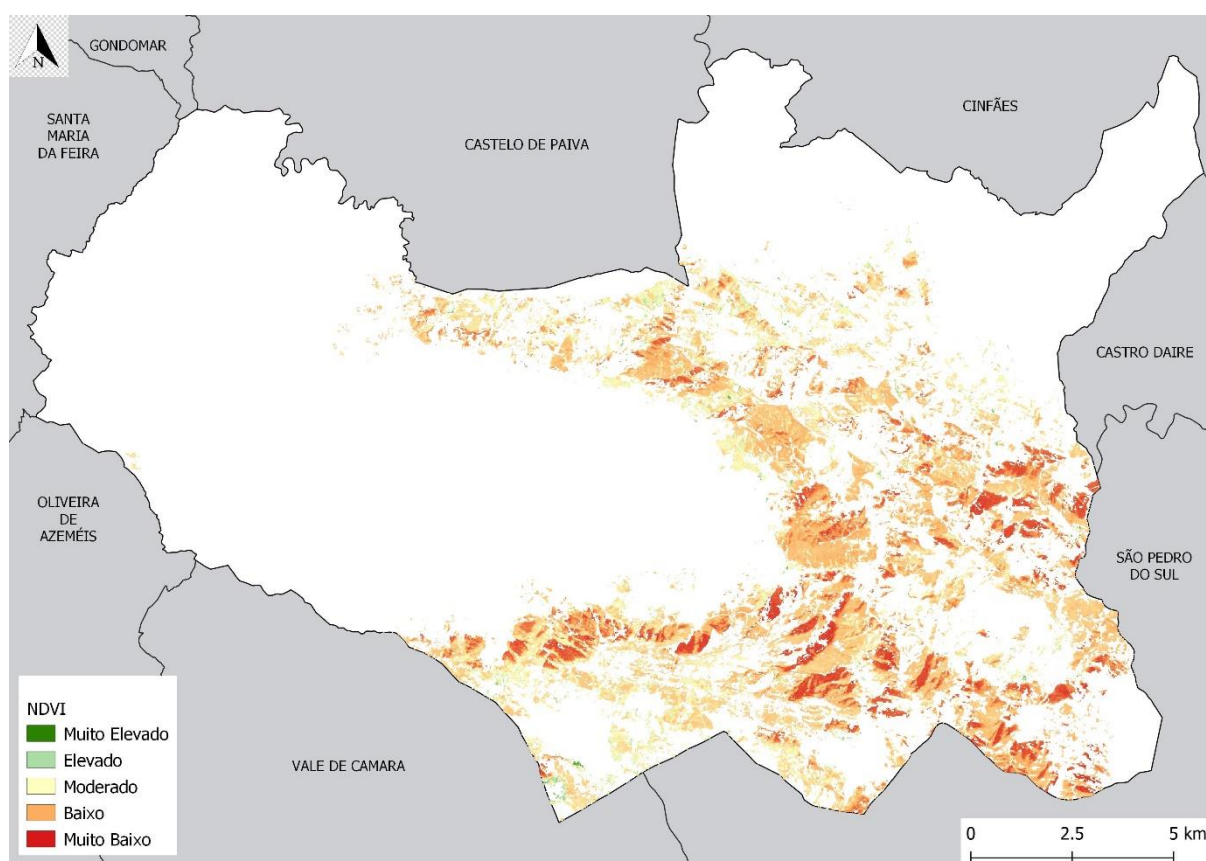


Figura 14- Valores de NDVI a 25 de janeiro de 2017 em áreas de severidade ecológica alta.

Tabela 9- Valores de NDVI a 25 de janeiro de 2017 em áreas de severidade ecológica alta.

NDVI	Área (ha)	%
Muito elevado	8	0,14
Elevado	88	1,5
Moderado	1 460	25,4
Baixo	3 263	56,9
Muito baixo	912	15,9
Total	32 912	100

Passado um ano, em áreas de severidade ecológica alta, os valores de NDVI moderados e baixos são os que têm maior representatividade com 2 404 ha (41,9%) e 2 342 ha (40,8%), respetivamente (Fig.15). Contudo, algumas áreas apresentavam valores elevados, 921 ha (16,1%) e muito elevados, 61 ha (1,1%). Valores muito baixos concentravam-se em apenas 4 ha (0,06%) (tabela 10).

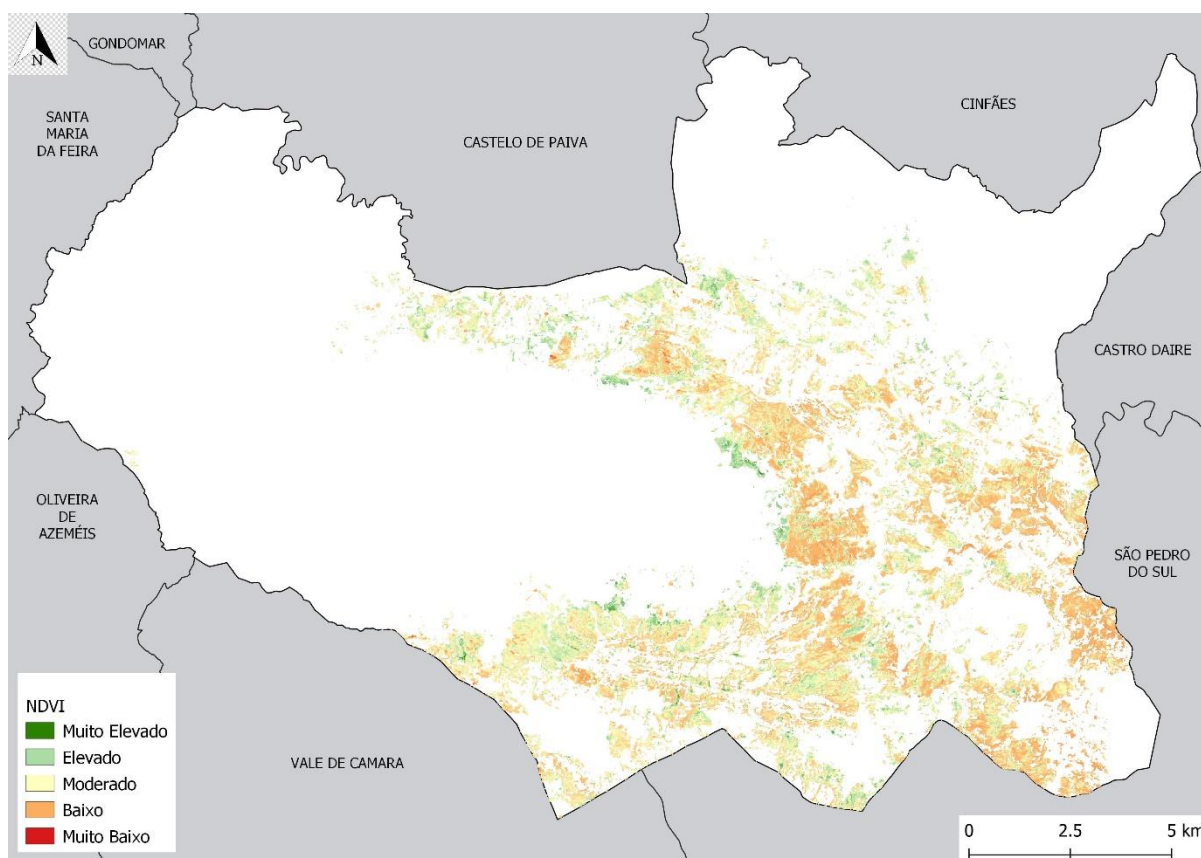


Figura 15- Valores de NDVI a 23 de agosto de 2017 em áreas de severidade ecológica alta.

Tabela 10- Valores de NDVI a 23 de agosto de 2017 em áreas de severidade ecológica alta.

NDVI	Área (ha)	%
Muito elevado	61	1,1
Elevado	921	16,1
Moderado	2 404	41,9
Baixo	2 342	40,9
Muito baixo	4	0,1
Total	32 912	100

Passados dois anos, em agosto de 2019, o NDVI mostra uma recuperação praticamente total da vegetação, em que predominam valores muito elevados e elevados, correspondentes a 9 869 ha (30 %) e 8 834 ha (26,9 %), respetivamente (Fig.16). Os valores moderados são responsáveis por 6 864 ha (20,9 %), baixos 5 177 ha (15,7 %) e muito baixos 2 143 ha (6,5 %) (tabela 11).

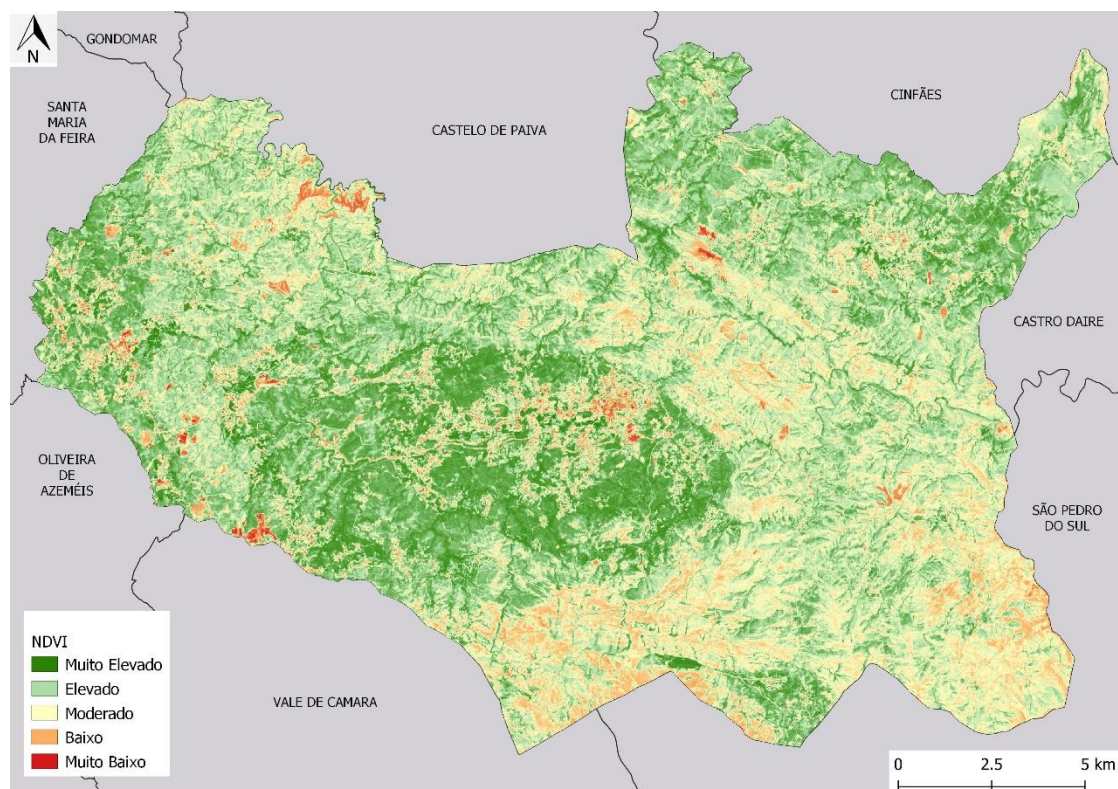


Figura 16- Valores de NDVI a 3 de agosto de 2019, na área de estudo.

Tabela 11- Valores de NDVI a 3 de agosto de 2019, na área de estudo.

NDVI	Área (ha)	%
Muito elevado	9 869	30
Elevado	8 834	26,9
Moderado	6 864	20,9
Baixo	5 177	15,7
Muito baixo	2 143	6,5
Total	32 912	100

4. Discussão dos resultados

Os incêndios são um fenómeno frequente e uma ameaça aos espaços rurais do município de Arouca que se têm agravado com o aproximar da atualidade, como visualizado no ano de 2005 e 2016, como comprovam os recentes trabalhos de investigação de Correia (2017, 2019); Correia et al. (2019); Magalhães (2018).

O “Grande incêndio de Arouca” de 2016 foi considerado pela comunicação social como o mais problemático ao nível nacional. Segundo o Diário de Notícias (DN), com uma notícia publicada a 16/08/2016, quase um terço da área total que ardeu em Portugal nesse ano foi destruída pelos incêndios de Arouca e São Pedro do Sul.

Estes incêndios, momentaneamente, adquiriram comportamentos extremos, sobretudo de altura das chamas (>15 metros) e velocidade de propagação (>3 km/h). Estas características físicas aliadas à velocidade dos ventos (70 km/h) e direção de Este, conjuntamente com humidades relativas abaixo dos 10% e temperaturas diurnas superiores a 35°C, tornaram o combate em determinados períodos ineficaz e o colapso da estrutura de combate foi evidente (Correia, 2019).

Um dos problemas que levou à origem deste grande incêndio foi a simultaneidade das ocorrências. A ocorrência de três focos, quase ao mesmo tempo, um dos quais não registado na base cartográfica e estatística, o de Valdeasna (06/08/2016), que ocorreram durante a tarde, levaram a uma dispersão de meios. Isto impediu um rápido ataque inicial aos incêndios de Provisende (Encosta da Freita) e Felgueira (Ribeira da Paraduça) e permitiu que atingissem dimensões que os tornaram incontrolláveis. Este último, chegou mesmo a entrar na aldeia da Castanheira, onde destruiu três palheiros. A situação foi semelhante no dia 8, ainda no combate ao incêndio de Provisende e com as respetivas manobras de rescaldo do incêndio da Felgueira, surgiu um novo foco a cerca de 13 km do centro de Arouca, em Telhe, “com o primeiro meio de ataque ligeiro a chegar cerca de 45 minutos após o seu início” (Fernando Correia, 2020). Este incêndio teve um arranque inicial face às características do terreno, do combustível e das condições meteorológicas que não havia nenhum dispositivo que tivesse capacidade de controlo (Correia, 2019).

Este conjunto de incêndios de 2016 causou grandes impactos na paisagem rural local. Pressupõe-se que possam ter sido atingidas intensidades superiores à capacidade de resposta das espécies ao fogo, pois nove meses após a ocorrência havia locais atingidos pelo incêndio de Telhe onde a regeneração das espécies era inexistente e o solo estava exposto aos agentes erosivos (Correia, 2019).

As áreas de severidade alta, por norma, são as que apresentam maior dificuldade em regenerar. Contudo, as espécies inseridas dentro dessa classe não reagem todas de igual forma à presença do fogo. Por isso, dependendo do tipo de espécie e da intensidade de fogo, que a atingiu, a regeneração foi diferenciada ao longo do tempo, como foi verificado na análise do NDVI. Apesar de ser dada ênfase à análise das áreas de severidade alta, estes locais não correspondem apenas a áreas onde o NDVI é baixo. Os valores de NDVI baixos e muito baixos indicam uma lenta regeneração e foram diagnosticados em áreas ocupadas por matos, pinheiro bravo e, em alguns casos, eucalipto, sobretudo, onde foi extraído e os terrenos lavrados; valores de NDVI elevados e muito elevados, que indicam uma rápida regeneração, foram diagnosticadas áreas ocupadas por eucalipto, outras folhosas e carvalhos. Assim, o tipo de espécie, quantidade de água existente, exposição e declive (declives elevados têm menos solo para as espécies se fixarem e a regeneração será mais lenta) são fatores que condicionam os valores de NDVI e a regeneração. Estas ilações vêm comprovar o trabalho realizado por Myers (2006) que nem todas as espécies ou ecossistemas reagem de igual forma ao fogo. Embora

não fosse permitido analisar com pormenor todas as variáveis que influenciam a regeneração, e fazer um cruzamento da informação, esse será um desejo de desenvolver num trabalho futuro. Não só as espécies, mas também as comunidades serranas sentiram o grande impacto adjacente a esta situação, na obtenção de alimento para o gado bovino e caprino, que viu as suas áreas de pastagens naturais ou em matos severamente afetadas.

Face à situação presente e ao contexto histórico dos incêndios, a tendência é para ocorrência de situações mais severas no futuro, devido a transformações ocorridas nas áreas florestais e a mudanças na dinâmica social e económica do município (Magalhães, 2018).

5. Conclusão

Apesar dos incêndios serem um rápido promotor de mudança nas paisagens rurais ainda não se sabe concretamente os seus verdadeiros impactos nos ecossistemas. O trabalho de Meyers (2006) mostra a resposta dos ecossistemas à presença do fogo, mas é necessário perceber a resposta dos ecossistemas e das espécies aos níveis de intensidade do fogo. Também se justifica perceber a tendência do tipo de incêndio que os podem afetar, isto permitirá, futuramente, definir medidas de prevenção e preparação adequadas. Portanto se alguns ecossistemas ou espécies necessitam de níveis de intensidade específicos de fogo, a variação do nível, sobretudo quando aumenta, pode causar a sua destruição ou retardar a regeneração das espécies, como aconteceu no município de Arouca em 2016. Lá, apesar de potenciar o aparecimento de novas espécies, implementadas pelo homem de forma ilegal e em sítios Rede Natura 2000, em muitos sítios a regeneração natural das espécies foi lenta, sobretudo em áreas de matos da Serra da Freita e Arada. Consequentemente, o solo ficou exposto aos agentes erosivos, como a precipitação do inverno seguinte. Esta situação além de patenteada nos mapas que calculam o NDVI (densidade do combustível) antes e após o incêndio, bem como nos períodos de recuperação pós fogo, também, de acordo com outros trabalhos já realizados, nove meses após o incêndio havia locais onde o solo estava nu. Essencialmente estas são áreas onde as severidades ecológicas foram mais elevadas. Resultado desta situação, a ocorrência das chuvas de inverno e primavera removeram inúmeras quantidades de minerais e sedimentos que ficaram acumulados nos fundos dos rios e ribeiros da região.

Por estes motivos e outros associados aos impactos dos incêndios, que tendem a aumentar na região onde se insere o município de Arouca, é necessário repensar as estratégias de gestão do território. Estas deverão proporcionar a minimização do risco, quer para as espécies e ecossistemas, que são património classificado, como para as populações rurais, já que a atual estratégia baseada no combate entra em colapso com situações como as de 2016 e os níveis de intensidade atingidos, momentaneamente, não permitem ações de combate.

É necessário adaptar novas medidas de gestão, como os planos de gestão dos sítios RN2000, recomendáveis de ser elaborados pela Comissão Europeia. Também o restante município, bem como outros a nível nacional, caso tenham uma vasta área rural com espaços florestais e agrícolas, deveriam elaborar planos de gestão desses espaços. Estes permitirão delinear as atividades de gestão adequadas a cada local e a periodicidade de serem realizadas, bem como a época em que se realizam, sem causar danos nas espécies e ecossistemas e salvaguardando-os do risco de incêndio. Por fim, a adequada gestão permitirá colmatar as lacunas da legislação em vigor que nem sempre acompanham as dinâmicas mutacionais do território, nem dão resposta às suas reais necessidades.

Referências bibliográficas

- AGIF. (2020). *Plano Nacional de Gestão Integrada de Fogos Rurais 2020-2030*.
- An Taisce. (n.d.). Threats to Nature Conservation - The National Trust for Ireland. Retrieved March 4, 2020, from 2018 website: <https://www.antisce.org/issues/threats-nature-conservation>
- Associação Geoparque Arouca. (2017). *Guia à descoberta da biodiversidade do Arouca Geopark*.
- Boyd, J., & Banzhaf, S. (2007). What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. *Ecological Economics*, 63(2–3), 616–626.
- Bridge, G., & Wyeth, R. (2020). Natural Resources. *International Encyclopedia of Human Geography*, 249–258. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102295-5.10793-0>
- Charles, H., & Dukes, J. S. (2008). Impacts of invasive species on ecosystem services. In *Biological invasions* (pp. 217–237). Springer.
- Correia, F. (2017). *O contributo dos serviços de ecossistema na prevenção e resiliência a incêndios rurais na Rede Natura 2000, no município de Arouca*. Faculdade de Letras da Universidade do Porto.
- Correia, F. (2019). *Reflexão sobre os grandes incêndios em Arouca: contributo para a definição de novas de prevenção*.
- Correia, F., Tedim, F., & Silva, Â. (2019). Os incêndios rurais na Rede Natura 2000 no município de Arouca: factos e desafios. *Livro de Atas Da Conferência Geonatura*, 53–58.
- Costanza, R., D'Arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., ... Paruelo, J. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387(6630), 253–260.
- Daily, G. C. (1997). *Nature's services* (Vol. 3). Island Press, Washington, DC.
- Daily, G. C. (1999). Developing a scientific basis for managing Earth's life support systems. *Conservation Ecology*, 3(2).
- De Groot, R. S., Wilson, M. A., & Boumans, R. M. J. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, 41(3), 393–408.

- DeLong, D. (1996). Defining biodiversity. *Wildlife Society Bulletin (1973-2006)*, 24(4), 738–749.
- Direção Geral do Território. (2019). Uma Agenda para o Território (Programa de Ação). In *Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território* (pp. 115–335).
- Fisher, B., Turner, R. K., & Morling, P. (2009). Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological Economics*, 68(3), 643–653.
- Gaston, K. J., & Spicer, J. I. (2004). *Biodiversity: an introduction* (Second Edi). John Wiley & Sons.
- Guo, R. (2018). Globalization, Natural Resources and Borders. *Cross-Border Resource Management*, 23–49. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64002-4.00002-7>
- Haines-Young, R., & Potschin, M. (2010). The links between biodiversity, ecosystem services and human well-being. *Ecosystem Ecology: A New Synthesis*, 1, 110–139.
- Heywood, V. H., & Watson, R. T. (1995). *Global biodiversity assessment* (Vol. 1140). Cambridge university press Cambridge.
- INE. (2011). *Rel. téc. Instituto nacional de estatística*.
- Instituto da Conservação da Natureza e da Biodiversidade. (2011). *Espécies exóticas em Portugal Ponto de situação (2007-2010)*.
- Instituto de Conservação da Natureza e Florestas. (2017). *Estratégia Nacional de Conservação da Natureza e da Biodiversidade 2030*.
- Knopf, F. L. (1992). Focusing conservation of a diverse wildlife resource. *57th North American Wildlife and Natural Resources Conference*.
- Magalhães, C. G. (2018). *A gestão dos incêndios rurais no município de Arouca: a relevância do conceito de defensabilidade*.
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and human well-being* (Vol. 5). Island press Washington, DC:
- Mooney, H., Ehrlich, P., & Daily, G. (1997). Ecosystem services: a fragmentary history. *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*, 11–19.
- Myers, G. F. I. (2006). *Living with fire-Sustaining ecosystems & livelihoods through integrated fire management*.
- Pausas, J. G., & Keeley, J. E. (2019). Wildfires as an ecosystem service. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 17(5), 289–295.
- Pereira, A. R., Zêzere, J. L., & Morgado, P. (2005). Os Recursos Naturais em Portugal: Inventariação e Proposta de um Modelo Geográfico de Avaliação. *Anais Do X Colóquio Ibérico de Geografia*, 22.
- Pereira, H. M., Domingos, T., Vicente, L., & Proença, V. (2009). Ecossistemas e Bem-Estar Humano. Avaliação para Portugal do Millennium Ecosystem Assessment. *Escolar Editora*, 734.
- Sarkar, S. (2005). *Biodiversity and environmental philosophy: An introduction*. Cambridge University

Press.

- Schwartz, C. F., Elsner, G. H., & Thor, E. C. (1976). *Wildland planning glossary*.
- Shlisky, A., Waugh, J., Gonzalez, P., Gonzalez, M., Manta, M., Santoso, H., ... Swaty, R. (2007). Fire, ecosystems and people: threats and strategies for global biodiversity conservation. *Arlington: The Nature Conservancy*.
- Sil, Â., Azevedo, J., Fernandes, P. M., Regos, A., Vaz, A. S., & Honrado, J. (2019). (Wild) fire is not an ecosystem service. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 17(8), 429–430.
- Spellberg, I. F. (1992). *Evaluation and assessment for conservation: ecological guidelines for determining priorities for nature conservation* (Vol. 4). Springer Science & Business Media.
- Tedim, F., McCaffrey, S., Leone, V., Delogu, G. M., Castelnou, M., McGee, T. K., & Aranha, J. (2020). What can we do differently about the extreme wildfire problem: An overview. In *Extreme Wildfire Events and Disasters* (pp. 246–276). Elsevier.
- Tilman, D., May, R. M., Lehman, C. L., & Nowak, M. A. (1994). Habitat destruction and the extinction debt. *Nature*, 371(6492), 65–66. <https://doi.org/10.1038/371065a0>
- Tribunal de Contas Europeu. (2017). *Relatório Especial nº1/2017 São necessários mais esforços para implementar a rede Natura 2000 de forma a explorar plenamente o seu potencial*.
- United Nations. (1992). *Convention on biological diversity*. Rio de Janeiro.
- Walker, B. H. (1992). Biodiversity and ecological redundancy. *Conservation Biology*, 6(1), 18–23.
- Wallace, K. J. (2007). Classification of ecosystem services: problems and solutions. *Biological Conservation*, 139(3–4), 235–246.
- Ziran, Z. (1999). Natural resources planning, management, and sustainable use in China. *Resources Policy*, 25(4), 211–220. [https://doi.org/10.1016/S0301-4207\(99\)00028-8](https://doi.org/10.1016/S0301-4207(99)00028-8)