



Plano de Ação para o Tipo de Habitat 9360 Laurissilvas macaronésias



José María Fernández-Palacios, Concha Olmeda y Juan Carlos Simón

Plano de Ação para o Tipo de Habitat 9360 Laurissilvas macaronésias



Madrid, 2025

AVISO LEGAL: os conteúdos desta publicação poderão ser reutilizados, citando a fonte e a data, se for o caso, da última atualização.

O presente documento foi elaborado no âmbito do projeto Continuação do 'Processo Biogeográfico Natura 2000' nas regiões mediterrânicas e macaronésicas da U.E., promovido e financiado pela Direção-Geral da Biodiversidade, Florestas e Desertificação do Ministério para a Transição Ecológica e o Desafio Demográfico, desenvolvido entre 2021 e 2024.

Direção técnica do projeto

Rafael Hidalgo Martín¹

Coordenação geral

Maria Regodón²

Autores Principais

José María Fernández-Palacios³, Concha Olmeda⁴ y Juan Carlos Simón⁴

Revisão editorial

Jaime Galán², Marina Gaona², Adrián García² y Samuel Suárez-Ronay²

¹ Dirección General de Biodiversidad, Bosques y Desertificación. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico

² Tragsatec. Grupo Tragsa

³ Universidad de La Laguna

⁴ Atecma (Asesores Técnicos de Medio Ambiente S.L.)

Autores colaboradores

Paulo Borges, Jorge Capelo, Maria Lurdes Vieira Spínola Costa, Eduardo Dias, Rui Miguel Pires Bento da Silva Elias, Susana Fontinha, Raquel Hernández, Carlos Ferreira Lobo, Diana Pereira, Sofía Rodríguez Núñez, Carla Goulart Martins da Silva, Juan Luis Silva, Dinarte Teixeira y Manuel Ángel Vera Galán.

Para efeitos bibliográficos a obra deve ser citada da seguinte forma:

Fernández-Palacios J.M., Olmeda, C. & Simón J.C., 2025. *Plano de Ação para o Tipo de Habitat 9360 Laurissilvas macaronésias*. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Madrid.

As opiniões expressas nesta obra não representam necessariamente a posição do Ministério para a Transição Ecológica e o Desafio Demográfico de Espanha. As informações e documentação fornecidas para a elaboração desta monografia são de responsabilidade exclusiva dos autores.



MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

Edições

© SUBSECRETARÍA

Gabinete Técnico

NIPO (on-line): 665-25-038-2

ESQUEMA E ÍNDICE

| | |
|---|-----------|
| ANTECEDENTES E APRESENTAÇÃO | 8 |
| I. OBJETIVO E ÂMBITO DO PLANO DE AÇÃO | 9 |
| 2. DEFINIÇÃO DO TIPO DE HABITAT E CARACTERIZAÇÃO ECOLÓGICA | 10 |
| 2.1 NOME E DEFINIÇÃO DO TIPO DE HABITAT | 10 |
| 2.2 CARACTERIZAÇÃO ECOLÓGICA..... | 12 |
| 2.2.1 Principais características do habitat e requisitos ecológicos | 12 |
| 2.2.2 Dinâmica (espacial e temporal) do tipo de habitat na região..... | 17 |
| 2.2.3 Diversidade e variabilidade ecológica: subtipos de habitats | 17 |
| 2.2.4 Relações com outros tipos de habitat | 19 |
| 3. ESTADO DE CONSERVAÇÃO E TENDÊNCIAS | 21 |
| 3.1 DISTRIBUIÇÃO ATUAL, ÁREA DE DISTRIBUIÇÃO E SUPERFÍCIE ESTIMADA | 22 |
| 3.1.1 Distribuição actual/ mapa do tipo de habitat e de todos os seus subtipos | 22 |
| 3.1.2 Estrutura espacial | 24 |
| 3.1.3 Distribuição e superfície nos sítios Natura 2000 | 25 |
| 3.1.4 Estimativa de superfície..... | 26 |
| 3.1.5 Área favorável de referência | 26 |
| 3.1.6 Análise de tendências | 32 |
| 3.2 ESTRUCTURA Y FUNÇÃO | 33 |
| 3.2.1 Avaliação atual do parâmetro de estrutura e função (de acordo com o artigo 17 elaboração de relatórios) | 33 |
| 3.2.2 Proposta de harmonização da metodologia de avaliação e acompanhamento | 33 |
| 3.2.3 Análise de tendências | 46 |
| 3.3 PERSPECTIVAS FUTURAS: ANÁLISE DAS PRESSÕES E AMEAÇAS..... | 47 |
| 3.3.1 Identificação e avaliação das atuais pressões e ameaças (ao abrigo do Srtigo 17 Elaboração de relatórios)..... | 47 |
| 3.3.2 Principais causas das pressões e ameaças identificadas | 49 |
| 3.3.3 Proposta de harmonização da avaliação de ameaças e pressões | 51 |
| 3.4 CONCLUSÕES SOBRE A AVALIAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO E DAS TENDÊNCIAS, LACUNAS E NECESSIDADES FUTURAS | 55 |
| 4. OBJETIVOS E MEDIDAS DE CONSERVAÇÃO | 56 |
| 4.1 OBJETIVOS DE RESTAURAR E CONSERVAR | 56 |
| 4.1.1 Recuperação da zona favorável de referência até 2050 | 56 |
| 4.1.2 Manter pelo menos 90% da área do habitat em bom estado | 56 |
| 4.1.3 Melhorar a proteção e a gestão dentro e fora da rede Natura 2000 | 57 |
| 4.1.4 Assegurar a adaptação às alterações climáticas | 58 |

| | |
|---|-----------|
| 4.2 OBJETIVOS E MEDIDAS PARA MELHORAR A COMUNICAÇÃO E A MONITORIZAÇÃO | 59 |
| 4.2.1 Melhorar a informação sobre a diversidade e as exigências ecológicas da laurissilva | 59 |
| 4.2.2 Melhorar a avaliação e o acompanhamento do estado de conservação da laurissilva, incluindo um melhor conhecimento das pressões e dos seus efeitos na laurissilva. | 59 |
| 4.3 OBJETIVOS E MEDIDAS DE DIVULGAÇÃO E SENSIBILIZAÇÃO | 61 |
| 4.3.1 Aumentar a sensibilização para a importância da conservação da laurissilva | 61 |
| 5. RECURSOS E FERRAMENTAS PARA A IMPLEMENTAÇÃO | 62 |
| 5.1 CUSTO DAS AÇÕES E FONTES DE FINANCIAMENTO | 62 |
| 5.2 INSTRUMENTOS DE APLICAÇÃO E MEDIDAS DE APOIO | 63 |
| 6. ACOMPANHAMENTO E REVISÃO DO PLANO DE AÇÃO | 64 |
| 7. GOVERNAÇÃO PARA A EXECUÇÃO DO PLANO DE AÇÃO | 65 |
| 8. QUADRO DE AÇÃO | 66 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 69 |
| ANEXOS | 74 |
| ANEXO 1 | 75 |
| ANEXO 2 | 89 |
| ANEXO 3 | 91 |
| ANEXO 4 | 128 |
| ANEXO 5 | 132 |
| ANEXO 6 | 146 |
| ANEXO 7 | 150 |

ANTECEDENTES E APRESENTAÇÃO

O presente Plano de Ação para os Habitats pretende servir de guia para identificar as medidas necessárias para manter e restabelecer o habitat da Laurissilva num estado de conservação favorável em toda a sua área de distribuição.

No âmbito do Processo Biogeográfico Natura 2000, realizou-se em setembro de 2018, no Funchal (Madeira, Portugal), o seminário inicial da Região Biogeográfica Macaronésica. Uma das conclusões deste seminário foi a necessidade de promover o desenvolvimento de um plano de ação piloto para um tipo de habitat de interesse comunitário na região macaronésica. Para o efeito, foi proposta a criação de um grupo de trabalho na região macaronésica. O grupo concordou em centrar o plano de ação num tipo de habitat típico e endémico da região biogeográfica, presente nos três arquipélagos constituintes (Açores, Madeira e Canárias) da região: a Laurissilvas macaronésicas (9360).

A elaboração deste plano de ação contou com a colaboração de um grupo de peritos científicos e de representantes das autoridades regionais (Açores, Madeira e Canárias). O Ministério espanhol para a Transição Ecológica e o Desafio Demográfico forneceu o apoio necessário para a elaboração do plano de ação.

Este exercício serviu também para identificar lacunas de informação e necessidades futuras, a fim de abordar a conservação deste tipo de habitat e implementar o plano de ação. O plano de ação-piloto será igualmente útil na preparação de futuros planos de ação sobre potenciais habitats no âmbito do processo biogeográfico Natura 2000.

I. OBJETIVO E ÂMBITO DO PLANO DE AÇÃO

Objetivo geral do plano de ação:

Promover as ações necessárias para alcançar um estado de conservação favorável do habitat na região macaronésica.

Objetivos específicos:

- i) Partilhar conhecimentos e experiências sobre a avaliação e monitorização do estado dos habitats e das suas principais pressões e ameaças, e
- ii) Promover abordagens harmonizadas e coerentes para abordar a conservação dos tipos de habitats a nível biogeográfico, com base nos conhecimentos científicos e na abordagem ecossistémica.

Âmbito:

Região biogeográfica e o Estados-Membros (EM) onde o habitat está presente.



2. DEFINIÇÃO DO TIPO DE HABITAT E CARACTERIZAÇÃO ECOLÓGICA

2.1 Nome e definição do tipo de habitat

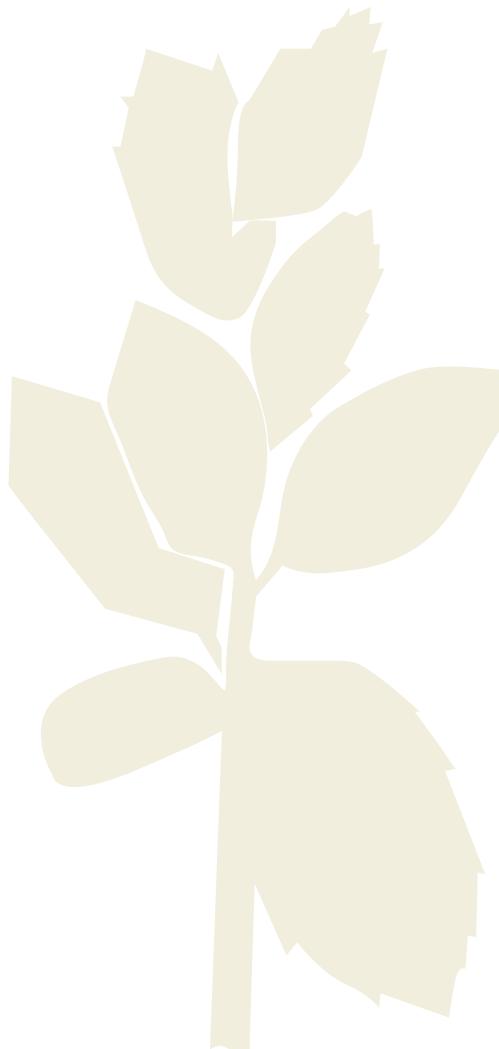
O Manual de Interpretação dos Habitats da União Europeia (Comissão Europeia, 2013) define o tipo de habitat da seguinte forma:

“Florestas lauríferas perenes, luxuriantes, húmidas a hiper-húmidas, com nevoeiro na cintura de nuvens das ilhas da Macaronésia, extremamente ricas em espécies de flora e fauna, muitas das quais restritas a estas comunidades (*Pruno-Lauretalia*). Certos géneros como *Picconia*, *Semele*, *Gesnouinia*, *Lactucosonchus*, *Ixanthus* são completamente endémicos destas comunidades, enquanto outros, como *Isoplexis*, *Visnea* e *Phyllis*, atingem o seu máximo desenvolvimento nestes locais; além disso, cada uma das formações dos diferentes arquipélagos alberga espécies endémicas distintas. Este tipo de habitat inclui:

- florestas lauríferas dos Açores (45,61 *Ericetalia azorica* p.), nas quais as florestas húmidas das zonas costeiras (*Myrico-Pittosporietum undulati* p.) estão completamente ou quase completamente degradadas, com

uma invasão acentuada de *Pittosporum undulatum* introduzida da Austrália; uma melhor representação é encontrada nas florestas hiper-húmidas (*Culcito-Juniperion brevifoliae* p.) a altitudes mais elevadas;

- florestas lauríferas da Madeira (45,62 *Pruno-Lauretalia azorica*) que ainda cobrem uma área relativamente grande de 10.000 ha;
- florestas lauríferas das Canárias (45,63 *Ixantho-Laurion azoricæ*); as florestas lauríferas de cada ilha abrigam uma fauna e uma flora endémicas distintas, como o demonstram as espécies do género composto *Pericallis*, as raças claramente distinguíveis do tentilhão *Fringilla coelebs* ou as espécies de Carabidae.



Proposta de definição revista

Proposta de nova definição: THIC 9360 Laurissilva da Macaronésia (*Laurus, Picconia*)*

A Laurissilvas macaronésias é uma floresta laurífera perene tropical, sem geadas, húmida a hiper-húmida, multiestratificada, característica, mas não exclusiva, da cintura de nuvens da montanha, distribuída exclusivamente nos arquipélagos vulcânicos do Atlântico Nordeste dos Açores, da Madeira e das Canárias. É considerada uma relíquia da antiga geoflora paleotropical europeia e da bacia paleogénica e neogénica do mar de Thetis.

A altura do dossel varia consoante o arquipélago e as condições ambientais locais, e o habitat pode suportar > 500 t/ha de plantas tanto acima como abaixo do solo. É extremamente rica em espécies, com cerca de 30 espécies de árvores paleoendémicas a manifestarem-se na sua abóbada, na sua área de distribuição. Apresenta vários caracteres de tipo tropical (dioecia real ou funcional alargada, entomofilia, ornitocoria, sementes recalcitrantes, bancos de plântulas e brotos, etc.) e inclui famílias botânicas raramente representadas no continente europeu, como Clethraceae, Lauraceae, Myrsinaceae, Pentaphylacaceae, Pittosporaceae ou Sapotaceae.

Outros grupos taxonómicos presentes com elevada endemicidade incluem arbustos, lianas, aves, artrópodes ou moluscos, e com elevada riqueza de espécies incluem fungos, fetos, musgos e líquenes, muitos deles epífitos. Para além da sua biodiversidade e valor histórico, este tipo de habitat presta à comunidade local importantes serviços ecossistémicos, tais como: captura de carbono, captação e retenção de água e formação e retenção de solos.

Justificação das alterações propostas:

- Laurissilva em vez de floresta laurífera, porque é assim denominada na Macaronésia.
- *Picconia* em vez de *Ocotea*, porque *Picconia* é um género endémico da Macaronésia e ocorre nos três arquipélagos, enquanto *Ocotea* não é endémica nem nativa dos Açores.
- A definição pretende ser o mais concisa e representativa possível do 9360 dos três arquipélagos.
- Foram incluídas as principais características abióticas da THIC.
- O caráter de relíquia do THIC foi sublinhado.
- Os nomes fitossociológicos e taxonómicos foram omitidos, com exceção de alguns nomes de famílias botânicas. A ideia é incluir os nomes dos táxones mais representativos (árvores, aves, artrópodes, moluscos) na sua caracterização.
- Foram acrescentados serviços ecossistémicos importantes.



2.2 Caracterização ecológica

2.2.1 Principais características do habitat e requisitos ecológicos

(com base em Fernández-Palacios et al., 2017)

O termo “laurissilva” foi introduzido pela primeira vez por Brockmann-Jerosch & Rübel em 1912. Normalmente aplicado à laurissilva da Macaronésia, mas engloba todos os tipos de florestas multiestratificadas constituídas maioritariamente por árvores e arbustos com folhas perenes largas, coriáceas e lustrosas (laurofilas = folhas semelhantes às de louro). No entanto, a composição arbórea é muito variada, incluindo, em alguns casos, coníferas e espécies caducifólias (Santos-Guerra, 1990). Estas florestas laurofilas desenvolvem-se em climas tropicais ou subtropicais, com elevada humidade relativa e temperaturas moderadas, e são acompanhadas por epífitas e lianas que lhes conferem um caráter “tropical”. Esta formação vegetal não possui tantas espécies como as florestas tropicais, mas é muito semelhante em termos de fisionomia, estrutura, diversidade, complexidade e nas adaptações especializadas que as suas espécies possuem.

A Laurissilvas macaronésias alberga várias famílias botânicas ausentes, ou quase ausentes, no continente europeu, apesar de aí terem sido abundantes no passado. Alguns exemplos constituem Clethraceae, Lauraceae, Myrsinaceae, Pentaphyllacaeae, Pittosporaceae ou Sapotaceae. Em toda a Macaronésia existem cerca de 30 espécies exclusivas de árvores de dossel, a maioria das quais paleoendémicas, e uma biodiversidade neoendémica muito elevada noutras grupos de habitantes da floresta, como aves, artrópodes ou moluscos, o que implica um índice de riqueza de espécies e de endemicidade excepcional.

Outros atributos interessantes das comunidades ou espécies tropicais 9360 são:

- i) a natureza recalcitrante das sementes das árvores, o que significa que ou germinam ou morrem, formando assim bancos de plântulas;
- ii) a ausência de períodos de floração marcados, que em algumas espécies podem durar todo o

ano; iii) a caulifloria, presente em Myrsinaceae e Sapotaceae; iv) o hábito perene de todas as espécies de árvores (exceto *Sambucus* spp.); v) predominância de dimorfismo sexual, ou seja, dioecia em *Ilex*, *Laurus*, *Morella*, *Pittosporum*, *Rhamnus*; ou androdioecia em *Picconia*) ou vi) entomogamia e ornitocoria generalizadas, entre outras (Fernández-Palacios et al., 2017).

Por último, a capacidade de captura de carbono das laurissilvas da Macaronésia é notável (ver Anexo 1) e foram medidos níveis tão elevados quanto 350-370 t/ha C em povoamentos maduros de laurissilva em La Gomera (e muito provavelmente valores semelhantes em povoamentos maduros de 9360 na Madeira), aos quais se devem acrescentar 230-430 t/ha C nos solos do 9360, de modo que o carbono total (C) capturado em florestas maduras pode atingir 400-800 t/ha. Além disso, as áreas basais da comunidade podem atingir >60m²/ha em povoamentos florestais maduros e a altura do dossel em terreno plano pode atingir 30-40m.

A floresta laurissilva é essencialmente um bioma relíquia. A outrora extensa Geoflora Paleotropical encontrava-se em todas as latitudes médias durante o Terciário, quando as condições eram muito mais quentes e húmidas do que hoje. Este bioma persistiu em contextos geográficos únicos, caracterizados por climas relíquias que se mantiveram praticamente inalterados desde o Terciário. Em consequência da degradação climática registada nas latitudes altas e médias durante o Neogénico e, sobretudo, a partir do início das glaciações do Plio-Pleistoceno, estas laurissilvas ocorrem em poucas zonas.

Atualmente, encontramos diferentes versões deste bioma em todo o mundo, geralmente entre as latitudes 25° e 40° norte e sul, nas extremidades leste e oeste dos continentes (onde tem a sua maior extensão) e em ilhas dispersas. Apresenta, portanto, uma distribuição claramente disjunta de florestas fragmentadas, distantes entre si e com uma área total pequena em relação a outros biomas, mas presentes

em todos os principais reinos vegetais. As diferentes laurissilvas do mundo têm histórias evolutivas diferentes e dificilmente partilham espécies entre si. No entanto, partilham características florestais que demonstram respostas semelhantes a condições ambientais parecidas. No seu conjunto, a flora destas florestas pertence maioritariamente à região florística em que se encontram, mas inclui sempre espécies de origem tropical. Este facto, que implica uma origem tropical-subtropical comum, pode ser interpretado como significando que todas as formações florestais de laurissilva derivam, de uma forma ou de outra, da selva tropical primitiva. De facto, as laurissilvas representam florestas tropicais em regiões extratropicais (Schroeder, 1998).

Em geral, o clima em que se desenvolvem as diferentes laurissilvas do mundo caracteriza-se por chuvas abundantes durante todo o ano e temperaturas amenas. Estão também associadas a um certo grau de contraste entre o verão e o inverno, o que as diferencia das florestas tropicais. Este clima, devido à ausência de stress hidrológico ou térmico ao longo do ano, é semelhante aos climas terciários. Por conseguinte, só pode existir em zonas subtropicais húmidas ou, ocasionalmente, em zonas temperadas chuvosas expostas ao fluxo de vento de oeste. Estas zonas situam-se preferencialmente nas extremidades orientais ou ocidentais dos continentes, consoante o hemisfério em que se encontram. Um denominador comum que encontramos sempre neste tipo de biomas florestais, independentemente da sua localização, é a ausência de uma estação seca marcada em qualquer altura do ano e uma baixa frequência de geadas. Além disso, as laurissilvas encontram-se em regiões menos afetadas do que a maioria pelas glaciações do Quaternário, o que favoreceu, sem dúvida, a conservação de algumas espécies muito antigas.

No entanto, em regiões de clima mediterrânico, a floresta de laurissilva pode também sobreviver como uma espécie de floresta nublada de montanha, abrigada dos bancos de nuvens orográficas gerados pelos ventos dominantes. Nestas condições, a distribuição da laurissilva

limita-se à faixa altitudinal sob influência das nuvens, o que lhe permite superar o stress hídrico que prevalece acima e abaixo. Como o abrigo das nuvens só existe nos flancos e escarpas das montanhas, a floresta laurissilva torna-se então, como na Macaronésia, uma floresta nublada semelhante em estrutura às florestas tropicais, mas muito mais pobre em espécies (Ohsawa et al., 2010).

Em geral, como veremos, as laurissilvas apresentam uma grande diversidade de árvores. O clima ameno e a natureza perene da maioria das espécies significam que um certo nível de fotossíntese ocorre quase todo o ano. Quando a pluviosidade e a temperatura são adequadas, a estrutura da floresta laurissilva rivaliza com a da floresta tropical, com copas que podem atingir 30-50 m de altura, sob as quais surgem outros estratos arbóreos e arbustivos, bem como trepadeiras e epífitas.

Muitas espécies de laurissilva podem rebentar a partir da base do tronco ou das raízes, talvez uma adaptação para superar os danos causados pelas tempestades, e as árvores individuais podem ter vários troncos que formam estruturas semelhantes a gaiolas. Tal como as florestas tropicais, a laurissilva é escura e essencialmente não sazonal, pelo que a floração e a frutificação não são sincronizadas como nas florestas temperadas. Por conseguinte, dependendo muito da espécie em causa, há flores e frutos durante todo o ano.

O caráter montanhoso e vulcânico dos arquipélagos atlânticos faz com que estas ilhas suportem uma faixa quase permanente de ventos alísios húmidos nos seus flancos. O fluxo constante dos ventos alísios, juntamente com o efeito moderador do oceano atlântico, e o facto de se poder deslocar para o cume das montanhas ou para a costa, consoante o clima aquecia ou arrefecia, protegeu a floresta Laurissilvas macaronésias de repetidas crises climáticas de frio. Estas crises eliminaram laurissilva durante o Quaternário na Europa e no Norte de África (Mai, 1989). A floresta laurissilva atlântica é uma floresta nublada de montanha cuja principal característica, tendo em conta a sua latitude, é uma elevada riqueza

arbórea de cerca de trinta espécies: a maioria das quais endémicas. Em termos gerais, a floresta é constituída por árvores de folha perene, dominadas pela folha laurofila, que são folhas de tamanho médio e lustrosas, que se assemelham ou se confundem facilmente com as de louro, devido à sua adaptação a um clima anual relativamente uniforme, com temperaturas moderadas e humidade elevada.

O ecossistema da floresta lauríssilva não é homogéneo, com uma grande variedade de tipos de floresta. As variações de altitude, de exposição ou de relevo trazem consigo temperaturas, pluviosidade, intensidade do vento, nebulosidade, insolação, etc. muito diferentes, criando ambientes distintos aos quais

as espécies são mais ou menos sensíveis. Por último, a floresta lauríssilva desempenhou e continua a desempenhar um papel fundamental tanto no desenvolvimento e retenção do solo, como na captura e retenção de carbono e água provenientes da precipitação e da captação de humidade das nuvens (Fig. I).

O anexo I resume a caracterização ecológica do 9360 nos três arquipélagos. Fornece dados sobre as características abióticas (clima e propriedades do solo), bem como sobre as características bióticas, incluindo a riqueza e composição de espécies florísticas e faunísticas, parâmetros de estrutura e função, regeneração e dinamismo.

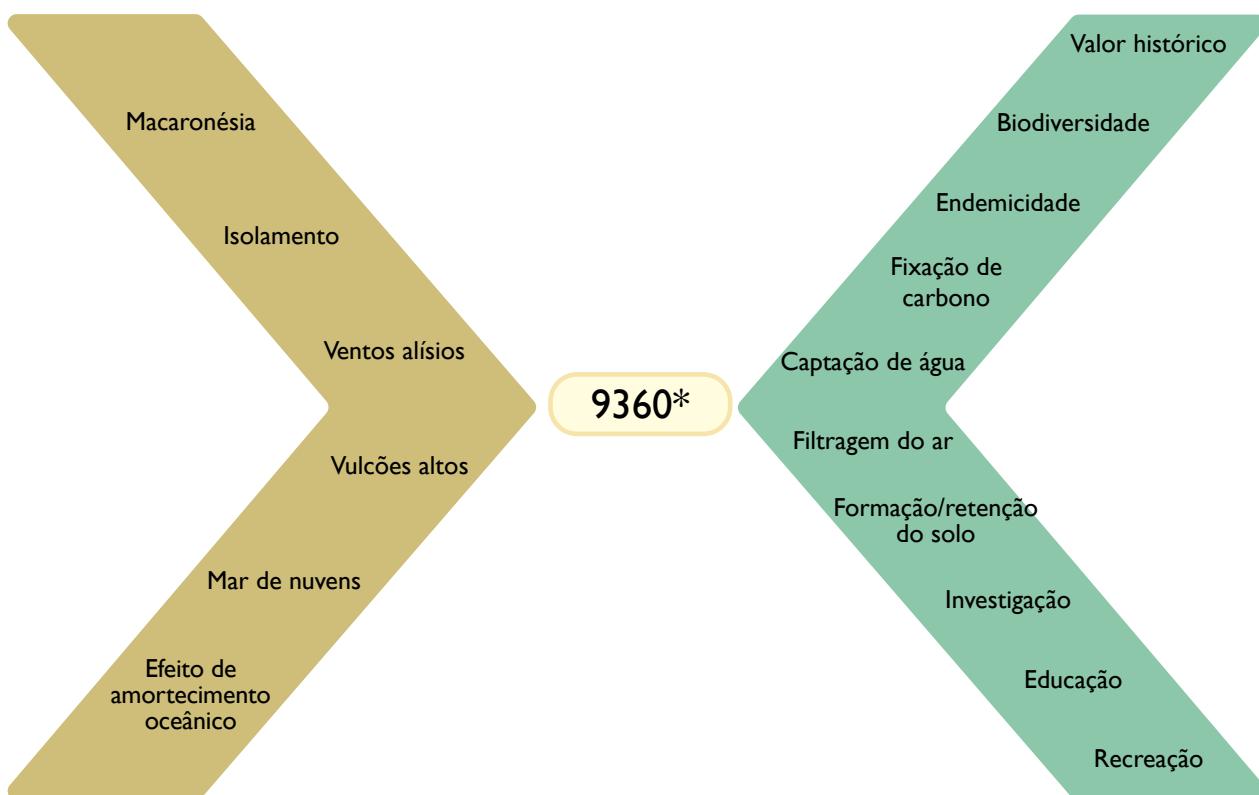


Figura I: Fluxograma do 9360 compilação da razão biogeográfica-ecológica da sua existência e dos serviços ecossistémicos que presta.

Seleção de espécies típicas

De acordo com os documentos da Comissão Europeia, as espécies candidatas à seleção como **espécies típicas** devem apresentar uma ou mais das seguintes características: 1) Uma espécie na qual se baseia a identificação do habitat; 2) Uma espécie indissociável desse habitat; 3) Uma espécie regularmente presente no habitat, mas não limitada a ele; 4) Uma espécie característica do habitat; 5) Uma espécie que faz parte integrante da estrutura do habitat; ou 6) Uma espécie-chave com uma influência significativa na estrutura e/ou função do habitat. Para evitar sobreposições com a avaliação da estrutura e função do habitat, o documento sugere a definição de **espécies típicas** como aquelas que são inseparáveis do habitat em que ocorrem, mas diferentes das utilizadas para definir este tipo de habitat. De acordo com estas indicações, considerou-se que as espécies típicas podem ser definidas como aquelas que são relevantes para manter o tipo de habitat num estado de conservação favorável, quer devido à sua frequência ou dominância (valor estrutural), quer devido à sua influência fundamental no funcionamento ecológico do habitat (valor funcional). Deve igualmente ser tido em conta o nível geográfico de referência ou a escala em que esta espécie é típica, um subtipo de habitat, uma zona de uma determinada ilha, uma ilha inteira, um arquipélago ou uma região biogeográfica. Se a espécie selecionada tiver uma área de distribuição reduzida, seria interessante mencionar em que Zonas Especiais de Conservação (ZEC) está presente e fornecer parâmetros genéticos e demográficos que permitam analisar o seu estado de conservação. Nestes casos, seria relevante indicar a sua categoria de ameaça segundo a IUCN (Comissão Europeia, 2017).

Seguindo estas indicações para a Laurissilvas macaronésias, as árvores que constituem o dossel não devem ser designadas como espécies típicas porque serão periodicamente avaliadas quanto à estrutura e função do habitat. Devido ao seu isolamento, o 9360 que existe nas diferentes ilhas tem frequentemente espécies

endémicas de uma única ilha (endemismos mono-ilhas). Parece razoável considerar estas espécies endémicas insulares como espécies típicas adequadas para monitorizar e avaliar cada versão insular do THIC 9360. A Tabela I apresenta uma abordagem preliminar para este objetivo, mas a identificação destas espécies típicas do 9360 será uma das tarefas a realizar pelos especialistas num futuro próximo.



Espaço criado na laurissilva devido à tempestade Delta, Anaga (Tenerife). Foto: Nélida Rodríguez

| Espécies típicas | Grupo taxonómico | Endemicidade | Ilha | Estatuto IUCN |
|----------------------------------|--------------------|--------------|---|---------------|
| <i>Echium pininana</i> | Plantas vasculares | SIE | La Palma | EN |
| <i>Echium acanthocarpum</i> | Plantas vasculares | SIE | La Gomera | EN |
| <i>Euphorbia mellifera</i> | Plantas vasculares | MAE | Tenerife, La Gomera, Madeira | LC |
| <i>Isoplexis chalcantha</i> | Plantas vasculares | SIE | Gran Canaria | CR |
| <i>Euphorbia santamariae</i> | Plantas vasculares | SIE | Santa María | CR |
| <i>Euphorbia stygiana</i> | Plantas vasculares | MIE | São Miguel, Terceira, Pico, Faial, Flores | |
| <i>Musschia wollastonii</i> | Plantas vasculares | SIE | Madeira | EN |
| <i>Laurobasidium lauri</i> | Cogumelos | MAE | Macaronesia | NT |
| <i>Tremella</i> ssp. | Cogumelos | endémica | Macaronesia | NE |
| <i>Clavaria vermicularis</i> | Cogumelos | No endémica | Madeira, Canárias | NE |
| <i>Sacrosypha macaronesica</i> | Cogumelos | MAE | Madeira, Canárias | NE |
| <i>Plagiochila maderensis</i> | Briófitos | MAE | Madeira, Tenerife, La Gomera | NE |
| <i>Cryptolentodon longisetus</i> | Briófitos | MAE | Macaronesia | NE |
| <i>Homalothecium mandonii</i> | Briófitos | MAE | Macaronesia | NE |
| <i>Exerthotheca intermedia</i> | Briófitos | MAE | Macaronesia | NE |
| <i>Nephroma</i> ssp. | Líquenes | MAE | Macaronesia | NE |
| <i>Lobaria</i> ssp. | Líquenes | MAE | Macaronesia | NE |
| <i>Pseudocyphellaria</i> ssp. | Líquenes | MAE | Macaronesia | NE |
| <i>Sticta</i> ssp. | Líquenes | MAE | | NE |
| <i>Columba bollii</i> | Aves | MAE | Tenerife, La Palma, La Gomera, El Hierro | LC |
| <i>Columba trocaz</i> | Aves | MIE | Madeira | LC |
| <i>Scolopax rusticola</i> | Aves | SIE | Macaronesia | |
| <i>Phyrrula murina</i> | Aves | MAE | São Miguel | VU |
| <i>Fringilla</i> ssp. | Aves | SIE | Macaronesia | |
| <i>Erithacus</i> ssp. | Aves | MIE | Macaronesia | |
| <i>Regulus</i> ssp. | Aves | SIE/MIE | Macaronesia | |
| <i>Pipistrellus maderensis</i> | Quirópteros | SIE/MIE | Madeira, Canárias | EN |
| <i>Nyctalus azoreum</i> | Quirópteros | MIE | Todas, exceto Flores e Corvo | VU |
| <i>Plecotus tenerifae</i> | Quirópteros | Canárias | Tenerife, La Palma, El Hierro | CR |
| <i>Carabus faustus</i> | Insetos | Canárias | Tenerife | NT |
| <i>Dysdera</i> spp. | Aracnídeos | SIE | Canárias | |
| <i>Leiostyla</i> spp. | Moluscos | | Madeira | |
| <i>Madeirovitrina</i> ssp. | Moluscos | | Madeira | |
| <i>Insulivitrina</i> ssp. | Moluscos | | Canárias | |
| <i>Plutonia</i> ssp. | Moluscos | | Açores | |

Tabela 1: Lista preliminar de espécies típicas candidatas a monitorização na avaliação do estado do 9360 (extraída de Fernández-Palacios et al., 2017). A endemicidade é expressa como SIE: endemismos mono-ilhas; MIE: endemismos multi-ilhas; MAE: endemismos multi-arquipelágicos; as categorias de ameaça da IUCN são expressas como CR: Em perigo crítico; EN: Em perigo; VU: Vulnerável; LC: Preocupação menor; NT: Quase ameaçada; NE: Não avaliada.

2.2.2 Dinâmica (espacial e temporal) do tipo de habitat na região

A floresta de Laurissilvas macaronésias pode existir onde as condições climáticas adequadas permitem que este ecossistema peculiar resista à intensa seca estival do clima de tipo mediterrânico. Isto é possível nas Canárias e na Madeira devido à existência do mar de nuvens provocado pelos ventos alísios de noroeste que criam um abrigo climático nas ilhas vulcânicas a meia altitude das encostas a barlavento das ilhas (ca. 100-1.500 m na Madeira e ca. 500-1.200 m nas Canárias). Nos Açores, a humidade durante todo o ano e as temperaturas amenas do clima oceânico impulsionado pela corrente do Golfo permitem a existência do 9360 desde as costas até ao cume de todas as ilhas (exceto o Pico). Além deste refúgio climático, o 9360 só pode ocorrer nestas circunstâncias climáticas específicas nas encostas a sotavento das ilhas (ravinas profundas ou falésias expostas a norte).

Por outras palavras, o 9360 tem vindo a subir repetidamente em direção ao cume das ilhas e a descer em direção à costa, seguindo a migração vertical do mar de nuvens relacionada com o início das glaciações do Pleistoceno. O futuro deste habitat está fortemente ligado ao mar de nuvens produzido pelos ventos alísios. Se as alterações climáticas em curso afetassem o mar de nuvens com uma redistribuição altitudinal

(para cima ou para baixo), o 9360 responderia. Além disso, se as alterações climáticas em curso dissipassem o mar de nuvens, isso levaria também ao desaparecimento da laurissilva, pelo menos tal como a conhecemos atualmente.

2.2.3 Diversidade e variabilidade ecológica: subtipos de habitats

O conhecimento da diversidade ecológica interna do 9360 provém da classificação da vegetação e da cartografia da vegetação (tanto da vegetação potencial ou pré-humana como da vegetação atual ou existente) realizada pelos investigadores que trabalham nestas áreas. Um exemplo deste conhecimento são os subtipos de habitats reconhecidos nos diferentes arquipélagos da Região Biogeográfica da Macaronésia e as suas principais características. A elaboração destas classificações de vegetação e dos mapas resultantes segue principalmente uma abordagem bioclimática-fitossociológica. O bioclima de uma determinada área pode ser analisado através de vários parâmetros relacionados com a temperatura (anual, mensal, sazonal, máxima e mínima, etc.), precipitação (anual, mensal, sazonal, etc.), geada, evapotranspiração, cobertura de nuvens, horas de sol e humidade relativa. A vegetação pode também ser atribuída a uma entidade fitossociológica específica (sejam associações,



Banco de plântulas, Anaga (Tenerife). Foto: Nélida Rodríguez

alianças, ordens, classes) caracterizada pela presença/abundância de diferentes espécies de plantas vasculares.

Esta abordagem clássica da análise e caracterização da vegetação deve ser complementada num futuro próximo por uma classificação dos tipos e subtipos de habitats baseada em critérios mais ecológicos, prestando mais atenção, para além das características bioclimáticas e florísticas, às características ecológicas cruciais, que podem ser mais informativas sobre a estrutura, função e dinâmica do habitat. Estas podem incluir: afetação da biomassa acima e abaixo do solo, quantidade e composição da folhagem caída, produtividade primária líquida, taxa de decomposição, distribuição do diâmetro à altura do peito (DAP) e classes de altura, tipo e eficiência da regeneração, rácios C/N do solo e das folhas, e vários traços funcionais das plantas (tamanho das folhas, área foliar específica, altura individual, densidade do caule, peso das sementes, expressão sexual, modos de polinização e dispersão, etc.), etc. De facto, muitas destas características são consideradas variáveis indispensáveis para avaliar o estado dos povoamentos florestais 9360.

As classificações mais recentes baseadas na abordagem bioclimática-fitossociológica dos subtipos de laurissilva para os Açores (Dias, 1996; Dias et al., 2004, 2007, 2012; 2021; Elias et al., 2016), Madeira (Capelo et al., 2004, 2005, 2007, 2021; Mesquita et al., 2004, 2007) e Canárias (del Arco, 2006, del Arco et al., 2010), reconhecem os seguintes subtipos (ver mapas no Anexo 4):

Nos Açores, foram reconhecidas duas ou três comunidades diferentes (consoante os autores consultados) no interior do 9360, que ocupariam as zonas mais baixas das ilhas, enquanto as florestas montanas de *Juniperus* (THIC 9560 e 91D0) ocupariam as zonas mais altas.

- **Floresta de planície bajas de Picconia-Morella** (Elias et al., 2016) (= floresta supramediterrânea de folha perene de Dias et al., 2012).

- **Floresta laurissilva submontana** (Elias et al., 2016), subdividida por Dias et al., (2012) em:
 - a) **floresta planifólia subtropical (*Laurus-Frangula*)** e b) **floresta planifólia oceânica (*Laurus-Ilex*)**.

Para além disso, sensu Elias et al., (2016), uma charneca de *Erica azorica* (4050) (não reconhecida por Dias et al., 2012) está alegadamente distribuída entre a floresta de planície de *Picconia-Morella* e as costas da ilha. Na Madeira, Capelo et al., (2004, 2005, 2007, 2021) reconheceram três subtipos de laurissilva:

- **Laurissilva do Barbusano (*Apollonias-Ilex*)**, mais termofílica e situada a altitudes mais baixas
- **Laurissilva do Til (*Ocotea-Clethra*)**, mais tolerante ao frio e localizada em altitudes mais elevadas.
- **Laurissilva do Vinhático (*Persea*)**, mais exigente em recursos hídricos ligados a cursos de água.

Além disso, é também reconhecida uma comunidade de espécies caulinares pioneiras (*Musschia*, *Isoplexis*, *Sonchus*), que desempenham um papel muito importante na recuperação das clareiras de laurissilva. Por último, o matagal de marmulano (*Sideroxylon*) foi incluído na laurissilva por Capelo et al., (2007). Acima da laurissilva domina uma charneca altitudinal (dominada por *Erica arborea*) (4050).

Por último, nas Canárias, del Arco (2006) reconheceu a existência de cinco subtipos diferentes de laurissilva, além de (*Erica-Morellawoody heath*) (4050). Os subtipos são:

- **Laurissilva seca**, comunidade que se desenvolve em meios mais xéricos e termofílicos, dominada por *Apollonias*, *Arbutus*, *Visnea* e *Picconia*
- **Laurissilva húmida**, presente nas zonas mais húmidas e dominada por *Laurus*, *Ilex* e *Heberdenia*
- **Laurissilva fresca** ou fayal altitudinal, predominante nas zonas mais frescas e dominada por *Morella* e *Erica arborea* (embora com elementos característicos da charneca

lenhosa de *Erica-Morella* (4070)), aqui pertence à laurissilva madura.

- **Floresta de cumeeiras**, dominada por *Erica platycodon*, *E. arborea* e *Morella*

- **Laurissilva higrófila**, localizada em leitos de ravinas, dominada por *Ocotea*, *Persea* e *Ilex perado*

2.2.4 Relações com outros tipos de habitat

O 9360 tem uma relação profunda e complexa com o THIC 4050 (charneca endémica da Macaronésia), baseada no facto de ambos os habitats estarem relacionados através da dinâmica da sucessão ecológica, sendo o 4050 uma versão imatura e o 9360 uma versão madura da mesma série de vegetação.

A transição espontânea de 4050 para 9360 é frequente em sítios que foram sujeitos a exploração humana no passado (por exemplo, para agricultura, pastoreio, extração de madeira, extração de solos, etc.) e que foram posteriormente abandonados. Após o seu abandono, a vegetação recupera espontaneamente, de modo que a charneca lenhosa de *Erica-Morella* existente (4050) está a ser transformada numa comunidade dominada por *Lauraceae*, *Ilex* ou *Picconia*, ou seja, 9360. Nos casos em que está em curso uma restauração ecológica espontânea e as perturbações cessaram definitivamente, por exemplo, nas zonas centrais de algumas ilhas Canárias, é de esperar uma diminuição da extensão 4050 no futuro, contrabalançada por um aumento da extensão 9360.

No entanto, em alguns locais muito especiais (ou seja, zonas muito ventosas, zonas mais frias a altitudes mais elevadas ou locais com solos muito pobres), mesmo na ausência de perturbação, vários autores (Santos-Guerra, 1990; del Arco, 2006; Capelo et al., 2007; Fernández-López & Gómez-González, 2016; Fernández-Palacios et al., 2017) consideram que o 4050 pode ser uma comunidade madura.

Nestes casos, a transição para o 9360 não se efetua.

A forma correta de discernir se uma determinada comunidade é 4050 ou 9360 é, portanto, uma questão de composição de espécies, porque ambos os THIC podem crescer nos mesmos locais. A nossa proposta é utilizar a área basal (AB) (m^2/ha) das espécies de árvores do dossel que participam na comunidade para decidir a sua atribuição. Se o AB de *Erica* for superior a 50% do AB total da comunidade, esta será classificada como 4050, enquanto que se a soma dos AB de *Lauraceae*-*Picconia*-*Ilex*-*Morella* for superior a 50%, a comunidade deve ser classificada como 9360. Outra opção seria utilizar o índice NDVI (ver Anexo 3) para distinguir entre THIC 4050 e 9360. A transição do THIC 4050 para 9360 deve ser avaliada em conformidade.

Apesar de não serem oficialmente reconhecidas pela UE, os especialistas açorianos (Dias et al., 2012; Elias et al., 2016) atribuem as **florestas açorianas dominadas por *Juniperus brevifolia*** ao THIC 9560 (Floresta endémica de *Juniperus*), com exceção das **turfeiras lenhosas açorianas (com *Juniperus*)**, que os mesmos autores atribuem ao THIC 91D0.

2.2.5 Análise das lacunas e necessidades futuras

Embora os conhecimentos existentes sobre a funcionalidade do 9360 sejam indubitavelmente importantes (ver secção 4.2 e respetivas referências), são ainda necessários mais conhecimentos em domínios específicos se quisermos obter uma avaliação rigorosa do estado do 9360 e planos de restauração/conservação ecológica.

Por exemplo, é necessário conhecer os valores de referência estruturais e funcionais ou a gama de valores das parcelas que representam as comunidades mais bem conservadas dos diferentes subtipos 9360. Esta informação é crucial para avaliar o estado dos povoamentos florestais em estudo. Para o cálculo da biomassa, da necromassa e do carbono armazenado acima e abaixo da superfície do solo, são necessárias

equações alométricas para muitas espécies arbóreas que ainda não dispõem de uma (todas exceto *Erica arborea*, *Ilex canariensis*, *Laurus novocanariensis* e *Morella faya*) (Montero et al., 2005). Se tal for incomportável, seria necessário, pelo menos, uma equação alométrica geral laurissilva que pudesse ser utilizada para todas as espécies de árvores de dossel. Além disso, a escolha final das espécies típicas adequadas para as ilhas e subtipos do 9360 é uma tarefa pendente a ser realizada por peritos, com base na lista preliminar fornecida acima.

Existem também grandes lacunas no conhecimento das redes de expressão sexual, polinização e dispersão das espécies de plantas vasculares 9360 ou da diversidade e papel funcional das minhocas, lesmas, caracóis e artrópodes. Além disso, não temos conhecimentos sobre o estado de ameaça dos invertebrados que habitam o 9360, a grande

maioria dos quais são endémicos de uma só ilha. Para as ilhas em que o 9360 original quase desapareceu (Corvo, Graciosa, Santa Maria, Porto Santo, Desertas, Fuerteventura, Gran Canaria), precisaríamos de informações paleoecológicas sobre a extensão original e a composição das espécies que poderiam orientar futuros projetos de recuperação.

Além disso, como já foi referido, é necessário trabalhar para identificar as espécies típicas do habitat que podem ser utilizadas para avaliar o estado do habitat.



Regulus regulus inermis, Ilha Terceira (Açores). Foto: Eduardo Dias

3. ESTADO DE CONSERVAÇÃO E TENDÊNCIAS

A avaliação do estado de conservação nos termos do artigo 17 tem em conta os seguintes parâmetros: área de distribuição, superfície, estrutura e função e perspetivas futuras. Os resultados do último relatório (2013-2018) são apresentados em seguida (Tabela 2). De acordo com estes relatórios, a distribuição, a área, a estrutura e a função eram favoráveis em Portugal e em Espanha. O estado de conservação do

habitat é, por conseguinte, favorável em ambos os países.

No entanto, como se refere mais à frente, a avaliação requer harmonização e poderá ser revista e melhorada para o próximo período de referência, tendo em conta as metodologias propostas no presente plano de ação.

Legend: Favourable Unknown Unfavourable-Inadequate Unfavourable-Bad

Current selection: 2013-2018, Forests, 9360 Macaronesian laurel forests (Laurus, Ocotea), Macaronesian. [Show all Forests](#)

Member States reports

| MS | Range (km ²) | | | | Area (km ²) | | | | | Structure and functions (km ²) | | | | | Future prospects | | | | | Overall assessment | | | | | Distribution area(km ²) | | | | | |
|----|--------------------------|---------------|-------|-----|-------------------------|-----|------------|-----------|--------|--|-------|-----|---------------|-----------|------------------|--------|-------|---------------|--------------|--------------------|--------|----------|----------------|----------|-------------------------------------|--------------------|----------------------|----------|--------|------|
| | Surface | Status (%) MS | Trend | FRR | Min | Max | Best value | Type est. | Method | Status (%) MS | Trend | FRA | Good | Not good | Not known | Status | Trend | Range prosip. | Area prosip. | S & F prosip. | Status | Corr. CS | Guru. CS trend | Prev. CS | Prev. CS trend | Status Nat. of ch. | CS trend Nat. of ch. | Distrib. | Method | % MS |
| ES | 676 | 11.99 | = | = | N/A | N/A | 102.94 | estimate | a | 17.97 | = | = | 95.83 - 95.83 | N/A - N/A | 7.10 - 7.10 | IV | = | good | good | good | IV | IV | = | IV | N/A | noChange | method | 3200 | a | 40 |
| PT | 5200 | 35.50 | * | = | 420 | 530 | 500 | estimate | a | 52.93 | * | = | 202 - 230 | 140 - 172 | 68 - 122 | IV | * | good | good | good | IV | IV | * | 01 | * | noChange | genuine | 4800 | a | 60 |

Tabela 2: Resultados do último relatório do artigo 17 (2013-2018) dos dois Estados-Membros (Portugal e Espanha) que acolhem o habitat 9360.

3.1 Distribuição actual, área de distribuição e superfície estimada

3.1.1 Distribuição actual/ mapa do tipo de habitat e de todos os seus subtipos

A tabela 3 apresenta a distribuição actual dos diferentes subtipos 9360 nas diferentes ilhas e arquipélagos que compõem a Região Biogeográfica da Macaronésia. Embora tenhamos dados potenciais e atuais sobre o 9360 para cada ilha, infelizmente faltam dados sobre a distribuição real dos diferentes subtipos 9360 nos Açores. Ainda assim, e enquanto se aguardam esses dados, é possível fazer uma análise e um diagnóstico preliminar da situação actual do 9360 nas diferentes ilhas, arquipélagos e em toda a Macaronésia.

A situação actual deste THIC é preocupante; com exceção da Madeira (25,33%) e de La Gomera (37,14%), a distribuição actual do 9360 é superior a 20% da extensão original deste habitat. Entre os locais com mais de 10% da

distribuição original do 9360 estão algumas ilhas dos Açores, como o Faial (17,66%) e as Flores (15,54%), ou das Canárias, como La Palma (19,26%) e El Hierro (12,63%). As restantes ilhas têm menos de 10% da distribuição original, tendo este habitat quase desaparecido (< 1%) no Corvo, Graciosa, São Miguel e Santa Maria (Açores), Porto Santo e Desertas (Madeira) e Gran Canaria (Canárias).

A nível arquipelágico, a situação é crítica nos Açores, onde resta apenas 3,30% da distribuição original. Nas Canárias, a situação é claramente desfavorável, com pouco mais de um décimo (11,68%) da distribuição original do 9360. Por último, apesar de o 9360 ter desaparecido de duas ilhas (Porto Santo e Desertas), a situação pode ser considerada adequada, com cerca de 25% da extensão pré-antropogénica. Por último, a Macaronésia no seu conjunto, com um valor próximo a 10% (9,73%), evidencia a necessidade urgente de restaurar/conservar este habitat único e inestimável.



Frutos de *Morella faya*, Anaga (Tenerife). Foto: Nélida Rodríguez

| Ilha/subtipos 9360 extensão potencial/atual em ha (% restante) | Floresta de planície (<i>Picconia-Morella</i>) | Floresta luarissilva sub-montana (<i>Laurus-Ilex</i>) | Total 9360 |
|--|--|---|---------------------|
| Corvo | 400/0 (0) | 1100/0 (0) | 1500/0 (0) |
| Flores | 4000/? (?) | 6100/? (?) | 10 100/1571 (15.54) |
| Graciosa | 3000/0 (0) | 800/0 (0) | 3800/0 (0) |
| Faial | 4300/? (?) | 8500/? (?) | 12 800/226 (17.66) |
| Pico | 6700/? (?) | 22000/? (?) | 28 700/952 (3.31) |
| São Jorge | 7800/? (?) | 9500/? (?) | 17 300/293 (1.69) |
| Terceira | 15 300/? (?) | 17 100/? (?) | 32 400/2345 (7.23) |
| São Miguel | 27 500/? (?) | 30 700/? (?) | 58 200/331 (0.57) |
| Santa Maria | 6700/? (?) | 1800/? (?) | 9 500/9 (0.1) |
| Açores | 75 700/? (?) | 97 600/? (?) | 173 300/5727 (3.30) |

| Ilha/subtipos 9360 extensão potencial/atual em ha (% restante) | Laurissilva do Barbusano (<i>Apollonias-Ilex</i>) | Laurissilva do Til (<i>Ocotea-Clethra</i>) | Total 9360 |
|--|---|--|-------------------------|
| Madeira | 22 908/1392 (6.07) | 38 331/14 125 (36.85) | 61 239/15 517 (25.33) |
| Porto Santo | 1032.2/0 (0) | 0 | 1032.2/0 (0) |
| Desertas | 324.6/0 (0) | 0 | 324.6/0 (0) |
| Arquip. da Madeira | 24 264.8/1392 (5.74) | 38 331/14 125 (36.85) | 62 595.8/15 517 (24.79) |

| Ilha/subtipos 9360 extensão potencial/atual em ha (% restante) | Laurissilva seca (<i>Apollonias-Picconia</i>) | Laurissilva húmida (<i>Laurus-Ilex</i>) | Laurissilva fria (<i>Morella-Erica arborea</i>) | Laurissilva de cumeeiras (<i>E. platycodon</i>) | Floresta higrófila (húmida) de laurissilva (<i>Ocotea</i>) | Total 9360 |
|--|---|---|---|---|--|-----------------------|
| Fuerteventura | 5/5 (100) | 0 | 0 | 0 | 0 | 5/5 (100) |
| Gran Canaria | 10 000/17 (0.2) | 7500/145 (1.93) | 1600/0 (0) | | 200/3 (1.5) | 19 300/165 (0.85) |
| Tenerife | 12 600/671 (5.3) | 16 900/860 (5.09) | 1800/85 (4.72) | 400/363 (90.75) | 1000/17 (1.7) | 32 700/1996 (6.10) |
| La Gomera | 4000/487 (12.18) | 4300/2621 (60.95) | 900/295 (32.78) | 100/100 (100) | 300/62 (20.67) | 9600/3565 (37.14) |
| La Palma | 4100/321 (7.83) | 11 700/3074 (26.27) | 2500/156 (6.24) | | 600/90 (15.00) | 18 900/3641 (19.26) |
| El Hierro | 2600/499 (19.19) | 3000/3 (0.10) | 700/296 (42.29) | | 20/0 (0) | 6320/798 (12.63) |
| Canárias | 33 305/2000 (6.06) | 43 200/6703 (15.52) | 7500/831 (11.08) | 500/463 (92.6) | 2120/173 (8.16) | 87 100/10 170 (11.68) |

| Arquipélago | Distribuição potencial (ha) | Distribuição atual (ha) | % restante |
|-------------|-----------------------------|-------------------------|------------|
| Açores | 173 300 | 5727 | 3.30 |
| Madeira | 62 595 | 15 517 | 24.79 |
| Canárias | 87 100 | 10 170 | 11.68 |
| Macaronésia | 322 995 | 31 414 | 9.73 |

Tabela 3: Distribuição potencial e real (subtipos) do 9360 por ilha, arquipélago e região biogeográfica. a) Dados dos Açores (Elias et al., 2016; Triantis et al., 2010); b) Dados da Madeira (Capelo, 2004; Mesquita et al., 2007); c) Dados das Ilhas Canárias (del Arco et al., 2010); d) Resumo dos dados para os diferentes arquipélagos.

3.1.2 Estrutura espacial

Uma questão muito importante na biologia da conservação é o grau de fragmentação que a atividade humana (ou seja, desflorestação, agricultura, pastoreio, infraestruturas, povoações, incêndios florestais, etc.) criou na mancha florestal original. É importante notar que a fragmentação nas ilhas oceânicas é intrínseca, pelo que, mesmo sem impacto humano, as comunidades florestais das ilhas oceânicas estão fragmentadas e isoladas de outras ilhas ou arquipélagos. Uma consequência direta deste facto é que, em grande medida, apenas as espécies arbóreas estruturantes (as que constituem o dossel florestal) são partilhadas

entre ilhas ou arquipélagos, enquanto uma fração significativa das plantas vasculares e dos invertebrados do solo (artrópodes e moluscos) são endémicas mono-ilhas (SIE).

No entanto, o homem também alterou profundamente a distribuição original das florestas em muitas ilhas, e a Macaronésia não é exceção. Por exemplo, nas Ilhas Canárias, o número atual de parcelas existentes 9360 é mais elevado, sendo em média mais pequenas, mais isoladas, pobres em espécies e com um efeito de borda mais elevado (ou seja, a fração da parcela influenciada pela matriz que separa as restantes parcelas florestais) do que as parcelas originais (Quadro 4).

| Ilha | 4050 + 9360 superfície (km ²) | N.º de fragmentos | Tamanho médio do fragmento ± SD (km ²) | Distância média até ao fragmento mais próximo ± SD (km) |
|--------------|---|-------------------|--|---|
| Gran Canaria | 8.36 | 15 | 0.56 ± 0.62 | 1.10 ± 1.12 |
| Tenerife | 108.5 | 22 | 4.91 ± 11.33 | 0.86 ± 1.09 |
| La Gomera | 55.81 | 2 | 27.91 ± 39.07 | - |
| La Palma | 108.26 | 58 | 1.87 ± 8.02 | 0.31 ± 0.34 |
| El Hierro | 23.36 | 14 | 1.67 ± 4.40 | 0.68 ± 1.28 |
| Canárias | 304.19 | 111 | 2.74 ± 7.77 | - |

Tabela 4: Número de fragmentos, tamanho médio e isolamento na distribuição dos THIC 4050 e 9360 nas diferentes ilhas Canárias. Fonte: Delgado et al., 2001.

É surpreendente que a ilha com a maior extensão relativa destes tipos de habitat (La Gomera) tenha apenas dois grandes fragmentos (quase um habitat contínuo), enquanto La Palma, também com uma distribuição relativamente ampla de 4050 e 9360, tem 58 fragmentos. De acordo com a relação espécie-área (SAR) (ver abaixo), quanto mais pequenos os fragmentos, menos espécies contêm. O isolamento também desempenha um certo papel e quanto maior for o isolamento, menor será a probabilidade de as parcelas serem colonizadas por parcelas semelhantes. A ilha de Gran Canaria tem as parcelas mais pequenas e isoladas, enquanto em Tenerife e La Palma as parcelas são maiores e melhor comunicadas. El Hierro ocupa uma posição intermédia. Neste contexto, um objetivo prioritário da restauração ecológica do 9360 seria a criação de corredores que ajudassem a ligar parcelas fragmentadas, como em La Palma, ou a estendê-las, como seria necessário para a Gran Canaria.

Seria desejável efetuar este tipo de análise de fragmentação em todas as ilhas em que o 9360 está presente.

3.1.3 Distribuição e superfície nos sítios Natura 2000

Tanto na Madeira como nas Canárias, a quase totalidade do 9360 ainda existentes está incluída na rede Natura 2000 (ver tabela 5 e anexos 2 e 5). No entanto, nos Açores, uma fração significativa do 9360 existentes em diferentes ilhas (como a Terceira, Pico, São Jorge, Faial ou Flores) está ainda fora da rede Natura 2000, embora parte do habitat possa estar protegido na rede regional/insular. É, pois, um objetivo crucial deste Plano de Ação para os Açores incorporar na Rede Natura 2000 a totalidade, ou a grande maioria, dos territórios 9360 ainda fora da Rede Natura 2000 (protegidos ou não pela rede regional/insular).

| Ilha/arquipélago | Superfície atual 9360 (ha) | Dentro da rede Natura 2000 (ha) (%) | Fora da rede Natura 2000 (ha) (%) |
|--------------------|----------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Flores | 143.1 | 45.72 (31.95 %) | 97.38 (68.05 %) |
| Faial | 959.1 | 328.87 (34.29 %) | 630.22 (65.71 %) |
| Pico | 2 960 | 1 258 (42.5 %) | 1 702 (57.5 %) |
| São Jorge | 663.8 | 302.96 (45.64 %) | 360.84 (54.36 %) |
| Terceira | 847.27 | 436.85 (51.56 %) | 410.42 (48.44 %) |
| São Miguel | 195.1 | 185.36 (95.01 %) | 9.73 (4.99 %) |
| Santa Maria | 112.4 | 0 (0 %) | 112.4 (100 %) |
| Açores | 5 880.8 | 2 557.12 (43.49 %) | 3 323.68 (56.51%) |
| Madeira | 17 008 | 15 462 (90.91%) | 1 546 (9.09 %) |
| Portugal | 22 888.9 | 18 019.12 (78.72 %) | 4 869.68 (21.28 %) |
| Fuerteventura | 4.50 | 4.50 (100 %) | 0 (0%) |
| Gran Canaria | 165.05 | 75.42 (45.70 %) | 89.63 (54.30 %) |
| Tenerife | 2025.68 | 1880.45 (92.83 %) | 145.23 (7.17 %) |
| La Gomera | 3667.55 | 3595.55 (98.04%) | 72 (1.96 %) |
| La Palma | 3633.60 | 3239.13 (89.15 %) | 394.47 (10.85 %) |
| El Hierro | 797.89 | 788.30 (98.80 %) | 9.59 (1.20%) |
| Canárias | 10 294.28 | 9 583.35 (93.09 %) | 710.93 (6.93 %) |
| Espanha | 10 294.28 | 9 583.35 (93.09 %) | 710.93 (6.93 %) |
| Macaronésia | 33 183.08 | 27 602.47 (83.18 %) | 5 580.61 (16.82 %) |

Tabela 5: Proporção do 9360 dentro e fora da rede Natura 2000 por ilha, arquipélago e região biogeográfica. Fonte: As diferentes administrações regionais.

3.1.4 Estimativa de superfície

Os procedimentos utilizados pelas diferentes administrações regionais para determinar o âmbito e a superfície do 9360, bem como a sua estrutura e função, são claramente diferentes, como pudemos constatar através de um questionário (ver Anexo 6). Sugerimos uma abordagem de harmonização metodológica para que os resultados obtidos nos diferentes arquipélagos da região biogeográfica, e ao longo do tempo dentro do mesmo arquipélago, possam ser comparáveis.

Proposta para a harmonização da avaliação da área de distribuição e superfície ocupada na Região da Macaronésia

O ponto de partida tem de ser um mapa completo da vegetação atual, com uma base fitossociológica ou bioclimatológica, combinado com numerosos inventários da vegetação dos diferentes subtipos de laurissilva. Estes mapas existem para todos os arquipélagos: Açores (Dias et al., 2007; Elias et al., 2016), Madeira (Capelo, 2004; Mesquita et al., 2007) e Ilhas Canárias (del Arco, 2006; del Arco et al., 2010), embora alguns ainda não tenham sido publicados.

O próximo passo é recolher imagens dos satélites Sentinel da ESA (que são gratuitas), que voam a cada 8-10 dias sobre os arquipélagos com pixéis quadrados de 10 x 10 m em quatro bandas espectrais (visível e infravermelho) e pixéis de 20 x 20 m até 10-14 bandas espectrais. A partir destas bandas espectrais, podem ser calculados índices de desenvolvimento da vegetação, como o NDVI ou o EVI. Existe uma grande flexibilidade para a aquisição de informações espectrais geo-referenciadas, corrigidas e aplicáveis em diferentes ambientes, como o Copernicus, o SEN 2R e o SCP. A metodologia é replicável e escalável e a informação é pública, gratuita e baseada em software de fonte aberta.

As imagens de satélite fornecem não só informação qualitativa sobre o estado das condições, mas também informação quantitativa através de um procedimento chamado limiarização, um processo de encontrar valores de limiar para discretizar rasters contínuos. É o passo chave e crítico para calcular superfícies ou categorizar rasters. A sua utilização mais frequente é para distinguir pixéis com e sem vegetação (Ibarrola et al., 2019). Para o efeito, são utilizados diferentes critérios estatísticos (por exemplo, média, mediana, primeiro quartil, etc.). Pode variar consoante a estação do ano e o local.

O índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) é particularmente adequado para estimar a quantidade de clorofila, o rendimento fotossintético e/ou o índice de área foliar (LAI). Varia de -1 (gelo, asfalto, fluxos de lava) a 1 (florestas tropicais, picos de crescimento das culturas, etc.). É calculado como a resposta de refletância espectral de uma superfície, utilizando este quociente. Para uma aplicação deste método a dados reais do 9360, ver os exemplos no Anexo 3.

3.1.5 Área favorável de referência

A Área de Referência Favorável (FRA) é definida como a superfície de cada região biogeográfica considerada como a área mínima necessária para assegurar a viabilidade a longo prazo do tipo de habitat.

Propuesta de determinación de la FRA a partir de la relación especie-área

Os conceitos centrais da Teoria do Equilíbrio da Biogeografia Insular (ETIB) (MacArthur e Wilson, 1967) têm sido amplamente utilizados desde a sua formulação para a conceção de reservas naturais (Whittaker e Fernández-Palacios, 2007). A principal contribuição da ETIB para os gestores de áreas protegidas e para os profissionais da biologia da conservação é a utilização de relações espécie-área e espécie-isolamento, que podem ser extrapoladas para

ilhas de habitat, resultantes da fragmentação de extensões originais de habitats contínuos, e que controlam a riqueza de espécies que estes fragmentos podem suportar.

A relação espécie-área (SAR) descreve a relação entre o número de espécies e a superfície do habitat (Rosenzweig, 1995). Trata-se de uma relação curvilínea que é normalmente descrita pela função de potência

$$S = A_z$$

em que S é o número de espécies, A é a área do habitat e z é o declive da relação.

A forma da curva espécie-área depende do tamanho do corpo e da história de vida do táxon e, por conseguinte, difere para diferentes grupos bióticos (por exemplo, vertebrados, artrópodes, plantas vasculares, etc.). Também varia consoante os habitats, ecossistemas e paisagens considerados, mas a forma geral da curva permanece sempre a mesma (Fig. 2).

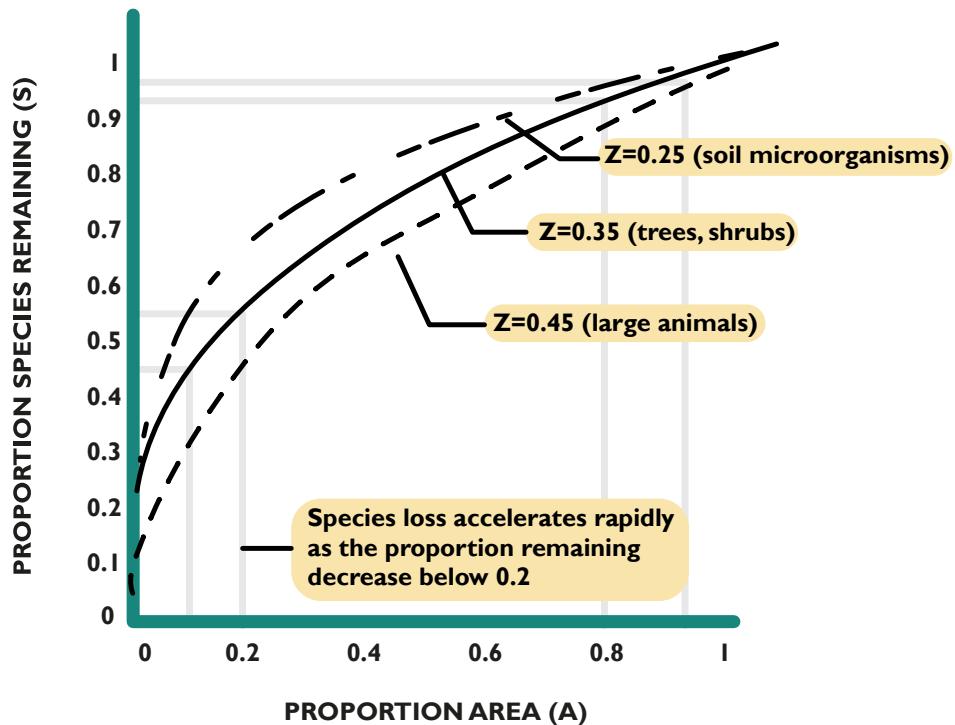


Figura 2: Relação espécie-área (SAR) da proporção de espécies (S) que permanecem num determinado habitat em relação à proporção de área de habitat (A) que permanece para táxones de diferentes tamanhos corporais ($z = 0,25, 0,35$ e $0,45$). Fonte: Walker et al., 2005 New Zealand's remaining indigenous cover: recent changes and biodiversity protection needs (doc.govt.nz). DOC (Crown) copyright. CC BY 4.0 Deed | Attribution 4.0 International | Creative Commons).

Uma vez que áreas maiores podem sempre suportar mais espécies, a SAR prevê que qualquer perda de uma fração da área ocupada por um ecossistema, habitat ou comunidade resultará na perda de algumas espécies a ele associadas. Com declínios iniciais na superfície, a taxa de perda de espécies pode ser relativamente baixa (Fig. 2). A biota de corpo grande, dependente de hospedeiros, de distribuição restrita e/ou especializada em habitats e a que depende de grandes habitats contíguos tende a ser mais afetada nesta fase. No entanto, à medida que a área de habitat é mais reduzida, há uma maior magnitude de perda da biodiversidade remanescente (Fig. 2). Apesar disso, e devido à forma da relação entre a área e a riqueza de espécies, espera-se que mesmo os últimos vestígios de habitat continuem a conter uma proporção significativa da biodiversidade associada a esse ambiente.

Uma relação espécie-área com um expoente de 0,35 (ou seja, a curva $z = 0,35$ na Fig. 2) pode ser uma "média" adequada para aplicar à proteção da biodiversidade, uma vez que se aproxima da curva que seria de esperar para os componentes de vegetação proeminentes. Um exemplo são as árvores que estruturam a laurissilva, que são facilmente reconhecidas (incluindo por teledeteção) e são frequentemente utilizadas de forma pragmática como substitutos de outros elementos da biodiversidade autóctona.

A SAR prevê uma taxa crescente de perda de biodiversidade à medida que a área de habitat diminui. Por exemplo, a curva $z = 0,35$ prevê que uma alteração de 90-80% no habitat remanescente removerá 3,9% do conjunto original de espécies e 4,0% das espécies remanescentes numa área, mas uma redução de 20-10% no habitat remanescente remove 12,3% do conjunto original de espécies e 21,5% das espécies remanescentes (Walker et al., 2005).

O aumento da fragmentação do habitat implica manchas de habitat tipicamente mais pequenas e mais isoladas, com duas consequências importantes em termos de conservação. Por um lado, a ocorrência do efeito de borda (a penetração de propriedades da matriz e/

ou biota na mancha de habitat), que pode afetar toda a mancha se esta tiver uma forma alongada, e diminui a sobrevivência de espécies que só podem prosperar em manchas de habitat não perturbadas. Por outro lado, as populações que prosperam no fragmento de habitat terão tamanhos populacionais menores e, na ausência de fluxo genético entre as parcelas (que dependerá da capacidade de dispersão da espécie-alvo), ocorrerá depressão endogâmica, forçando a perda genética, que esgotará progressivamente o pool genético da população, levando-a à beira da extirpação/extinção.

Na Austrália e em outros países da Commonwealth britânica, o limiar para a proporção da área do habitat original a manter (ou a recuperar, se a destruição do habitat já o tiver ultrapassado) foi fixado em 15% da área do habitat original. Na Nova Zelândia, aumentou até 20% devido ao seu isolamento e, consequentemente, aos elevados níveis de endemicidade (Walker et al., 2005).

A nossa proposta consiste em definir a Área Favorável de Referência como **25%** da distribuição potencial do THIC 9360 (Fig. 3) porque:

- 1) o 9360 é um habitat prioritário endémico da Macaronésia
- 2) o 9360 possui um valor histórico muito importante como vestígio da geoflora paleotropical europeia
- 3) o 9360 possui uma biodiversidade muito elevada, incluindo um grande número de espécies endémicas, nomeadamente árvores de dossel, ervas, aves, insectos, aranhas e moluscos, a maioria das quais distribuídas numa única ilha
- 4) o 9360 presta serviços ecossistémicos muito importantes, como a fixação de carbono, a captura de nevoeiro, a filtragem do ar e a criação e retenção de solo.

Este limiar de 25% já foi atingido na Madeira e em La Gomera.

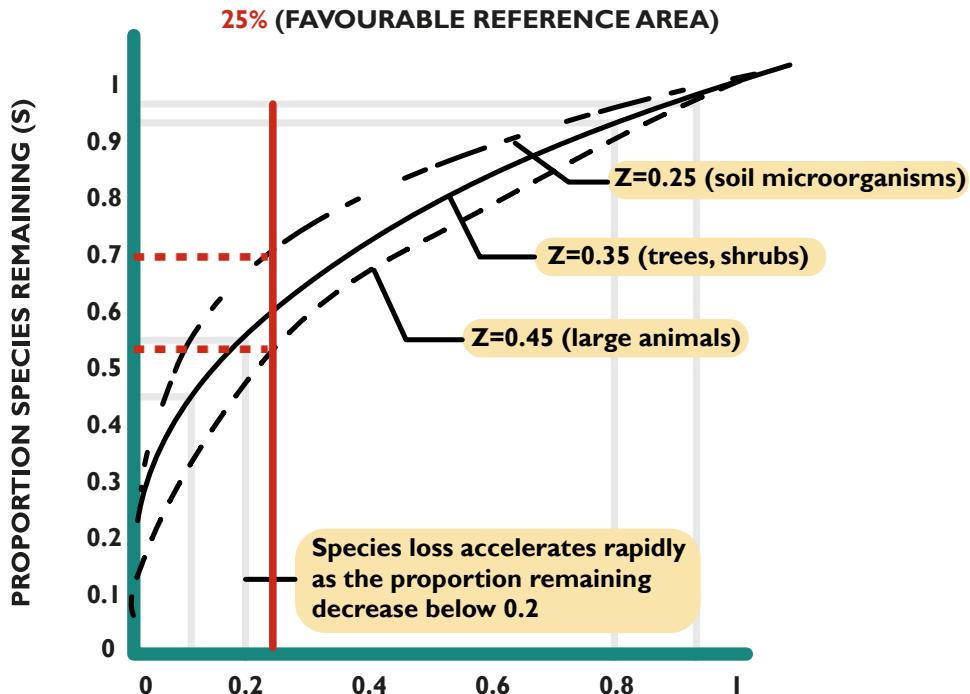


Figura 3: De acordo com a SAR, a proporção de espécies que persistirá através da conservação ou recuperação de 25% da distribuição original do habitat (linhas vermelhas a tracejado) variará, dependendo dos taxa, **entre 50-70%**, o que é uma proporção mais do que aceitável (Adaptado de Walker et al., 2005). New Zealand's remaining indigenous cover: recent changes and biodiversity protection needs (doc.govt.nz). DOC (Crown) copyright. CC BY 4.0 Deed | Attribution 4.0 International | Creative Commons).

Jorge Capelo (2023) propôs recentemente uma forma gráfica e esquemática muito útil para compreender o significado de Intervalo Favorável de Referência (FRR) e Área Favorável de Referência (FRA), bem como o Défice Mínimo de Restauração (MRD) e o Défice

Alargado de Restauração (ERD) necessários para uma conservação adequada do 9360. A figura 4 mostra as relações espaciais entre estes parâmetros e a figura 5 compara-os com os seus valores de conservação.

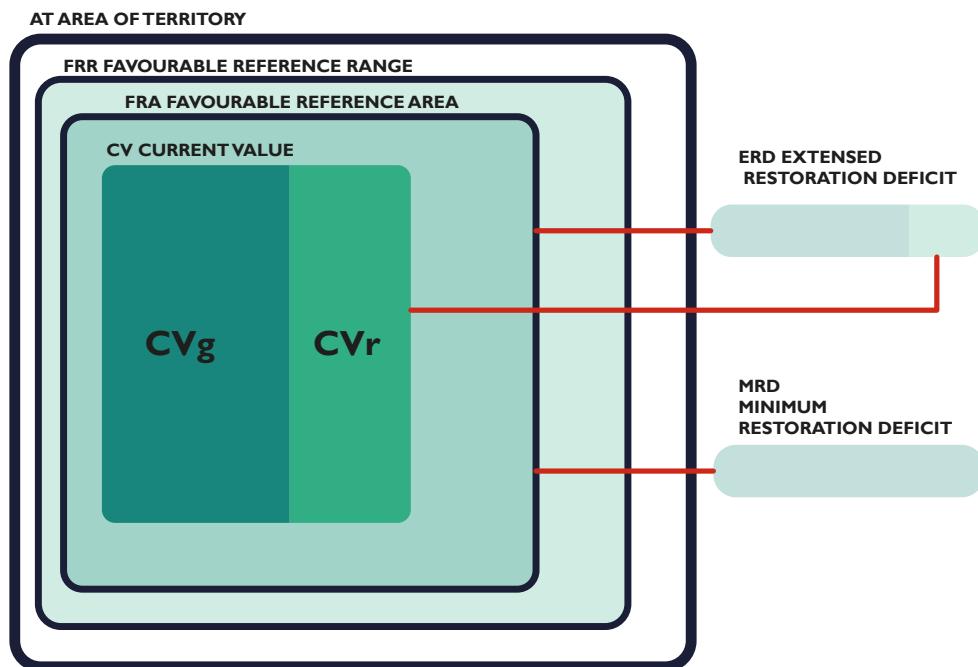


Figura 4: Distribuição espacial aninhada dos diferentes Valores de Referência Favoráveis (FRV) para um determinado tipo de habitat. Fonte: Capelo (2023), documento não publicado.

Pelo seu acrónimo em inglês:

AT: A superfície do território (ha), consoante o âmbito e a escala, pode referir-se a uma ilha específica, a um arquipélago ou a toda a região biogeográfica da Macaronésia.

FRR: O intervalo favorável de referência (ha) é a distribuição potencial pré-humana de 9360 numa ilha, arquipélago ou em toda a região biogeográfica da Macaronésia.

FRA: A Área favorável de Referência (ha) é a área mínima viável para manter o habitat e as suas espécies constituintes num estado favorável a longo prazo numa determinada ilha, arquipélago ou em toda a Região Biogeográfica da Macaronésia. Sugerimos aqui que, para atingir este objetivo, o FRA tem de ser (pelo menos) 25% do FRR do 9360.

CV: O valor atual (ha) é a extensão da distribuição 9360, independentemente da sua qualidade e valor de conservação.

CVg: O valor atual em bom estado de conservação (ha) é a distribuição atual de 9360 em bom estado de conservação.

CVr: O valor atual em mau estado de conservação, mas restaurável (ha) é a distribuição atual de 9360 em mau estado de conservação, mas passível de ser ecologicamente restaurado.

MRD: O défice mínimo de restauração, [FRA - CV] é a área mínima de 9360 que deve ser restaurada para atingir o FRA.

ERD: O défice de restauração alargado, [MRD + CVr], é a superfície a restaurar para atingir a FRA num bom estado de conservação.

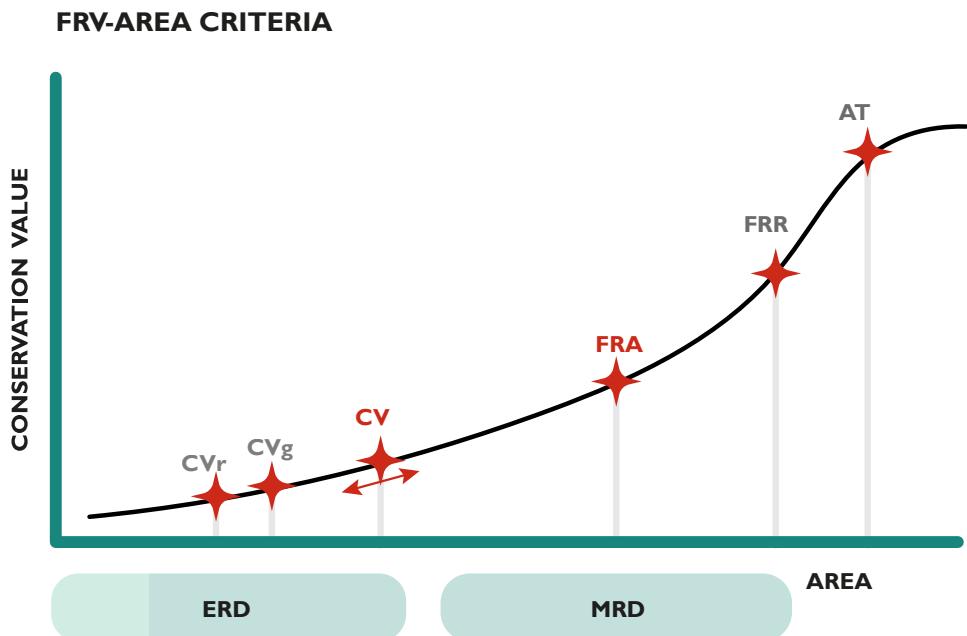


Figura 5: Distribuição dos diferentes Valores de Referência Favoráveis (VRF) na parcela definida pela superfície (abcissa) e pelo valor de conservação (ordenada). Fonte: Capelo (2023), documento não publicado.

As fontes para o cálculo do intervalo de referência favorável (distribuição potencial 9360) e do valor real (distribuição real 9360) numa determinada ilha, arquipélago ou em toda a região da Macaronésia devem ser os mapas de vegetação potencial e real dos diferentes arquipélagos, baseados em informações bioclimáticas e imagens de satélite e/ou fotografias aéreas, respetivamente. O estado (qualidade) da distribuição atual do habitat e,

por conseguinte, o cálculo do CVg e do CVR, deve basear-se em inventários de campo da sua composição de espécies, estrutura e função, nos quais devem ser utilizadas as diferentes variáveis acima enumeradas. Neste contexto, podemos ilustrar com um simples exercício o esforço de recuperação que deve ser efectuado em diferentes ilhas ou arquipélagos para atingir a Área Favorável de Referência (Tabela 6).

| Parâmetro (ha) | Pico | Tenerife | La Gomera | Açores | Madeira | Canárias | Macaronésia |
|----------------|--------|----------|-----------|---------|---------|----------|-------------|
| AT | 44 480 | 203 400 | 36 976 | 233 300 | 75 070 | 745 000 | 1 063 900 |
| FRR | 28 700 | 32 700 | 9 600 | 173 000 | 61 239 | 87 100 | 322 995 |
| FRA (25% FRR) | 7 175 | 8 175 | 2 400 | 43 250 | 15 310 | 21 175 | 80 749 |
| CV | 952 | 1 996 | 3 565 | 5 727 | 15 517 | 10 170 | 31 414 |
| MRD | 6 223 | 6 179 | 0* | 37 523 | 0* | 11 605 | 49 335 |

Tabela 6: Exemplos do esforço de recuperação no 9360 necessário para cumprir a FRA proposta para as ilhas selecionadas, os três arquipélagos e a Macaronésia no seu conjunto. * Em La Gomera e na Madeira, como o valor atual da extensão de 9360 é superior à FRA, apenas são necessários esforços de conservação, mas não de recuperação, a menos que a qualidade destas áreas remanescentes, ou de uma fração delas, seja inadequada. Os nomes e as definições dos parâmetros são indicados no texto.

3.1.6 Análise de tendências

Antes da chegada dos Castelhanos, os Guanches (aborígenes das Canárias) já tinham perturbado a distribuição e as condições prístinas do 9360 com o uso do fogo, a apanha de frutos e, sobretudo, com a introdução de porcos e ovicaprídeos que vagueavam livremente durante mais de um milénio (de Nascimento et al., 2020). No entanto, os principais impactos no 9360 ocorreram após a conquista das Ilhas Canárias pelos castelhanos, e após a colonização dos Açores e da Madeira (arquipélagos anteriormente desabitados) pelos portugueses (Fernández-Palacios et al., 2017). Os colonizadores europeus transformaram progressivamente as ilhas da Macaronésia, primeiro em centros de exportação de cana-de-açúcar, abatendo as florestas para satisfazer a necessidade de espaço para o seu cultivo e de madeira para alimentar os engenhos do açúcar. O resultado foi o início de uma rápida desflorestação das ilhas (Santana, 2001; Triantis et al., 2010; Otto et al., 2017). Esta situação manteve-se a ritmos e intensidades

diferentes, em função da alteração do uso do solo (principalmente para a agricultura nas Canárias e na Madeira, e para o pastoreio de gado e a silvicultura nos Açores), até à década de 1960, quando o turismo de massas substituiu a agricultura de exportação como motor económico das ilhas, especialmente na Madeira e nas Canárias.

Desde então, e devido à mudança do modelo de desenvolvimento económico das ilhas, do centro para o litoral, o abandono das áreas cultivadas e de pastagem permitiu uma lenta mas imparável recuperação espontânea do THIC 9360 onde as condições ecológicas o permitiam (ou seja, existência de fragmentos 9360), recuperação essa que ainda continua. Por outras palavras, pelo menos na Madeira e nas Canárias ocidentais, a extensão e o estado atual da laurissilva é talvez o melhor dos últimos séculos. No entanto, onde não ocorreram tais mudanças no uso da terra (Açores) ou nas condições ecológicas (Gran Canaria), a situação do 9360 permanece precária (Fernández-Palacios et al., 2017).



Pyrrhula murina, Ilha de São Miguel (Açores). Foto: Eduardo Dias

3.2 Estructura y función

3.2.1 Avaliação atual do parâmetro de estrutura e função (de acordo com o artigo 17 elaboração de relatórios)

Apesar de alguns pontos em comum, as metodologias utilizadas para a avaliação da estrutura e da função do estado do habitat em cada arquipélago são diferentes. São necessários procedimentos harmonizados, nomeadamente em matéria de trabalho de campo, para que os resultados obtidos nos diferentes arquipélagos da região biogeográfica e ao longo do tempo no mesmo arquipélago possam ser comparáveis. A seguir, sugerimos uma abordagem de harmonização metodológica.

3.2.2 Proposta de harmonização da metodologia de avaliação e acompanhamento

As metodologias comuns para avaliar e monitorizar o estado do habitat (estrutura e função) devem incluir os seguintes elementos:

- Variáveis para avaliar as características relevantes do habitat, métricas e métodos de medição, incluindo a possível utilização de fontes de dados existentes:
 - Abióticas: físicas, químicas
 - Bióticas: composição, estrutura e função
 - Outras: variáveis baseadas na pressão, etc.
 - paisagem
- Valores de referência e limiares para cada variável para determinar o seu estado.
- Método de agregação de variáveis: escala local e supralocal.
- Métodos e protocolos de monitorização, seleção dos locais de monitorização.

3.2.2.1 Variáveis e índices propostos para a avaliação da estrutura e função do estado do habitat 9360:

As variáveis e índices para determinar o estado de conservação do 9360 devem ser claramente definidos, o seu processo de medição deve ser explicado sem ambiguidade e devem ser fáceis de medir por não especialistas, bem como informativos e de diagnóstico do estado de conservação do habitat.

Apresenta-se de seguida uma primeira proposta de um conjunto de variáveis para avaliar e diagnosticar a estrutura e função do habitat, com base na sua caracterização ecológica, que se resume na Tabela 7.

VARIÁVEIS ABIÓTICAS

a) Índices climáticos (são necessárias medições ao longo de vários anos)

1. Dias sem proteção contra o mar de nuvens (n.º de dias/ano)

2. Quantidade de gotas de nevoeiro (mm/ano)

b) Índices do solo

1. PH do solo

2. Teor de matéria orgânica do solo (mg/g de solo)

3. Relação C/N do solo

VARIÁVEIS BIÓTICAS

a) Índices estruturais

1. Altura do dossel (m)

Procedimento de medição: Em cada parcela, a altura do dossel será medida em cinco pontos (os quatro cantos e o centro da parcela) utilizando um Blume-Leiss ou aparelho similar.

Avaliação do estado: a definição dos limiares de bom, inadequado e mau estado será desenvolvida com base em valores de referência.

2. Número de classes de altura (ou de diâmetro à altura do peito (DAP)) representadas

Procedimento de medição: Em cada parcela, deve ser calculado o número de classes de altura (ou de DAP) existentes (utilizando critérios normalizados, ou seja, uma classe de altura por cada 5 m e uma final > 30 m) ou uma classe de DAP por cada 10 cm e uma final > 1 m).

Avaliação do estado: a definição dos limiares de bom, inadequado e mau estado será desenvolvida com base em valores de referência.

3. Área basal da comunidade (m^2/ha)

Procedimento de medição: Em cada parcela, será medido o Diâmetro à Altura do Peito (DAP, em cm) de todos os exemplares com mais de 2 m, e este DAP será transformado no BA das espécies existentes na parcela e, somando-as, da comunidade.

Estado:

- Favorável: Área basal > 30 m^2/ha
- Desfavorável-inadequado: Área basal 15-30 m^2/ha
- Desfavorável-mau: Área basal < 15 m^2/ha

4. DAP médio da parcela (cm)

Procedimento de medição: Em cada parcela, mede-se o diâmetro à altura do peito (DAP, em cm) de todos os espécimes com mais de 2 m e calcula-se o seu valor médio para todas as espécies.

Estado:

- Favorável: DAP médio > 20 cm
- Desfavorável-inadequado: DAP médio 10-20 cm
- Desfavorável-mau: DAP médio < 10 cm

5. Densidade de árvores grandes (DAP > 40 cm) (ind./ha)

Procedimento de medição: Na parcela, deve ser contado o número de indivíduos de espécies autóctones com DAP > 40 cm. Se os indivíduos tiverem vários troncos, deve medir-se o DAP de cada tronco e considerar se a soma da área basal dos troncos é igual a 1/8 m^2 .

Estado:

- Favorável: > 10 indivíduos com > 40 cm de DAP /ha
- Desfavorável-inadequado: 5-10 indivíduos com > 40 cm DAP /ha
- Desfavorável-mau: ex. < 5 indivíduos com > 40 cm DAP /ha

6. Biomassa (t/ha) (opcional)

Procedimento de medição: a biomassa da comunidade será calculada utilizando as equações alométricas disponíveis para cada espécie de árvore.

Avaliação do estado: a definição dos limiares de bom, inadequado e mau estado será desenvolvida com base em valores de referência.

Nota: Dado que este parâmetro está fortemente correlacionado com a área basal, talvez se deva optar por um dos dois. É muito mais fácil medir a área basal, porque pode não haver equações alométricas para todas as espécies.

7. Índice de área foliar (LAI) (sem dimensão)

Procedimento de medição: Em cada parcela, o LAI deve ser medido em cinco pontos (os quatro cantos e o centro da parcela), utilizando um medidor de LAI.

Avaliação do estado: a definição dos limiares de bom, inadequado e mau estado será desenvolvida com base em valores de referência.

8. Folhagem caída (t/ha)

Procedimento de medição: Em cada parcela, a folhagem caída existente deve ser recolhida até ao solo mineral em subparcelas de 1 x 1 m em cinco pontos (os quatro cantos e o centro da parcela). A folhagem caída deve ser pesada húmida (*in situ*) e seca (em laboratório) e os resultados devem ser expressos em peso seco por área.

Avaliação do estado: a definição dos limiares de bom, inadequado e mau estado será desenvolvida com base em valores de referência.

9. Quantidade de madeira morta em pé e caída (t/ha) (opcional)

Procedimento de medição: Em cada parcela, a madeira em pé e a madeira morta caída serão avaliadas em subparcelas de 1 x 1 m em cinco pontos (os quatro cantos e o centro da parcela). A madeira morta deve ser pesada húmida (*in situ*) e seca (em laboratório) e os resultados devem ser expressos em peso seco por área.

Avaliação do estado: a definição dos limiares de bom, inadequado e mau estado será desenvolvida com base em valores de referência.

b) Índices de composição

10. Riqueza do dossel

Procedimento de medição: a riqueza do dossel é calculada através da contagem do número de espécies de árvores autóctones que participam no dossel da floresta.

Avaliação do estado: a definição dos limiares de bom, inadequado e mau estado será desenvolvida com base em valores de referência.

NOTA: As comparações de riqueza de espécies só podem ser efetuadas se as áreas das zonas comparadas forem iguais

11. Composição das espécies do dossel

Procedimento de medição: serão enumeradas as espécies de dossel numa parcela.

Estado de conservação:

- Favorável: ausência de espécies exóticas.
- Desfavorável-inadequado: presença de espécies exóticas (*Pinus spp.*, *Eucalyptus spp.*, *Castanea sativa*, *Pittosporum undulatum*, *Cryptomeria japonica*, *Acacia mearnsi*, *Robinia pseudoacacia*, etc.).
- Desfavorável-mau: predominância (BA) de espécies exóticas.

12. Composição da comunidade aviária

Procedimento de medição: serão efetuados transetos lineares (cujo número, comprimento, largura e duração serão determinados por peritos) em toda a zona avaliada, a fim de determinar a frequência e/ou a abundância das diferentes espécies que compõem a comunidade avifaunística do 9360.

Estado de conservação:

- Favorável: ausência de espécies exóticas.
- Desfavorável-inadequado: presença de espécies exóticas.
- Desfavorável-mau: predominância de espécies exóticas.

13. Composição da comunidade de invertebrados do solo (artrópodes e moluscos)

Procedimento de medição: será efetuado um procedimento de amostragem (a definir pelos peritos) em toda a área em avaliação para determinar a frequência/abundância das diferentes espécies da comunidade faunística de invertebrados do solo.

Estado de conservação:

- Favorável: ausência de espécies exóticas.
- Desfavorável-inadequado: presença de espécies exóticas.
- Desfavorável-mau: predominância de espécies exóticas.

c) Índices funcionais:**14. Composição da regeneração**

Procedimento de medição: Em cinco subparcelas de 1 x 1 m (os quatro cantos e o centro da parcela), avaliar a composição da regeneração (comunidade de plântulas).

Estado de conservação:

- Favorável: ausência de plântulas de espécies exóticas.
- Desfavorável-inadequado: presença de plântulas de espécies exóticas.
- Desfavorável-mau: predomínio de plântulas de espécies exóticas.

A monitorização de dois outros índices da função do habitat (*15. Produtividade primária líquida* e *16. Taxa de decomposição da folhagem caída*) seriam muito interessantes, mas a sua avaliação exigiria vários anos (pelo menos três), o que as torna mais problemáticas. Podem ser consideradas **opcionais**.

| Variáveis abióticas | | |
|--|--|------------------------------------|
| Variáveis climáticas | Procedimento de medição | Avaliação do estado de conservação |
| Dias sem proteção contra o mar de nuvens (n.º d/a) | Recolher dados fiáveis da(s) estação(ões) meteorológica(s) mais próxima(s) | com base em valores de referência |
| Quantidade de gotas de nevoeiro (mm/ano) | Recolher dados fiáveis da(s) estação(ões) meteorológica(s) mais próxima(s) | com base em valores de referência |
| Variáveis do solo | | |
| pH do solo | Em cinco parcelas (os quatro cantos e o centro da parcela), serão recolhidas amostras de solo e o pH do solo será avaliado com um medidor de pH | com base em valores de referência |
| Teor de matéria orgânica do solo (SOM) | Em cinco parcelas (os quatro cantos e o centro da parcela), serão colhidas amostras de solo e a SOM será avaliada mediante a perda por ignição (LOI) | com base em valores de referência |
| Relação C/N do solo | Em cinco parcelas (os quatro cantos e o centro da parcela), serão colhidas amostras de solo e será avaliada a relação C/N do solo | com base em valores de referência |

| Variáveis bióticas | | |
|---|--|--|
| Variáveis estruturais | Procedimento de medição | Avaliação do estado de conservação |
| Altura do dossel (m) | Em cada parcela, a altura do dossel será medida em cinco pontos (os quatro cantos e o centro da parcela) utilizando um Blume-Leiss. | com base em valores de referência |
| Número de classes de altura (ou de diâmetro à altura do peito (DAP) presentes | Em cada parcela, deve ser calculado o número de classes de altura (ou DAP) existentes (uma classe de altura por cada 5 m e uma final > 30 m) ou uma classe de DAP por cada 10 cm e uma final > 1 m). | com base em valores de referência |
| Área basal (BA) (m^2/ha) | Em cada parcela, o DAP (cm) de todos os exemplares com altura superior a 2 m será medido e transformado em BA das espécies existentes na parcela e, somando-as, da comunidade. | Favorável: BA > 30 m^2/ha Inadequado: BA 15-30 m^2/ha Mau: BA < 15 m^2/ha |
| DAP médio da parcela (cm) | Em cada parcela será medido o DAP (cm) de todos os espécimes > 2 m e será calculado o seu valor médio para todas as espécies. | Favorável: DAP médio > 20 cm Inadequado: DAP médio 10-20 cm Mau: DAP médio < 10 cm |
| Densidade de árvores grandes (DAP > 40 cm) (ind./ha) | Na parcela, deve ser contado o número de indivíduos de espécies autóctones com DAP > 40 cm. No caso de árvores com vários troncos, o DAP de cada tronco deve ser medido e tido em conta se o BA da árvore for > 1/8 m^2 . | Favorável: > 10 indivíduos /ha Inadequado: 5-10 indivíduos /ha Mau: < 5 indivíduos /ha |
| Biomassa (t/ha) (opcional) | Em cada parcela, a biomassa da comunidade deve ser calculada utilizando as equações alométricas disponíveis para cada espécie de árvore | com base em valores de referência |
| Índice de área foliar | Em cada parcela, o LAI deve ser medido em cinco pontos (os quatro cantos e o centro da parcela), utilizando um medidor de LAI. | com base em valores de referência |
| Folhagem caída (t/ha) | Em cada parcela, a folhagem caída devem ser recolhida até ao solo mineral em subparcelas de 1 x 1 m em cinco pontos (os quatro cantos e o centro da parcela). A folhagem caída deve ser expressa em peso seco por superfície. | com base em valores de referência |
| Quantidade de madeira morta (t/ha) (opcional) | em cada parcela, a madeira em pé e a madeira morta caída serão avaliadas em subparcelas de 1 x 1 m em cinco pontos (os quatro cantos e o centro da parcela). A madeira morta deve ser pesada húmida (in situ) e seca (em laboratório) e os resultados devem ser expressos em peso seco por área. | com base em valores de referência |

| Variáveis de composição | | |
|---|---|---|
| Riqueza do dossel | A riqueza do dossel é calculada através da contagem do número de espécies de árvores autóctones que participam no dossel florestal da parcela. | com base em valores de referência |
| Composição das espécies do dossel | Serão enumeradas as espécies de dossel numa parcela | Favorável: ausência de espécies exóticas. Mau: dominância (área basal) de espécies exóticas. |
| Composição da comunidade avíaria | Em função da decisão dos peritos, será efetuado um certo número de transetos (comprimento, largura, tempo) ao longo da zona avaliada para determinar a frequência e/ou a abundância das diferentes espécies que compõem a comunidade avifaunística. | Favorável: Ausência de espécies de aves exóticas Inadequado: Presença de espécies de aves exóticas Mau: Domínio de espécies de aves exóticas. |
| Composição da comunidade de invertebrados do solo (artrópodes e moluscos) | Será efetuado um procedimento de amostragem em toda a área avaliada para determinar a frequência/abundância das diferentes espécies que constituem a comunidade faunística de invertebrados do solo. | Favorável: Ausência de espécies exóticas de invertebrados (artrópodes/moluscos) Inadequado: Presença de espécies exóticas de invertebrados (artrópodes/moluscos) Mau: Predomínio de espécies exóticas de invertebrados (artrópodes/moluscos). |
| Variáveis funcionais | | |
| Composição da regeneração | Em cinco subparcelas de 1 x 1 m (quatro cantos e o centro da parcela), será avaliada a composição da regeneração | Favorável: ausência de plântulas de espécies exóticas Inadequado: presença de plantas exóticas Mau: predominância de plântulas de espécies exóticas |
| Produtividade primária líquida (t/ha a) (opcional) | Utilizando cinco armadilhas para a folhagem caída por parcela, a monitorização da queda de folhagem ao longo do tempo será medida e o NPP será calculado | com base em valores de referência |
| Taxa de decomposição da folhagem caída (valor k) (opcional) | Utilizando vários sacos de folhagem caída com um teor conhecido de folhagem no solo, será medida a diminuição do peso da folhagem caída ao longo do tempo e calculada a taxa de decomposição (k) | com base em valores de referência |

Tabela 7: Proposta das variáveis abióticas (climáticas e edáficas) e bióticas (estruturais, compostionais e funcionais) a monitorizar para o diagnóstico do estado do THIC 9360.

3.2.2.2 Proposta de definição de valores de referência e limiares para avaliar a estrutura e a função com base em variáveis medidas

Na procura de índices para avaliar o estado do THIC 9360, é preciso ter em conta que, para muitos índices, serão necessários **valores de referência**, ou seja, os valores dos parâmetros procurados existentes nos **povoamentos mais bem conservados da distribuição atual do tipo ou subtipos de habitat 9360**. O valor de referência para cada parâmetro **não deve ser um valor médio, mas um intervalo de valores**. Isto dependerá do arquipélago, ilha, exposição, declive, subtipo de habitat, etc. Cada povoamento deve ser comparado com o valor de referência de um ou mais povoamentos bem conservados com condições de conservação e localizações semelhantes.

Locais de referência

A avaliação e o diagnóstico do estado dos diferentes subtipos 9360 exigirão a designação de locais bem conservados onde as diferentes variáveis abióticas e bióticas possam ser analisadas e utilizadas como referência para posterior comparação com as variáveis medidas nos restantes locais. Para o efeito, pedimos a especialistas do 9360 de cada ilha e arquipélago que fizessem uma seleção destes lugares privilegiados. Estes dados são apresentados na tabela 8.

| Subtipo 9360 | Flores | Faial | Pico | S. Jorge | Terceira | S. Miguel | S. Maria |
|---|--------------------------------|------------------|---|---|---|----------------------------------|------------------------------------|
| Floresta de planície (<i>Picconia-Morella</i>) (sensu Elias et al., 2016) | Ponta do Ilhéu (Ponta Delgada) | Varadouro | Ponta da Ilha; Piedade | — | Fajã da Serreta | — | Barreiro da Faneca-Baía do Raposo; |
| Floresta supramediterrânica de folha perene (<i>Picconia-Morella</i>) (sensu Dias et al., 2012) | Malbusca | Ribeira do Cabo | Mistério da Prainha | Fajã do Castelhano | Dorsal de Serreta; | Achadinha | |
| Floresta laurissilva submontana (<i>Laurus-Ilex</i>) (sensu Elias et al., 2016) | Vale da Ribeira das Aguiñas | Base da Caldeira | Mistério da Prainha; Caminho dos Burros; Norte das Lajes; Cabecinhos; entre São João e o Pico da Urze | A Norte do Pico Pinheiro; Ponta dos Rosais; Ribeira Seca; | Biscoito da Ferraria e Pico Alto; Terra Brava; Quatro Ribeiras; Caldeira de Santa Bárbara | Ribeira do Guilherme; Tronqueira | |
| Floresta planíflia oceânica (<i>Laurus-Ilex</i>) (sensu Dias , 2012) | | | | | | | |

| Subtipo 9360 | Madeira |
|--|---|
| Laurissilva do Barbusano (<i>Apollonias-Ilex</i>) | Ribeira Funda |
| Laurissilva do Til (<i>Ocotea-Clethra</i>) | Boaventura - Achada do Touco; Fajã da Nogueira - Rochão dos Vinháticos; Seixal - Chão da Ribeira; Ribeira Grande de São Vicente |

| Subtipo 9360 | Gran Canaria | Tenerife | La Gomera | La Palma | El Hierro |
|---|-------------------|--|------------------------|------------------------|-----------|
| Laurisilva seca (<i>Apollonias, Picconia</i>) | | Aguirre; Barranco de Badajoz | Aceviños | Breña Alta | Mencáfete |
| Floresta húmida de laurisilva (<i>Laurus, Ilex</i>) | Los Tiles de Moya | Nieto; Monte del Agua; Las Palomas; Vueltas de Taganana | Meriga; Noruegos | Los Tilos; La Galga | |
| Floresta fria de laurissilva (<i>Morella, Erica arborea</i>) | | Erjos | Altos del Garajonay | Roque Faro | Las Jayas |
| Floresta de cumeeiras de laurissilva (<i>Erica platycodon</i>) | | Chinobre | Inchereda | | |
| Floresta higrófila (húmida) de laurissilva (<i>Ocotea</i>) | | Ijuana; El Pijaral | El Cedro; La Meseta | Marcos y Cordero | Garoé |

Tabela 8: Proposta de peritos sobre a localização dos sítios de referência dos subtipos 9360 para a estimativa do estado do habitat. Para os Açores (a), os peritos foram Rui Elias e Eduardo Dias. Para a Madeira (b) os peritos foram Miguel Menezes de Sequeira, Jorge Capelo e Carlos Lobo, e para as Canárias (c) os peritos foram Ángel Fernández e José María Fernández-Palacios.

Elementos adicionais para avaliar e monitorizar o estado do habitat

Uma vez definidas e acordadas as variáveis, e estabelecidos os níveis e limiares de referência para avaliar o seu estado, será necessário definir métodos de agregação para calcular índices compostos que permitam determinar se o habitat se encontra em bom ou mau estado de conservação. Isto é efetuado primeiro à escala local, ou seja, ao nível da parcela ou do sítio onde as variáveis são medidas, e depois à escala supra-local, ou seja, ao nível da ilha, do arquipélago ou da região biogeográfica.

De acordo com as orientações para a apresentação de relatórios nos termos do artigo 17 da Diretiva Habitats, a estrutura e a função do habitat encontram-se num estado

favorável na região biogeográfica quando 90% da sua superfície tiver sido avaliada como estando em bom estado. Por outro lado, se 25% da superfície do habitat for avaliada como estando em mau estado de conservação, a avaliação global da estrutura e função na região biogeográfica é desfavorável.

Além disso, será também necessário harmonizar os métodos e protocolos de monitorização, incluindo os critérios de seleção dos locais de monitorização.

3.2.2.3 Estratégia de amostragem para avaliar o estado de conservação do habitat 9360

A avaliação e o acompanhamento do estado de conservação do 9360 (estrutura e função) requerem a conceção de uma **rede de parcelas permanentes**. Esta rede tem de ser suficientemente grande para representar corretamente a distribuição geográfica e a diversidade ecológica do 9360 (todos os subtipos devem estar adequadamente representados) e conter parcelas distribuídas tanto dentro como fora da rede Natura 2000, além das parcelas de referência.

As parcelas devem ser marcadas permanentemente (com barras de ferro nos cantos) como **quadrados de 50 m de**

comprimento (área = 0,25 ha) sempre que possível (Fig. 6), e ser monitorizados com a mesma frequência (**seis anos**) que a exigida para a apresentação de relatórios à União Europeia. As imagens do satélite Sentinel da Agência Espacial Europeia têm uma resolução de 10 m x 10 m (quatro bandas espectrais: visível + infravermelho), ou 20 m x 20 m (até 10-14 bandas espectrais). Consequentemente, pode ser favorável trabalhar com parcelas com múltiplos destes tamanhos, tais como 20 m x 20 m (0,04 ha) ou melhor 40 m x 40 m (0,16 ha). Neste caso, as parcelas de 50 m x 50 m já instaladas poderiam ser facilmente reduzidas.

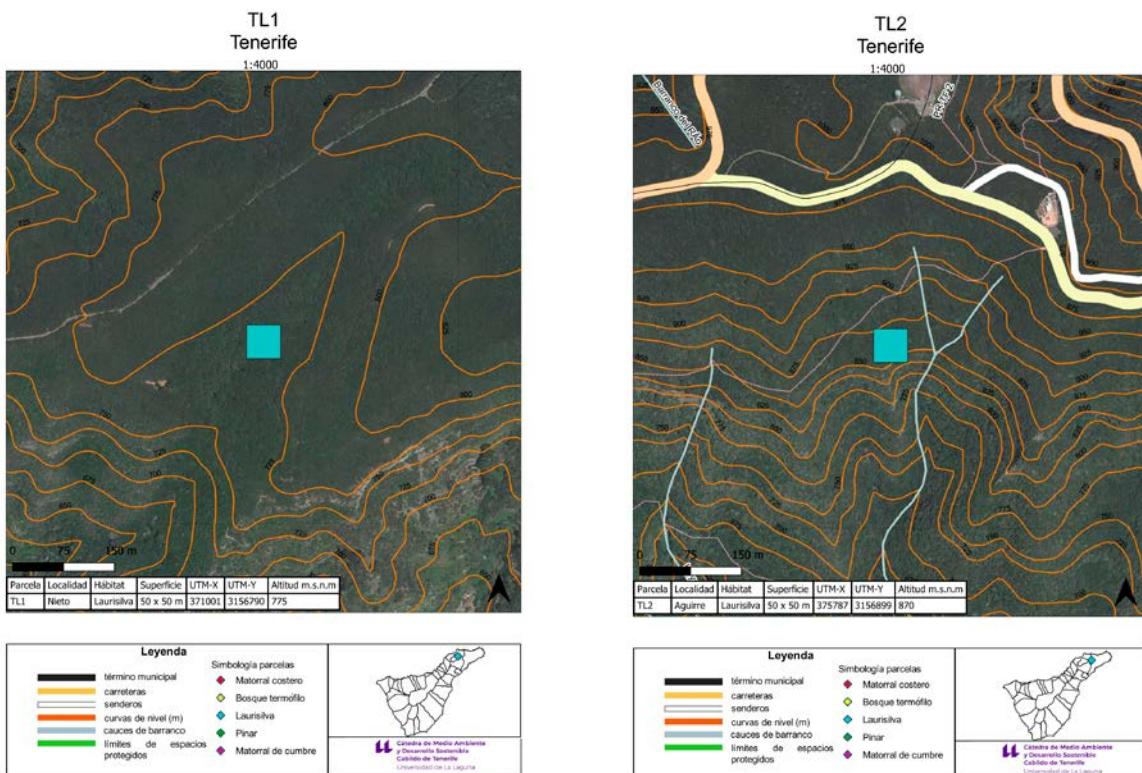


Figura 6: Exemplos de duas parcelas permanentes do THIC 9360 de 50 x 50 m instaladas no Parque Rural de Anaga (Tenerife) (Nieto e Aguirre, respetivamente) para monitorização e aquisição de dados para comparação com parcelas de referência.

Neste esforço, podem ser acrescentadas parcelas permanentes já existentes e ativamente inventariadas dos **Inventários Florestais Nacionais** dos diferentes países para cumprir estes objectivos e contribuir com a informação necessária sobre as variáveis monitorizadas (Alberdi et al., 2017, 2019). Será útil saber em que medida os inventários florestais existentes podem satisfazer estas necessidades e fornecer a informação necessária para as variáveis selecionadas (Pescador et al., 2022). Outra opção seria integrar as variáveis necessárias nos inventários florestais nacionais. A situação

ideal teria sido que os diferentes arquipélagos tivessem parcelas de monitorização permanentes nas áreas de distribuição do 9360, de modo a podermos incorporar a função, o estado e a sua variação temporal na avaliação da estrutura do 9360. Atualmente, os três arquipélagos dispõem de Inventários Florestais Nacionais (ver Tabela 9) (IFRAA 1; IFRAM 1, 2; IFN 1, 2, 3, 4), nos quais um número variável de parcelas permanentes (consoante a área da ilha) foi sistematicamente fixado e inventariado em diferentes momentos do passado (ver Tabela 9).

| Arquipélago/Ilha | Parcelas de amostragem do inventário florestal | Das quais, parcelas no 9360 | Fonte: |
|------------------|--|--|---|
| Açores | ? | ? | IFRAA 1 (2007-?) |
| Madeira | 385 | ? | IFRAM 1 (2004-2008) IFRAM 2 (2008-2015) |
| Canárias | 1737 (IFN 2) 2470 (IFN 3) 1971 (IFN 4) | Gran Canaria: ? Tenerife: 26 (IFN 3) La Gomera: 27 (IFN 3) La Palma: 30 (IFN 3) El Hierro: ? | IFN 1 (1965-1974) IFN 2 (1986-1996) IFN 3 (1997-2007) IFN 4 (2008-presente) |

Tabela 9: Número de parcelas de inventário por ilha e arquipélago, e quantas delas representam o 9360. ?: falta de conhecimento.

Uma vez que estas parcelas permanentes foram sistematicamente localizadas, podem estar dentro ou fora da rede Natura 2000 e podem representar o habitat 9360, outros habitats

florestais ou mesmo plantações. Devido à sua qualidade, espera-se que todas as parcelas de referência pertençam a zonas protegidas Natura 2000 (ver Fig. 7).

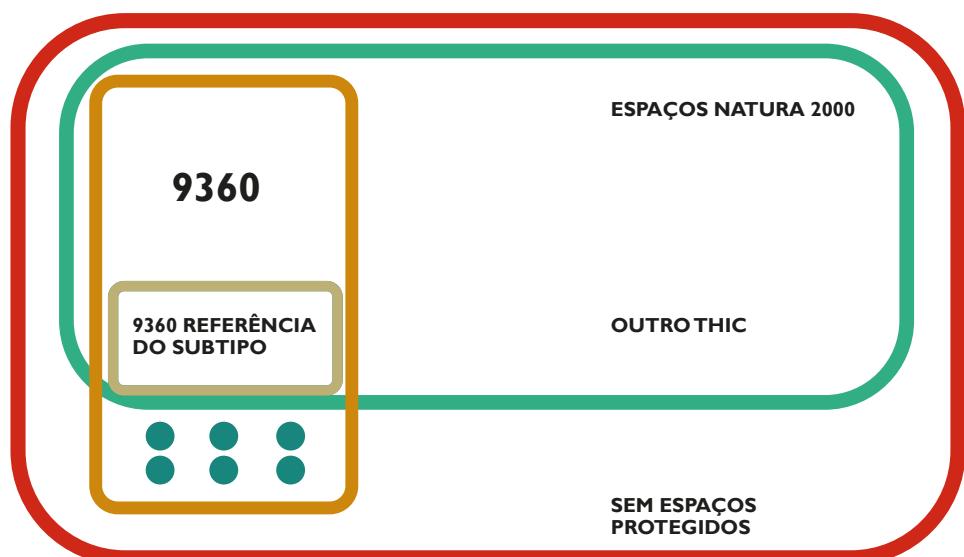


Figura 7: Estratégia de amostragem para a avaliação do estado do habitat do 9360, utilizando diferentes parcelas permanentes dentro ou fora da Rede Natura 2000 que representam o 9360 para avaliar o seu estado e compará-lo com as parcelas de referência das diferentes ilhas e arquipélagos.

Infelizmente, a densidade, a localização, a dimensão, a forma, os procedimentos de amostragem e o período de monitorização das parcelas permanentes não coincidem em todos os arquipélagos. Por exemplo, nos Açores, concentram-se mais nas plantações florestais de espécies exóticas, sem prestar tanta atenção aos povoamentos naturais de laurissilva. Nas Ilhas Canárias, as parcelas estão localizadas em cada interceção de quadrículas UTM de 500 x 500 m, e as parcelas são círculos com $r = 25$ m, o que significa uma área = 0,19625 ha, que se situa entre a área de uma parcela de 40 x

40 m (0,16 ha) e a de uma parcela de 50 x 50 m (0,25 ha). A figura 8 mostra que, para a ilha de La Gomera, as 27 parcelas permanentes de 9360 do IFN 3 estão todas (exceto duas) dentro do Parque Nacional de Garajonay. A abordagem implicaria que apenas algumas destas parcelas (4-6) seriam utilizadas como referência para o excelente estado do habitat dos diferentes subtipos (ver Tabela 8), enquanto as restantes parcelas permanentes em La Gomera permitiriam a avaliação temporária do estado 9360.

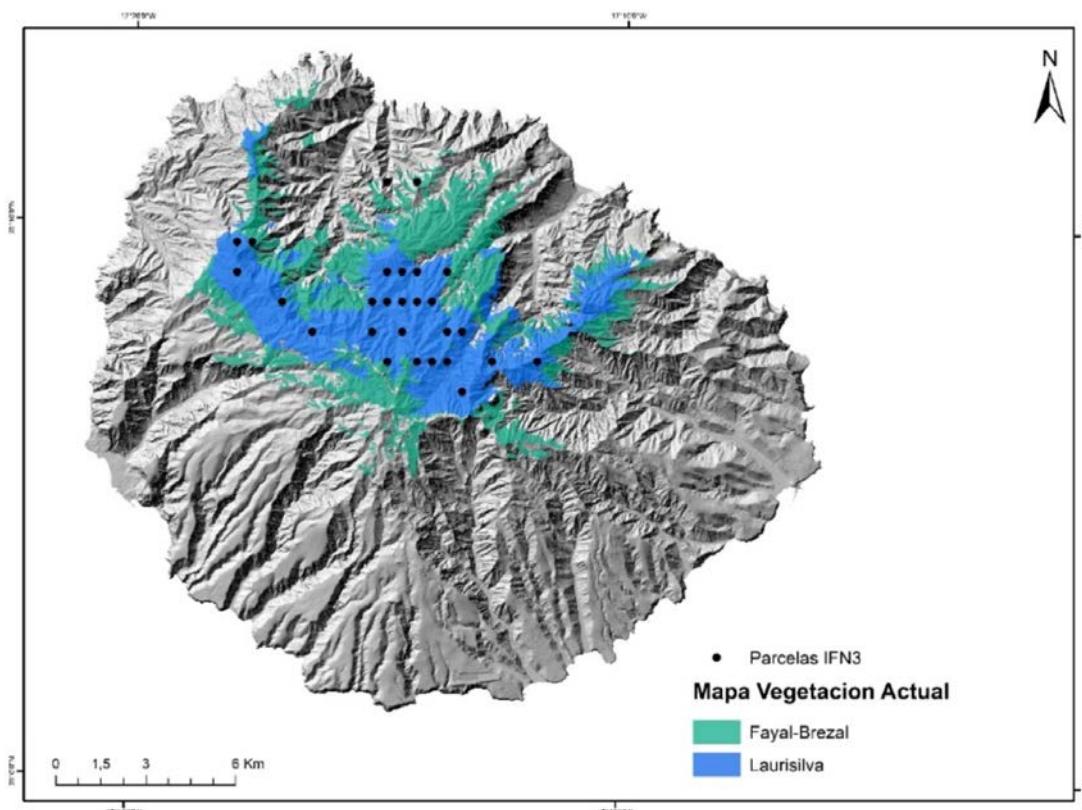


Figura 8: Distribuição das 27 parcelas permanentes do 9360 do IFN 3 em La Gomera. Fonte: Otto et al., (2022), não publicado.

É evidente que apenas uma parte dos dados necessários para avaliar o estado do povoamento florestal (ver acima os parâmetros a recolher), especialmente a fração estrutural (área basal, densidade, DAP médio, altura da copa, classes de altura e DAP, etc.) do 9360 poderia ser obtida a partir dos diferentes Inventários Florestais Nacionais relativos a

estas parcelas permanentes. Os restantes, especialmente os relacionados com o subbosque e a composição faunística (vertebrados e invertebrados), terão de ser obtidos através de novas amostragens nas mesmas parcelas.

3.2.2.4 Seleção dos locais e das parcelas de monitorização

Critérios de seleção dos locais e das parcelas de monitorização

A seleção dos locais e das parcelas de monitorização deve ter em conta os seguintes critérios:

- Significância estatística tendo em conta a extensão/área do habitat
- Representatividade da diversidade ecológica, ou seja, representação de todos os subtipos
- Ecossistemas de referência

Significância estatística da amostra

A primeira etapa consiste em determinar o número de parcelas a avaliar, tendo em conta a superfície total do tipo de habitat na zona geográfica em que a rede de vigilância deve ser estabelecida. Para tal, seria necessário um número mínimo de parcelas para **cada um dos subtipos 9360 existentes**, de modo a garantir a significância estatística da amostra e a representatividade da área total.

Proposta metodológica para a escolha da dimensão da amostra 9360

Justificação: A avaliação do estado 9360 centra-se na questão de saber se a estrutura e função do tipo de habitat se encontra num **estado desfavorável em > 25% da sua distribuição** atual (se for este o caso, considera-se que o habitat no seu conjunto se encontra num **estado desfavorável**). Por conseguinte, é

necessário estabelecer uma **dimensão de amostra** para estimar uma **proporção** (ou seja, a proporção do tipo de habitat que se encontra num estado desfavorável e a que se encontra num estado favorável).

De acordo com Thompson (2012), a dimensão da amostra necessária para estimar uma proporção pode ser calculada utilizando esta fórmula:

$$n_0 = [(z^2) \cdot (1-p) \cdot p] / (d^2)$$

em que n_0 é a dimensão da amostra (número de parcelas a instalar); z é o valor do erro alfa/2 pretendido (normalmente 1,96, se o erro-padrão alfa pretendido = 0,05); d é a precisão requerida; e p y $1-p$ são as estimativas de ambas as proporções (condições favoráveis e desfavoráveis). Como p não pode ser conhecido a priori, substituímos este valor pelo pior valor possível: 0,5

Por exemplo, de acordo com a Tabela 10, para conhecer a dimensão adequada da amostra para estimar a proporção de estrutura e função desfavoráveis num determinado habitat, com uma precisão **de 5%**, precisaríamos de amostrar **384** parcelas. Com este número de parcelas instaladas, a **proporção estimada** seria **± 5%** do valor real, o que significa que, teoricamente, um **valor real** de 28% das parcelas de habitat em estado **desfavorável-mau** pode ser confundido com uma estimativa de 23%. Isto resultaria numa decisão de determinar que o habitat no seu conjunto não se encontra num estado **desfavorável-mau**, quando de facto se encontra.

| Precisão | Número de parcelas necessárias |
|----------|--------------------------------|
| 0.20 | 24 |
| 0.15 | 42 |
| 0.10 | 96 |
| 0.05 | 384 |
| 0.01 | 9604 |

Tabela 10: Gráficos necessários para uma dada precisão para um valor de $z = 1,96$ e um erro alfa = 0,05. Fontes: Pescador et al., 2019; Thompson, 2012.

Por outro lado, um **valor real** de 23% de parcelas de habitat em estado **desfavorável-mau** pode ser considerado como uma estimativa de 28%, o que levaria a crer que está em estado desfavorável-mau quando, na realidade, não está. Obviamente, trabalhar com menos precisão (ou seja, **10% = ± 10%**, 15 a 35% de incerteza) aumentará a probabilidade de ocorrência destes erros.

Consideramos que seria preferível trabalhar na avaliação do estado do 9360 com uma **precisão de 5% em vez de 10%** (ou seja, localizar **384 parcelas, excluindo as parcelas de referência**, em toda a Macaronésia). Isto porque o 9360 é um Tipo de Habitat de Interesse Comunitário peculiar, o que significa que, embora a sua extensão global não seja muito grande (distribuição potencial = 323 000 ha; distribuição atual = 31 414 ha) (Tabela 3), está naturalmente fragmentado em **três arquipélagos** (Açores, Madeira e Canárias) e cerca de **15 ilhas**. Cada uma tem as suas próprias características biogeográficas e espécies endémicas. Contém também **10 subtipos de habitats**, cada um com os seus próprios valores climáticos, espécies, estrutura e função característicos. **Isto implica que todas as combinações subtipo/ilha apresentarão diferenças e devem, por conseguinte, ser objeto de amostragem.**

Atualmente, existem **cerca de 35 combinações diferentes de subtipos/ilhas do 9360**, o que significa que este é o número mínimo de parcelas de referência de que necessitariam para ter todas elas representadas. Se for tomada a decisão de **replicar as parcelas de referência** (o que é desejável e melhorará as comparações), **serão necessárias pelo menos 70 parcelas (para duas réplicas) ou 105 parcelas (para três réplicas) por combinação subtipo/ilha**, números aos quais é necessário adicionar as amostragens em **parcelas não-referência**.

Um procedimento de trabalho interessante seria a amostragem anual de 1/6 do total de parcelas instaladas, a fim de obter as informações necessárias para o relatório, nos termos do artigo 17, sobre o estado do 9360.

Resumo das etapas para avaliar o estado de conservação do 9360:

- 1) **Analizar os valores NDVI para diferenciar o 9360 do 4050** segundo o protocolo preparado (ver anexo 3) e avaliar se a área de distribuição do 9360 aumenta, permanece estável ou diminui ao longo do tempo.
- 2) **Definir a dimensão da amostra para uma precisão de 5% (384 parcelas).**
- 3) **Delimitar e marcar permanentemente as parcelas de referência** em locais previamente acordados pelos peritos, pelo menos uma por ilha e subtipo (35 parcelas) e de preferência duas (70 parcelas) ou três (105 parcelas) réplicas por combinação.
- 4) **Localizar parcelas não-referência**, incluindo tanto sítios protegidos como (apenas nos Açores) sítios não protegidos da Rede Natura 2000. Uma estratégia adequada seria a **amostragem sistemática** (como o IFN, em cruzamentos de coordenadas) dentro de cada ilha e subtipo.
- 5) **Estabelecer as dimensões das parcelas** (quadrados de 50 ou 40 m) e **marcá-las para criar parcelas permanentes** (por exemplo, colocando barras de ferro nos seus cantos), uma vez que serão recenseadas indefinidamente.
- 6) **Medir variáveis de estrutura e função acordadas** em parcelas de referência e não-referência.
- 7) **Comparar as variáveis medidas** nas parcelas de não referência com as parcelas de referência, seguindo o protocolo estabelecido, para **tomar uma decisão sobre o estado de conservação de cada parcela**.
- 8) **Aplicar a condição calculada para cada parcela a diferentes escalas geográficas**, utilizando uma métrica adequada: i) um determinado subtipo numa determinada ilha; ii) uma

determinada ilha (englobando todos os subtipos presentes); iii) um determinado subtipo (englobando todas as ilhas onde está presente); iv) um determinado arquipélago (englobando todas as ilhas); v) THIC 9360 em toda a Região Biogeográfica (Macaronésia) (englobando todos os arquipélagos). **Importante:** As parcelas de referência **não serão incluídas** neste procedimento, uma vez que foram localizadas de forma subjetiva.

3.2.3 Análise de tendências

Com base nas informações disponíveis, poderá ser feita uma análise da alteração da superfície do 9360 ao longo do tempo, ou seja, se a superfície diminuiu, se manteve ou aumentou num determinado período (por exemplo, desde a adoção da diretiva (1992) ou períodos anteriores, na medida do possível). Relativamente à estrutura e função, apenas dispomos das avaliações efetuadas ao abrigo do artigo 17 (Tabela 11).

De acordo com os relatórios do artigo 17 apresentados por Portugal e Espanha, a avaliação do 9360 da estrutura e da função parece ter melhorado entre o primeiro e o terceiro períodos. A avaliação global passou de desfavorável-má em 2001-2006 para favorável em 2013-2018 (Tabela 11).

Current selection: 2001-2006, Forests, 9360 Macaronesian laurel forests (Laurus, Ocotea), All bioregions. [Show all Forests](#)

| MS | | Reg | | Range (km ²) | | | | Area | | | | Struct & func. | | Future prospr. | | Overall asses. | | Areas from gridded maps(km ²) | | | | Quality | |
|----|-----|---------|------|--------------------------|---------|---------|------|-------|----------|--------|-------|----------------|--------|----------------|--------|----------------|---------------|---|------|-------|------|---------|--|
| MS | Reg | Surface | % MS | Trend | Ref. | Surface | % MS | Trend | Ref. | Struct | func. | Future | prosp. | Overall | asses. | Range | % MS | Distrib. | % MS | Range | Area | | |
| ES | MAC | 949.75 | 50.2 | - | N/A | 235.50 | 42.7 | - | N/A | U1 | N/A | U2 | N/A | N/A | 3100 | 51.7 | G (2006) | G (2006) | | | | | |
| PT | MAC | 942.20 | 49.8 | = | >942.20 | 316.50 | 57.3 | - | >>316.50 | U1 | N/A | U2 | 3100 | 100 | 2900 | 48.3 | M (2003-2006) | M (2003-2006) | | | | | |

Current selection: 2007-2012, Forests, 9360 Macaronesian laurel forests (Laurus, Ocotea), All bioregions. [Show all Forests](#)

| MS | | Reg | | Range (km ²) | | | | Area | | | | Struct & func. | | Future prospr. | | Overall asses. | | | | Areas from gridded maps(km ²) | | | |
|----|-----|---------|------|--------------------------|---------|---------|------|-------|---------|--------|-------|----------------|--------|----------------|-----------|----------------|-------------|-------|------|---|------|--|--|
| MS | Reg | Surface | % MS | Trend | Ref. | Surface | % MS | Trend | Ref. | Struct | func. | Future | prosp. | Curr. CS | Qualifier | Prev. CS | Nat. of ch. | Range | % MS | Distrib. | % MS | | |
| ES | MAC | 118.55 | 2.7 | 0 | =118.55 | 102.94 | 20 | 0 | =102.94 | XX | N/A | FV | | U2 | c1 | 4000 | 48.2 | 3200 | 48.5 | | | | |
| PT | MAC | 4300 | 97.3 | 0 | =4300 | 413 | 80 | 0 | >413 | FV | N/A | U1 | = | U2 | c1 | 4300 | 51.8 | 3400 | 51.5 | | | | |

Current selection: 2013-2018, Forests, 9360 Macaronesian laurel forests (Laurus, Ocotea), Macaronesian. [Show all Forests](#)

| MS | | Member States reports | | | | | | | | | | | | Future prospects | | | | Overall assessment | | | | | | | | | | |
|----|------|--------------------------|---------------|-------|-----|-------------------------|-----|------------|-----------|--|---------------|-------|-----|------------------|-----------|-------------|--------|--------------------|-------------|------------|-------------|--------|----------|----------------|----------|----------------|--------------------|----------|
| MS | Reg | Range (km ²) | | | | Area (km ²) | | | | Structure and functions (km ²) | | | | Future prospects | | | | Overall assessment | | | | | | | | | | |
| | | Surface | Status (%) MS | Trend | FRB | Mn | Max | Best value | Type est. | Method | Status (%) MS | Trend | FRA | Good | Not good | Not known | Status | Trend | Range prop. | Area prop. | S & f prop. | Status | Curr. CS | Curr. CS trend | Prev. CS | Prev. CS trend | Status Nat. of ch. | CS trend |
| ES | LTB | 118 | 11.80 | = | = | N/A | N/A | 102.94 | estimate | a | 11.81 | = | = | Y1.83 - Y1.83 | N/A - N/A | 7.10 - 7.10 | FV | = | good | good | good | FV | FV | = | FV | N/A | noChange | method |
| PT | 5200 | 4300 | 97.30 | = | = | 420 | 530 | 500 | estimate | a | 4300 | = | = | 352 - 350 | 148 - 172 | 68 - 122 | FV | = | good | good | good | FV | FV | = | U1 | = | noChange | genuine |

Tabela 11: Fonte: EEA. EIONET Portal. <https://www.eionet.europa.eu/etc-be/activities/reporting/article-17>

3.3 Perspetivas futuras: análise das pressões e ameaças

3.3.1 Identificação e avaliação das atuais pressões e ameaças (ao abrigo do Artigo 17 Elaboração de relatórios)

As pressões e ameaças comunicadas para o THIC 9360 nos últimos relatórios ao abrigo do Artigo 17 por Portugal (Açores e Madeira)

(Tabela 12) e Espanha (Ilhas Canárias) foram as seguintes:

| 7. Main pressures and threats | | |
|---|----------------------------|------------|
| 7.1 Characterisation of pressures/threats | | |
| a) Pressure | b) Ranking | |
| A09-Intensive grazing or overgrazing by livestock | H-High importance/impact | |
| A01 - Conversion into agricultural land (excluding drainage and burning) | H-High importance/impact | |
| I02-Other invasive alien species (other than species of Union concern) | H-High importance/impact | |
| A03-Conversion from mixed farming and agroforestry systems to specialised (e.g. single crop) production | H-High importance/impact | |
| A05-Removal of small landscape features for agricultural land parcel consolidation (hedges, stone walls, rushes, open ditches,springs, solitary trees, etc.) | H-High importance/impact | |
| A33-Modification of hydrological flow or physical alteration of water bodies for agriculture (excluding development and operation of dams) | M-Medium importance/impact | |
| K04 - Modification of hydrological flow | M-Medium importance/impact | |
| F07-Sports, tourism and leisure activities | M-Medium importance/impact | |
| F01 - Conversion from other land uses to housing, settlement or recreational areas (excluding drainage and modification of coastline, estuary and coastal conditions) | M-Medium importance/impact | |
| E01 - Roads, paths, railroads and related infrastructure (e.g. bridges, viaducts, tunnels) | M-Medium importance/impact | |
| a) Threat | | a) Ranking |
| A09 - Intensive grazing or overgrazing by livestock | H-High importance/impact | |
| A01-Conversion into agricultural land (excluding drainage and burning) | H-High importance/impact | |
| I02-Other invasive alien species (other than species of Union concern) | H-High importance/impact | |
| A03-Conversion from mixed farming and agroforestry systems to specialised (e.g. single crop) production | H-High importance/impact | |
| A05 - Removal of small landscape features for agricultural land parcel consolidation (hedges, stone walls, rushes, open ditches, springs, solitary trees, etc.) | H-High importance/impact | |
| NO2-Droughts and decreases in precipitation due to climate change | M-Medium importance/impact | |
| K04 - Modification of hydrological flow | M-Medium importance/impact | |
| F07 - Sports, tourism and leisure activities | M-Medium importance/impact | |

Tabela 12: Principais pressões e ameaças reconhecidas sobre o 9360 em Portugal. Fonte: Relatório do Artigo 17 (2013-2018).

Em contrapartida, Espanha acaba de apresentar, no mesmo período, um relatório sobre:

Pressão: H04. Vandalismo ou fogo posto: Impacto de importância média, e

Ameaça: N01. Aumento das temperaturas devido às alterações climáticas: Impacto de importância média

Lista preliminar das principais pressões identificadas no presente plano de ação:

Por razões muito diferentes, as principais pressões exercidas pela atividade humana sobre o THIC 9360 não coincidem nos dife-

rentes arquipélagos. A situação nas Canárias e na Madeira, ambas com uma economia baseada no turismo, é muito semelhante, assim como as suas pressões, talvez com a exceção de uma maior pressão de espécies exóticas invasoras na Madeira. Nos Açores, as principais pressões decorrem do seu modelo de desenvolvimento económico, centrado no primeiro sector económico (agricultura, pecuária e silvicultura). Por outro lado, a ameaça das alterações climáticas é omnipresente em toda a região biogeográfica. A Tabela 13 e a Figura 9 resumem as principais pressões e ameaças reconhecidas que atuam sobre o 9360 nos diferentes arquipélagos.

| Pressões/Ameaças | Açores | Madeira | Canárias |
|---|--|--|---|
| Alterações climáticas (mudanças de temperatura e precipitação) | + | +++ | +++ |
| Alterações climáticas (redistribuição altitudinal/dissipação do mar de nuvens) | - | + | ++ |
| Alterações climáticas (incidência de tempestades tropicais) | + | + | + |
| Aumento dos incêndios florestais (devido às alterações climáticas ou à pressão antropogénica) | - | + | + |
| Espécies exóticas invasoras | +++ (<i>Pittosporum undulatum, Hedychium gardnerianum, Clethra arborea</i>) | ++ (<i>Ailanthus, Cytisus, Ulex, Acacia, Eucalipto, Passiflora, Pittosporum, Hortensia</i>) | + (<i>Tradescantia, Crassa, Ailanthus</i>) |
| Reconversão dos 9360 existentes fora da rede Natura 2000 em plantações ou pastagens | +/++ | - | - |
| Fragmentação e baixa conetividade | + | | |
| Pastoreio ilegal e herbivoria | +/++ | | |
| Infraestruturas rodoviárias | + | + | + |
| Canalização de cursos de água | - | - | + |
| Exploração insustentável dos lençóis freáticos | - | - | + |
| Trilhos /Bicicleta de montanha | - | - | + |
| Atividade vulcânica | + | - | + |

Tabela 13: Lista preliminar das ameaças e pressões que atuam nos diferentes arquipélagos sobre o 9360 reconhecidas pelos autores do presente plano de ação. **Nota:** O número de cruzamentos é proporcional à importância das pressões e/ou ameaças.

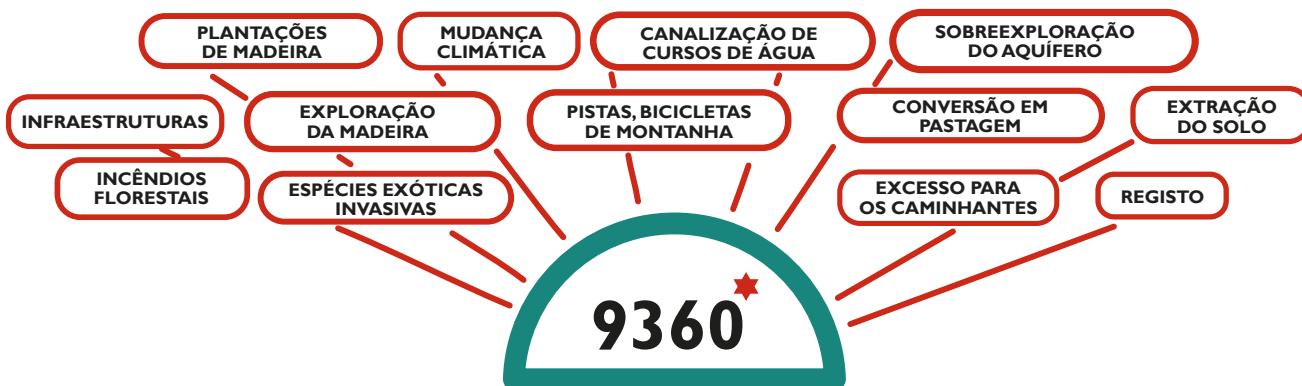


Figura 9: Principais pressões e ameaças exercidas pela atividade humana sobre a Laurissilvas macaronésias.

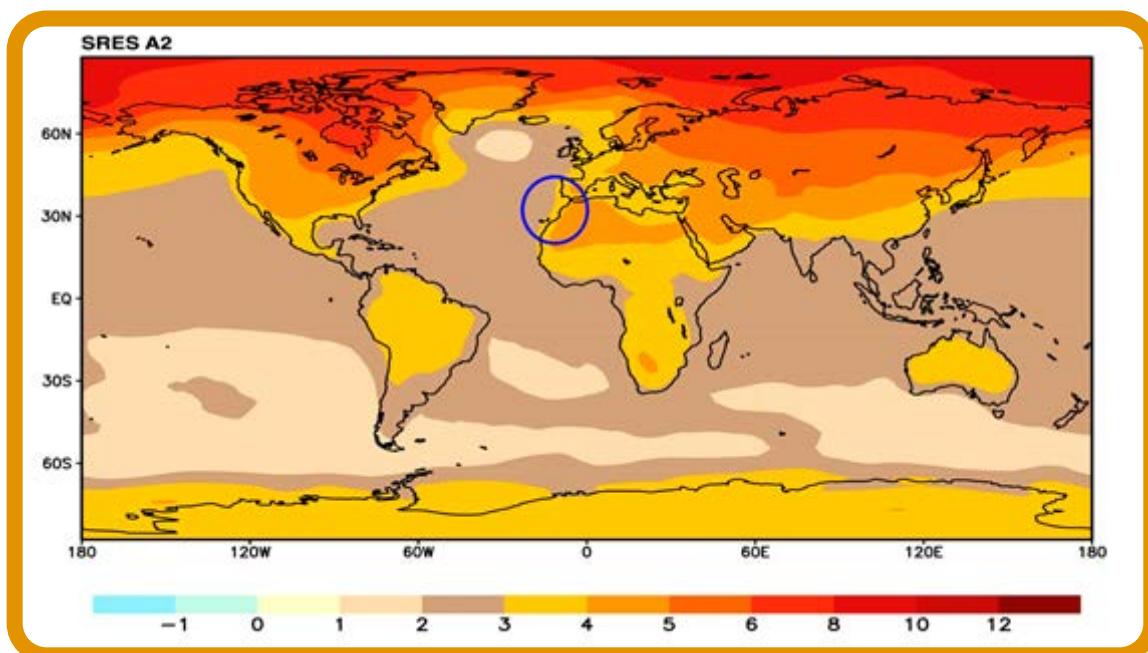
3.3.2 Principais causas das pressões e ameaças identificadas

Os fatores que afetam as pressões e ameaças exercidas sobre o tipo de habitat 9360 nos diferentes arquipélagos da Macaronésia podem ser divididos em dois grupos: i) os de origem extrínseca, que são, portanto, os mesmos para os diferentes arquipélagos; e ii) os de origem intrínseca, que dependerão do modelo de desenvolvimento económico de cada arquipélago, sendo este último necessariamente diferente.

Em primeiro lugar, o principal fator comum a todos os arquipélagos, mas para o qual esperamos resultados diferentes consoante a localização arquipelágica e a vulnerabilidade, são as alterações climáticas. As projecções das alterações climáticas prevêem um aumento

das temperaturas entre 2-4 °C até ao final deste século em toda a região da Macaronésia (Fig. 10a), mas a resposta da precipitação varia consoante os arquipélagos (Fig. 10b), prevendo-se valores semelhantes ou ligeiros aumentos (5 mm/a) de precipitação para os Açores. A Madeira e as Ilhas Canárias poderão registar uma diminuição da precipitação até 20 mm/a.

A temperatura é quantitativamente muito mais importante do que a precipitação e, entre outras consequências, é de esperar uma deslocação altitudinal do habitat, o que pode ser um problema grave em ilhas onde o habitat já ocupa os cumes (Ferreira et al., 2016, 2019; Renner et al., 2022).



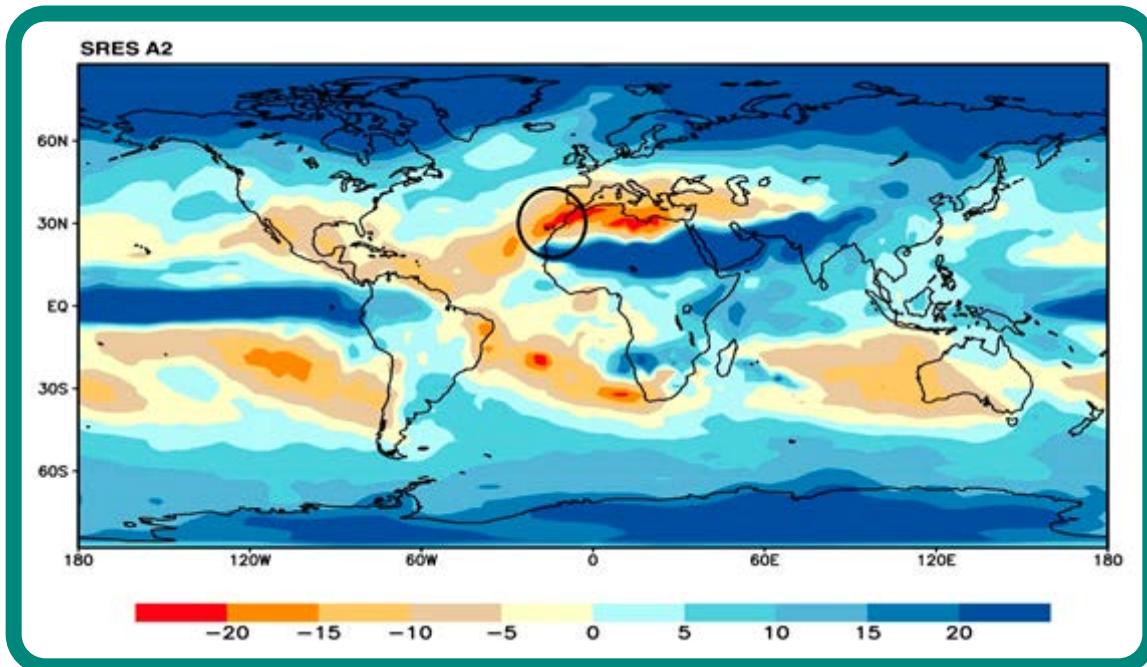


Figura 10: Mudança na a) Temperatura média anual ($^{\circ}\text{C}$) e b) Precipitação anual (mm) projectada para o cenário SRES A2 para o final deste século para o planeta e a Macaronésia (circundada). A figura mostra o período 2071-2100 em relação ao período 1961-1990. Fonte: Gitay et al., 2002.

Outra preocupação relacionada com as alterações climáticas é a forma como estas afetarão as camadas de nuvens orográficas, que são de grande importância para o 9360. As camadas de nuvens orográficas criam refúgios húmidos onde os ecossistemas florestais podem resistir à aridez anual ou sazonal do macroclima. Prevê-se também que a localização altitudinal, a frequência e a profundidade do coberto de nuvens sejam afetadas pelas alterações climáticas, embora as projeções do coberto de nuvens permaneçam incertas, com alguns a postularem uma subida altitudinal (Still et al., 1999) e outros uma descida (Sperling et al., 2004). O aumento da altitude pode representar sérios riscos para as ilhas que só têm nuvens à volta dos seus cumes, pois podem perdê-las. Por outro lado, o abaixamento da base da cobertura de nuvens significa que esta ocupará áreas em grande parte já convertidas para a agricultura ou para a colonização, impedindo a deslocação de comunidades para as quais a cobertura de nuvens serve de refúgio climático.

Da mesma forma, o aumento da incidência de furacões e tempestades tropicais nos arquipélagos da Macaronésia, tradicionalmente

fora da rota dos furacões, é uma consequência importante das alterações climáticas, uma consequência que já começou a deixar sinais na estrutura e dinâmica com eventos como Delta (2005) na Madeira e nas Ilhas Canárias, Vince (2005) na Madeira ou Lorenzo (2019) afectando os Açores. Esses ventos criam clareiras no dossel da floresta de tamanho até então desconhecido, o que pode alterar a dinâmica de recuperação natural do 9360 (Fernández-Palacios et al., 2017).

O segundo grupo de fatores é intrínseco aos arquipélagos, ou seja, dependente do seu modelo de desenvolvimento económico, que nos Açores se centra principalmente na pastorícia e na silvicultura, e na Madeira e nas Canárias no turismo de massas. Por um lado, as pressões e ameaças nos Açores devem estar relacionadas com a alteração do uso do solo (i.e. plantação e abate de árvores, conversão em pastagens, etc.). Por outro lado, na Madeira e nas Ilhas Canárias, as pressões e ameaças o 9360 devem estar mais relacionadas com a densidade humana (sobre-exploração de aquíferos) ou com os visitantes de áreas naturais (excesso de caminhantes, trilhos, bicicletas de montanha, infraestruturas

rodoviárias, ruído, incêndios antropogénicos), mas também com a agricultura (sobre-exploração de aquíferos, canalização de cursos de água).

3.3.3 Proposta de harmonização da avaliação de ameaças e pressões

É necessário estabelecer uma metodologia, tão objetiva quanto possível, para avaliar as pressões e ameaças que afetam ou afetarão a conservação do habitat. Devem ser desenvolvidos procedimentos normalizados para avaliar o impacto de cada pressão/ameaça na área, estrutura e função dos tipos de habitat. Foi recentemente desenvolvido um quadro conceitual para a avaliação das pressões e ameaças sobre as florestas no âmbito do sistema de monitorização do estado de conservação dos tipos de habitat em Espanha (Chacón-Labella et al., 2019¹).

A caracterização de cada uma das pressões e ameaças permitirá o estabelecimento de um procedimento para avaliar o parâmetro "Perspetivas futuras" para o tipo de habitat à escala da região biogeográfica. Neste sentido, é necessário formalizar procedimentos para estimar a intensidade de cada pressão e ameaça a curto ou médio prazo (Cardoso et al., 2013), e para cada um dos três parâmetros que compõem o estado de conservação do tipo de habitat:

- Intervalo de distribuição geográfica
- Superfície ocupada
- Estrutura e função

A avaliação de cada um destes parâmetros permitirá, combinando-os com uma matriz de decisão adequada, caracterizar as "Perspetivas Futuras" do habitat como favoráveis, desfavoráveis-inadequadas, desfavoráveis-maus ou desconhecidas. Assim, um tipo de habitat numa região biogeográfica terá boas perspetivas futuras se, num futuro previsível (12 anos), a área geográfica e a área ocupada pelo tipo de habitat permanecerem estáveis ou se expandirem e se a estrutura e a função permanecerem favoráveis.

Numa primeira fase, utilizando a lista de referência disponível para a notificação de pressões e ameaças para tipos de habitats ao abrigo da Diretiva Habitats, serão identificadas e descritas sucintamente, para cada um dos três parâmetros, as pressões e ameaças relevantes que podem causar uma alteração do estado de conservação a nível biogeográfico regional: "intervalo de distribuição", "superfície ocupada" e "estrutura e função".

A análise da intensidade e do impacto das pressões e ameaças na área e no estado (estrutura e função) do habitat poderá abordar as seguintes etapas principais:

- 1) Compilação de fontes de informação e bases de dados: camadas SIG, inventários disponíveis de pressões e ameaças, modelos estatísticos, escalas adequadas, frequência, extensão, etc.
- 2) Estabelecer a sobreposição das pressões e ameaças com a distribuição do habitat.
- 3) Avaliação da sensibilidade do tipo de habitat a cada pressão e definição de limiares críticos que determinam as categorias A (alta), M (média) e B (baixa), por exemplo, tendo em conta a regulamentação, a literatura, etc.

¹ https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/biodiversidad/temas/ecosistemas-y-conectividad/bosquesymatorrales-no-fluviales_8_metodospresionesyamenazas_tcm30-508583.pdf

**CUADRO 1: Exemplo prático de análise de uma pressão
Impacto das alterações climáticas na laurissilva de Tenerife**
(Martín Esquivel (2022) não publicado)

O Governo das Ilhas Canárias realizou recentemente uma análise sem precedentes para avaliar o efeito das alterações climáticas nos habitats 4060 (charneca macaronésica endémica) e 9360 em Tenerife. O objetivo do trabalho era avaliar de que forma as atuais alterações climáticas antropogénicas já afetaram o intervalo de distribuição dos 4060-9360 na ilha e, assim, obter informações sobre a forma como esta será afetada no futuro.

Metodologia: Os autores compilaram a informação meteorológica existente para as principais zonas de distribuição da ilha (Anaga, La Orotava, Teno e Güímar) (Fig. 1 na tabela) para os períodos 1970-1999 e 1993-2022 e efetuar uma comparação. Conhecendo as exigências climáticas do 9360 em Tenerife e utilizando os dados brutos para modelar a temperatura (T) e a precipitação (P) das áreas de distribuição dos dois habitats, foi possível construir um espaço climático (T vs. P) (Fig. 2 da tabela), onde foi traçada a distribuição climática durante estes períodos de tempo.

Espaços climáticos de Monteverde em Tenerife

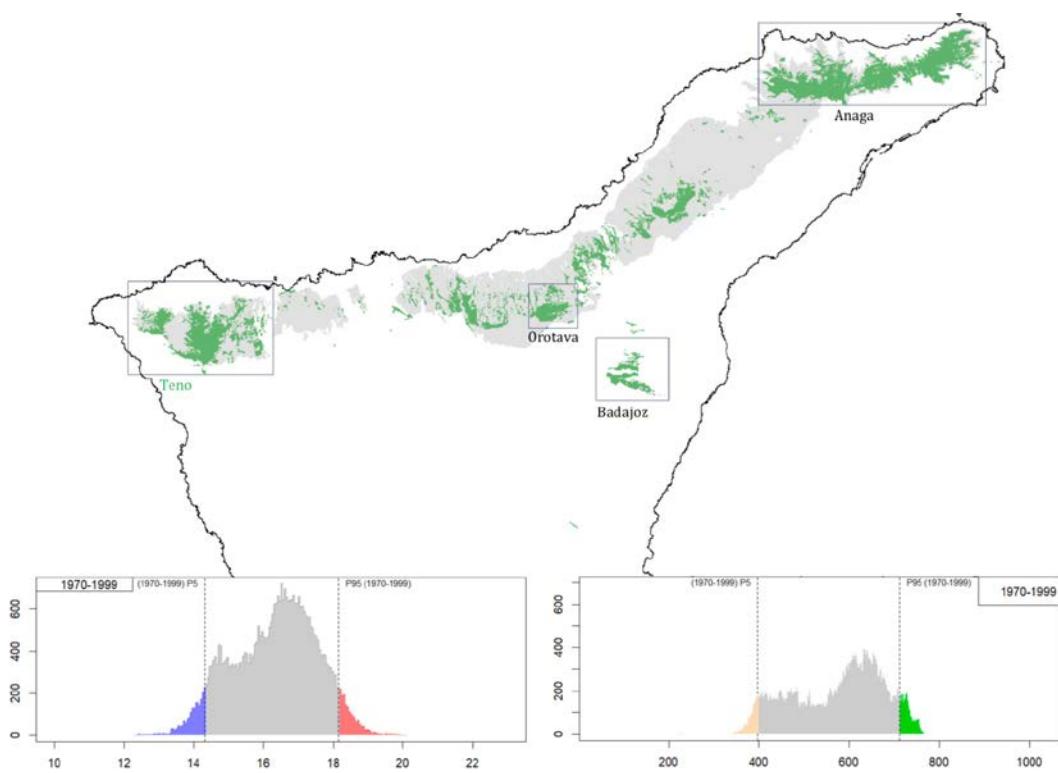


Figura 1: Acima, distribuição geográfica dos THIC 4060 e 9360 em Tenerife, em estado primitivo (cinzento) e atual (verde). Abaixo, as distribuições da temperatura média anual (esquerda) e da precipitação anual (direita) para os períodos (1970-1999, branco) e (1993-2022, cinzento). Em azul (percentil 5) e vermelho (percentil 95) sobreposição de ambas as curvas para a temperatura e em laranja (percentil 5) sobreposição da precipitação. Não há sobreposição para o percentil 95 dos valores de precipitação.

Espaços climáticos de Monteverde em Tenerife

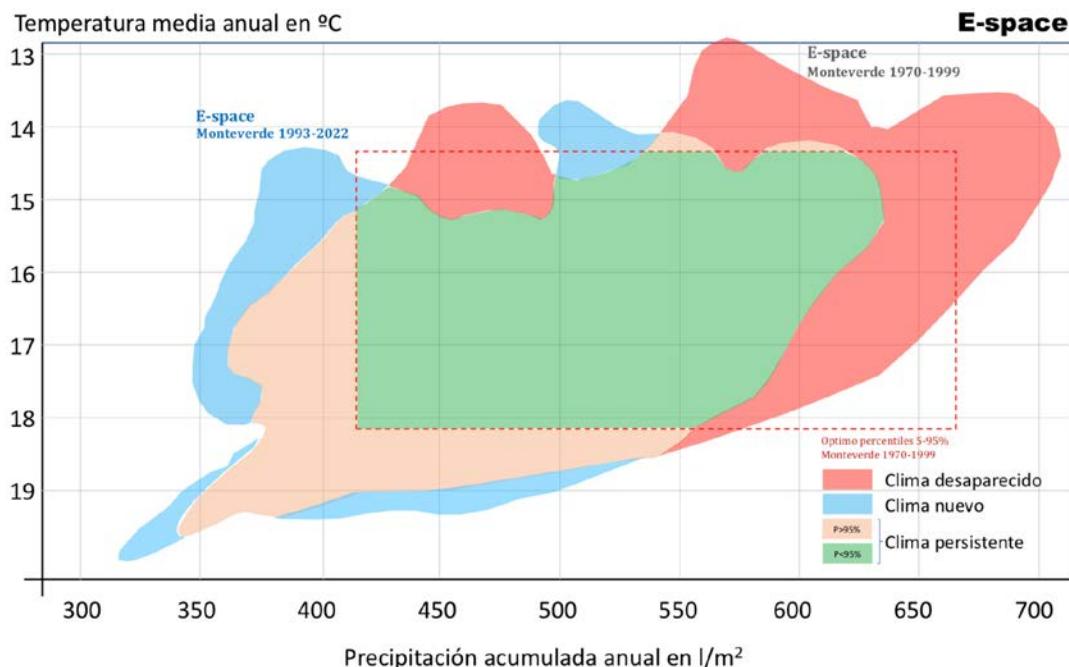


Figura 2: Extensão ocupada por 4060 e 9360 no espaço climático Temperatura-Precipitação. A vermelho, o espaço climático de 1970-1999 já desapareceu, e a azul, o novo espaço climático que surgiu entre 1993-2020. As áreas a verde ($P < 95\%$) e a laranja ($P > 95\%$) indicam a persistência do espaço climático.

Espaços climáticos de Monteverde em Tenerife

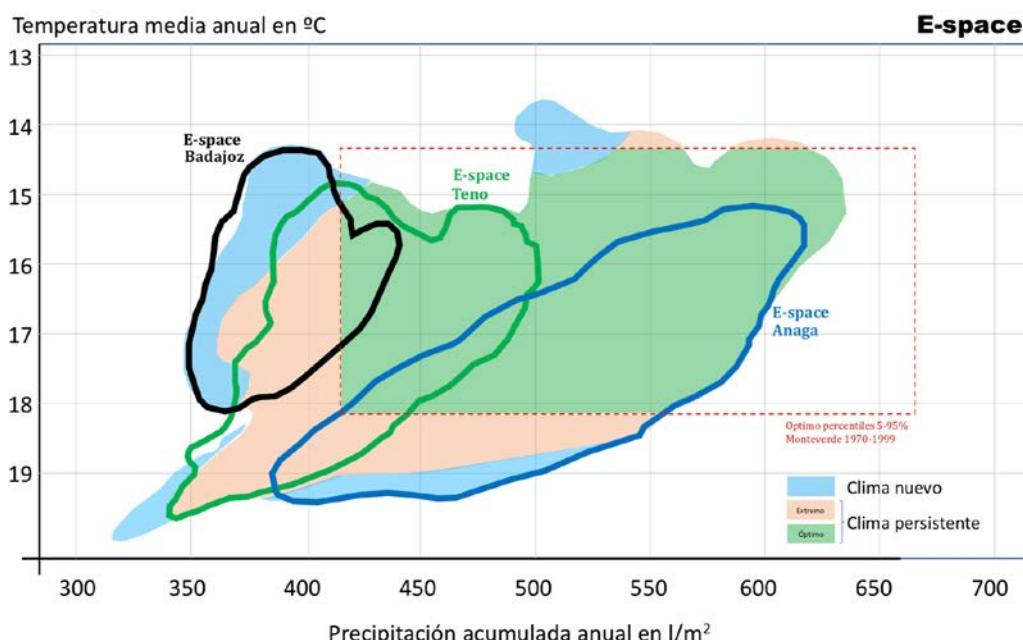


Figura 3: Distribuição dos habitats 4060 e 9360 em determinadas zonas de Tenerife (Anaga, Teno e Badajoz (Güímar)), no espaço climático.

Resultados: O clima dominante do período 1970-1992 na distribuição geográfica dos THIC 4060 e 9360 de Tenerife mudou nos últimos 50 anos para condições mais quentes e secas, de modo que uma fração significativa do seu espaço climático desapareceu (a vermelho na Fig. 2 da tabela). Por outro lado, surgiu um novo espaço climático (azul claro na Fig. 2 da tabela), embora a sua área climática seja mais pequena do que a da área em falta.

A mudança para um clima mais quente e seco nas áreas onde estes habitats estão agora distribuídos pode resultar numa redistribuição altitudinal de ambos os habitats em direção ao cume da ilha, para seguir as suas exigências climáticas originais. No entanto, esta redistribuição altitudinal pode ser dificultada pela incapacidade do ecossistema de acompanhar as alterações climáticas devido a

problemas de dispersão ou à falta de terrenos mais elevados para colonizar. É o caso dos maciços de Anaga e Teno, cujos cumes já estão ocupados por este tipo de vegetação (Fig. 3 da tabela). Por outro lado, as cotas mais baixas de 4060 e 9360 podem ser substituídas pela redistribuição altitudinal de outros ecossistemas, como as florestas termófilicas (como pode ocorrer em Badajoz, Valle de Güímar).

Em suma, há certezas quanto à mudança climática nas áreas de distribuição do 9360 para condições mais quentes e secas durante o último meio século, mas incertezas quanto à capacidade do 9360 de seguir o seu envelope climático, onde isso ainda é possível devido à existência de áreas de maior altitude para colonizar (como em La Orotava).



Insulivitrina lamarckii, espécie endémica de Tenerife. Foto: Nélida Rodríguez

3.4 Conclusões sobre a avaliação do estado de conservação e das tendências, lacunas e necessidades futuras

O diagnóstico do habitat deve basear-se numa avaliação rigorosa do estado de conservação, incluindo a área, a estrutura e a função, bem como as perspetivas futuras baseadas numa análise das pressões e ameaças. Isto também requer a harmonização das abordagens, a fim de obter resultados mais exatos e comparáveis em toda a região da Macaronésia.

Superfície ocupada:

- Aplicar um protocolo comum de avaliação da superfície ocupada pela laurissilva em cada ilha, por exemplo, utilizando uma metodologia baseada no NDVI, tal como proposto no presente plano de ação (ver Anexo 3).
- Melhorar o conhecimento da área de distribuição potencial, especialmente nos Açores, a fim de estimar a Área de Referência de Habitat Favorável necessária para abordar possíveis esforços de recuperação.

Estrutura e função (estado do habitat)

- Desenvolver e aplicar um procedimento normalizado para a avaliação e monitorização

do estado do habitat do 9360 (estrutura e função) na região da Macaronésia. Para tal, será necessário chegar a acordo sobre a utilização de um conjunto comum de variáveis e o desenvolvimento de limiares, métodos de agregação, protocolos de monitorização e amostragem para aplicação a todo o nível biogeográfico.

- Explorar a utilização da informação do inventário florestal para a avaliação e monitorização do estado do habitat.
- Explorar a possível utilização de outras fontes de informação e tecnologias para medir o estado do habitat (tendo em conta as variáveis necessárias), por exemplo, deteção remota, LIDAR aéreo, LIDAR terrestre, etc.

Perspetivas futuras: análise das pressões

- Desenvolver procedimentos normalizados para quantificar a intensidade (alta, média, baixa) das pressões e ameaças à superfície e à estrutura e função do habitat.



Fringilla coelebs moreletii, Ilha Terceira (Açores). Foto: Eduardo Dias

4. OBJETIVOS E MEDIDAS DE CONSERVAÇÃO

4.1 Objetivos de restauro e conservação

4.1.1 Recuperação da zona favorável de referência até 2050

O presente plano de ação prevê a recuperação da FRA, ou seja, o aumento da área para **25% da área potencial do habitat 9360 até 2050**, e, na medida do possível, a aplicação deste objetivo a cada subtipo de habitat. Até agora, apenas a Madeira e La Gomera (e não para todos os subtipos 9360) atingem este objetivo globalmente (25%), enquanto outras ilhas, como Tenerife, La Palma ou El Hierro, atingem o limiar para alguns subtipos, mas não globalmente (ver Tabela 3). Nas ilhas onde o THIC 9360 não está bem conservado (Gran Canaria e muitas ilhas dos Açores), a concretização deste objetivo exigirá grandes esforços de recuperação dos povoamentos originais de laurissilva.

Justificação

Este objetivo baseia-se na determinação da Área Favorável de Referência explicada na secção anterior. Tendo em conta a notável endemidade da Macaronésia e o facto de este tipo de habitat ser endémico desta região biogeográfica, o objetivo de restaurar o habitat para 25% da sua área potencial parece adequado. Isto implicaria (dependendo dos grupos taxonómicos) que pelo menos uma fração de cerca de 50-70% da biota original do 9360 sobreviveria. Isto é especialmente importante tendo em conta que a grande maioria das espécies endémicas que vivem em ilhas oceânicas são endémicas mono-ilhas (SIE) (Fernández-Palacios et al., 2021), e que a grande maioria delas são também endémicas de habitat único (SHE), o que significa que a sua perda na sua ilha e habitat habitados levará à extinção da espécie. Isto pode ser particularmente difícil em algumas regiões, como os Açores ou a Gran Canaria, que atualmente albergam menos de 3% da distribuição potencial da floresta laurissilva.

Medidas necessárias para atingir este objetivo

- Determinar a área de distribuição potencial da laurissilva em todas as ilhas da Macaronésia para **definir e quantificar a Zona de Referência Favorável**.
- Identificar potenciais áreas de recuperação em todas as ilhas, se necessário, e **preparar planos de recuperação para levar a cabo as ações de recuperação necessárias**. Estes planos de recuperação devem considerar a viabilidade e os meios necessários para levar a cabo as ações de recuperação.
- A aplicação das medidas de recuperação deve ser cuidadosamente planeada. Por exemplo, algumas áreas potenciais de restauro podem estar em terrenos privados e a **implementação de ações de recuperação** exigirá a compra de terrenos ou o estabelecimento de acordos de gestão com os proprietários. Os acordos com as autoridades locais também podem ser utilizados para levar a cabo algumas ações de recuperação em terrenos públicos. Os custos e os recursos financeiros para a realização das ações previstas devem ser estimados com o máximo de pormenor possível e incluir as autorizações e acordos necessários.

4.1.2 manter pelo menos 90% da área do habitat em bom estado

Justificação

De acordo com as diretrizes para a avaliação do estado de conservação, pelo menos 90% da área do habitat deve estar em bom estado para se considerar que a estrutura e a função do habitat se encontram num estado favorável. Para tal, é necessário melhorar as condições em algumas zonas onde o habitat pode estar atualmente presente, mas degradado ou em mau estado.

Medidas necessárias para atingir este objetivo

- Identificar as zonas degradadas com potencial de recuperação e avaliar as principais pressões e ameaças que causam a sua degradação, a fim de desenvolver planos de recuperação com base nessa informação, tendo em conta os recursos necessários para a sua execução.
- Desenvolver ações de recuperação através da eliminação e redução das pressões relevantes e aplicar as medidas de recuperação ou restabelecimento necessárias para melhorar o estado das zonas visadas.

4.1.3 melhorar a proteção e a gestão dentro e fora da rede Natura 2000

Justificação

Atualmente, a percentagem da área de habitat incluída na rede Natura 2000 é de 78,72% em Portugal e de 93% em Espanha. Embora nas Canárias e na Madeira a grande maioria da distribuição atual do habitat 9360 esteja incluída na rede Natura 2000 existente nos arquipélagos (ver tabela 5), sendo os fragmentos não incluídos excepcionais, o mesmo não acontece no arquipélago dos Açores, onde uma parte significativa do 9360 (56,51%) está fora da rede Natura 2000. Independentemente do seu estado de conservação, o presente Plano de Ação considera que a proteção destes fragmentos remanescentes fora da rede Natura 2000 da UE (independentemente do arquipélago em que se encontrem) é urgentemente necessária, uma vez que o seu estado atual sem proteção oficial europeia pode ser extremamente arriscado para a sobrevivência a longo prazo destes fragmentos e das espécies que os habitam.

Considerando a singularidade e a prioridade de conservação deste tipo de habitat nas regiões da Macaronésia, propõe-se a **inclusão de 100% da área do habitat na rede Natura 2000**.

A elaboração, atualização e aplicação de planos de gestão para os sítios Natura 2000 com o

habitat 9360 serão igualmente necessárias para assegurar a gestão adequada de todos estes sítios (Guimarães & Olmeda, 2008).

Tendo em conta a fragmentação da laurissilva em toda a sua área de distribuição, é também necessário melhorar a coerência e a conetividade da rede Natura 2000 para o 9360, a fim de assegurar a conservação e a viabilidade a longo prazo do habitat (Aparício et al., 2018). Para o efeito, poderão ser desenvolvidos planos para melhorar a coerência da rede de laurissilva.

Por último, para melhorar a gestão e aplicar as medidas de conservação necessárias de forma coordenada, considera-se adequado estabelecer mecanismos de coordenação entre as administrações regionais e locais e as partes interessadas na gestão e conservação das zonas de laurissilva.

Medidas necessárias para atingir este objetivo

- Para **melhorar a proteção da laurissilva**, será necessário identificar todas as zonas existentes com laurissilva fora da rede Natura 2000 e designar os SIC correspondentes. A designação de novos sítios Natura 2000 incluirá também todas as áreas sujeitas a restauração da floresta de laurissilva.
- Para **melhorar a coerência e a conetividade da rede Natura 2000 para a laurissilva**, propõe-se a análise da coerência (representatividade, conetividade, resiliência, raridade e redundância) da rede Natura 2000 para este habitat. Este será um primeiro passo para desenvolver e implementar planos de melhoria da coerência a diferentes escalas: sítio, ilha, arquipélago e região biogeográfica.
- Uma melhor **coordenação da gestão e conservação da laurissilva** exigiria a **criação de um grupo interregional** com representantes dos três arquipélagos e o apoio das autoridades nacionais. Este grupo coordenará e acompanhará as atividades de conservação, sensibilização e monitorização.

4.1.4 assegurar a adaptação às alterações climáticas

Justificação

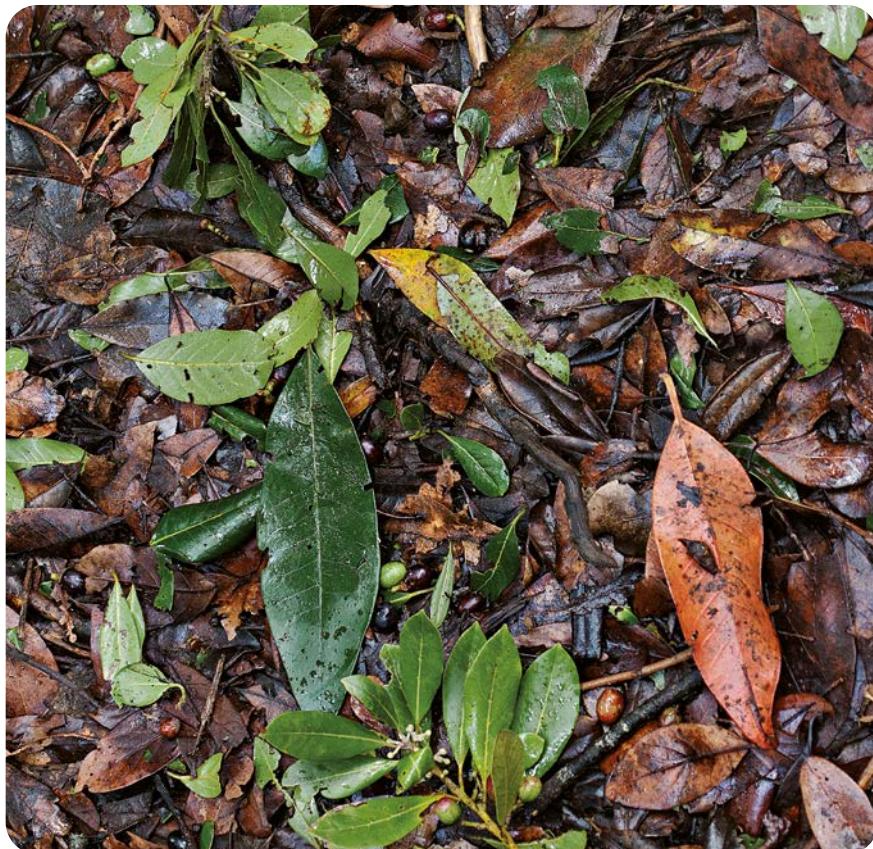
Tendo em conta os cenários futuros de alterações climáticas e o impacto que poderão ter na conservação da laurissilva na região da Macaronésia (ver Figura 14), este plano de ação visa promover a conservação e recuperação das florestas de laurissilva nas zonas favoráveis previstas nas novas condições climáticas.

Medidas necessárias para atingir este objetivo

- A fim de preparar as medidas necessárias para assegurar a adaptação da laurissilva às alterações climáticas, considera-se necessário **analisar e prever as alterações na superfície da laurissilva em cenários de alterações climáticas**, utilizando

técnicas de modelação, a fim de **identificar zonas favoráveis** à ocorrência de laurissilva nesses cenários. Um exemplo deste tipo de análise foi realizado nas ilhas de Tenerife e é apresentado no presente plano de ação (ver quadro I na secção 3.3.3).

- Com base na análise preditiva das alterações nas zonas de laurissilva resultantes das novas condições climáticas, será elaborado **um plano de adaptação para levar a cabo as ações de adaptação, conservação e recuperação necessárias nas novas zonas favoráveis** identificadas no plano. Os custos, os recursos financeiros e os meios de execução das ações previstas devem ser estimados e previstos em pormenor.



Serrapilheira de laurissilva, Anaga (Tenerife). Foto: Nélida Rodríguez

4.2 Objetivos e medidas para melhorar a comunicação e a monitorização

Um dos primeiros obstáculos enfrentados pelos gestores e profissionais no desenvolvimento de ações de conservação adequadas para alcançar o estado de conservação favorável de qualquer habitat é a falta de conhecimentos. As últimas décadas têm contribuído para a acumulação de conhecimentos notáveis sobre o THIC 9360 (Santos-Guerra, 1990; Gandullo, 1991; Costa Neves et al., 1996, 1997; Ohsawa et al. 1999; Fernández López & Moreno, 2004; Sande Silva, 2004; Meneses et al., 2006; Fernández López e Gómez González, 2016; Arozena et al., 2017; Fernández-Palacios et al., 2017) e mais de uma centena de artigos publicados em revistas científicas (ver Fernández-Palacios et al., 2017 e referências). Apesar destes progressos, existe ainda uma lacuna significativa de conhecimentos sobre este tipo de habitat no que respeita a uma série de questões, principalmente relacionadas com o estado de conservação, as pressões e as ameaças. No presente plano de ação são propostos os seguintes objetivos e medidas.

4.2.1 Melhorar a informação sobre a diversidade e as exigências ecológicas da laurissilva

Justificação

A floresta de laurissilva apresenta uma extraordinária diversidade ao longo da sua distribuição, com um número significativo de subtipos identificados nas diferentes ilhas da sua área de distribuição. É necessário melhorar o conhecimento dos diferentes tipos de floresta laurissilva, a sua distribuição e requisitos ecológicos, a fim de abordar adequadamente a sua conservação. É também necessário compreender melhor os processos ecológicos que são fundamentais para manter a floresta de laurissilva em bom estado.

Ações necessárias para melhorar o conhecimento da diversidade e das necessidades ecológicas

- **A análise da diversidade ecológica** das florestas de laurissilva em toda a sua área de distribuição implicaria a definição dos critérios de **identificação dos diferentes subtipos**, bem como a elaboração de uma **descrição completa e de mapas precisos** dos subtipos identificados.
- **O estudo e a análise das principais características, requisitos e processos ecológicos** para manter as florestas de laurissilva num estado de conservação favorável, considerando todos os subtipos identificados, é um passo necessário para identificar e responder adequadamente às necessidades de conservação deste tipo de habitat em toda a sua área de distribuição.

4.2.2 Melhorar a avaliação e o acompanhamento do estado de conservação da laurissilva, incluindo um melhor conhecimento das pressões e dos seus efeitos na laurissilva

Justificação

O diagnóstico do habitat realizado no âmbito deste plano de ação revelou que o conhecimento sobre o estado dos parâmetros-chave da laurissilva (superfície, estrutura e função e perspetivas futuras) é incompleto e impreciso. A falta de metodologias harmonizadas para avaliar o estado de conservação nos três arquipélagos que albergam florestas de laurissilva impede a comparação dos resultados na região da Macaronésia.

A recolha de conhecimentos pormenorizados sobre a pressão atual que afeta a laurissilva nas suas áreas de distribuição e as ameaças previsíveis no futuro é também essencial para poder identificar as áreas em que é necessário

tomar medidas para fazer face às ameaças à conservação do habitat.

Medidas necessárias para atingir o objetivo

- **Desenvolver e aplicar métodos e protocolos harmonizados e normalizados para avaliar o estado de conservação da laurissilva**, a fim de avaliar adequadamente todos os parâmetros: área, estrutura e função, e perspetivas futuras baseadas na análise das pressões e ameaças.
- Deve ser desenvolvido e aplicado a todas as ilhas e arquipélagos da Macaronésia um **protocolo comum de avaliação da superfície ocupada pela laurissilva**. Isto poderia ser efetuado utilizando, por exemplo, uma metodologia baseada no NDVI, tal como proposto no presente plano de ação (ver Anexo 3).
- É igualmente necessário **quantificar a Área favorável de Referência** do habitat. Para tal, é necessário um melhor conhecimento da área potencial de distribuição, nomeadamente nos Açores.
- É também necessário **desenvolver e aplicar um procedimento normalizado comum para a avaliação e monitorização do**

estado do habitat de laurissilva (estrutura e função) na região da Macaronésia. Isto exigirá um acordo sobre a utilização de um conjunto comum de variáveis e o desenvolvimento de limiares, métodos de agregação, protocolos de monitorização e amostragem para aplicação em toda a região da Macaronésia.

- Propõe-se igualmente explorar a **utilização de informações provenientes de inventários florestais** e de outras fontes de informação e tecnologias (por exemplo, teledeteção, LIDAR, etc.) para a avaliação e monitorização do estado dos habitats.
- **Estudar, analisar e cartografar as pressões e ameaças** que afetam as florestas de laurissilva em toda a sua área de distribuição, **desenvolvendo procedimentos normalizados para quantificar a intensidade e o impacto** (elevado, médio, baixo) das pressões e ameaças na área, estrutura e função do habitat (ver também a secção 3.3.4).
- Por conseguinte, é essencial criar **um grupo de trabalho conjunto para desenvolver as metodologias normalizadas** consideradas necessárias para melhorar a avaliação e o acompanhamento do estado de conservação dos habitats e a sensibilização.



Mar de nuvens sobre Encumeada em Madeira. Foto: Nélida Rodríguez

4.3 Objetivos e medidas de divulgação e sensibilização

4.3.1 Aumentar a sensibilização para a importância da conservação da laurissilva

Justificação

A divulgação de informação sobre a originalidade da floresta laurissilva e a sua importância para a conservação da biodiversidade na região macaronésica é considerada necessária para sensibilizar a população, as administrações locais e as partes interessadas para o seu valor, que podem apoiar a conservação deste habitat florestal único.

Medidas necessárias para atingir o objetivo

- É necessário **desenvolver e divulgar materiais de informação e sensibilização** sobre a importância da laurissilva para apoiar a sua conservação. Estes materiais devem ser concebidos e dirigidos à população local e aos visitantes, às administrações locais e às partes interessadas que possam contribuir para a aplicação das medidas de conservação necessárias.
- A divulgação de informações sobre o estado atual e as necessidades de conservação da Laurissilva é essencial para **promover e apoiar a execução do plano de ação** pelas administrações regionais e locais, pelas partes interessadas e pelas ONG.



Viburnum rigidum, Anaga (Tenerife). Foto: Nélida Rodríguez

5. RECURSOS E FERRAMENTAS PARA A IMPLEMENTAÇÃO

5.1 Custo das ações e fontes de financiamento

Os custos das medidas propostas no presente plano de ação não puderam ser estimados durante a preparação do plano de ação, mas terão de ser calculados antes da sua aplicação. Propõe-se uma série de estudos e análises para melhorar os conhecimentos, bem como para orientar e apoiar a aplicação das medidas necessárias, que podem ser orçamentadas tendo em conta estudos semelhantes noutras habitats e contextos. Será necessária uma quantificação precisa das necessidades em termos de medidas de restauração e conservação para estimar os custos, que podem também basear-se nos custos unitários de outras experiências e projetos semelhantes. O orçamento final dependerá também da ambição na execução das ações previstas durante a execução do plano de ação.

Em termos de possíveis fontes de financiamento, em geral, os principais fundos que podem ser utilizados para a recuperação, a gestão da conservação, a monitorização dos habitats e a sensibilização do público são os fundos da Política Agrícola Comum (PAC) e outros fundos europeus, como o LIFE e o Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional, bem como os fundos nacionais.

A PAC presta apoio financeiro às zonas rurais e os países da UE podem optar por financiar intervenções florestais através dos seus planos estratégicos da PAC. Estas intervenções visam proteger as florestas, torná-las mais resistentes às alterações climáticas e salvaguardar as suas múltiplas funções, incluindo a prestação de serviços ambientais. Estas intervenções podem apoiar tanto investimentos como ações específicas de gestão florestal, tais como as seguintes:

- a florestação ou a criação de florestas, tanto o seu estabelecimento como um investimento como a sua manutenção;
- prevenção de danos florestais causados por incêndios, catástrofes naturais ou acontecimentos catastróficos, e recuperação de florestas danificadas;
- investimentos para melhorar a resiliência climática e o valor ambiental dos ecossistemas florestais;
- contratos de gestão de terras para serviços silvo-ambientais-climáticos e conservação das florestas.

O programa LIFE apoia abordagens integradas e projetos-piloto, de demonstração e de melhores práticas que contribuem para a implementação de objetivos de biodiversidade, estratégias de atenuação das alterações climáticas e planos de ação a nível regional ou nacional. Isto inclui projetos que combinam a recuperação e a promoção de serviços ecossistémicos com a criação de instrumentos de financiamento inovadores. O programa LIFE pode também financiar a aquisição de terrenos em condições estritas, por exemplo, quando tal for necessário para a realização de ações de recuperação prioritárias.

A Comissão Europeia publicou um [Guia](#) para ajudar as entidades públicas e privadas, os proprietários e os gestores florestais a desenvolver e a aplicar sistemas de pagamento de serviços ecossistémicos florestais.

5.2 Instrumentos de aplicação e medidas de apoio

Os procedimentos possíveis para permitir e apoiar a execução do plano de ação podem incluir medidas jurídicas e administrativas, incentivos, comunicação, envolvimento das partes interessadas, etc.

Serão necessárias medidas jurídicas e administrativas para melhorar a proteção e apoiar a aplicação de planos de gestão nos sítios Natura 2000.

Os acordos com proprietários privados e autoridades públicas podem ser úteis para medidas de recuperação e conservação em algumas zonas de laurissilva.

Em algumas regiões espanholas, como a Catalunha, a administração pública e as fundações ambientais financiaram a criação de reservas florestais privadas e acordos de gestão para conservar florestas maduras e ecossistemas valiosos.



6. ACOMPANHAMENTO E REVISÃO DO PLANO DE AÇÃO

Antes do lançamento do plano de ação, deve ser concebido um plano de acompanhamento para avaliar a implementação e a eficácia das acções planeadas, incluindo indicadores relevantes e prazos de avaliação.

Para avaliar a eficácia das medidas previstas, seria útil efetuar um acompanhamento científicamente supervisionado dos resultados no habitat. Entre os indicadores possíveis para avaliar a eficácia das medidas implementadas, podem incluir-se os seguintes:

- Área de habitat em condições favoráveis.
- Aumento das áreas geridas, aumento ou manutenção do estado favorável nas áreas geridas, melhoria do estado das espécies típicas, regressão das espécies problemáticas.
- Diversidade de espécies típicas, ameaçadas ou raras.

- Estrutura da vegetação, espécies bio-indicadoras (tanto positivas como negativas e de diferentes grupos de organismos, incluindo o biota do solo), espécies guarda-chuva.

- Composição faunística. Elevada diversidade de espécies, especialmente invertebrados bem representados e em bom estado.

No que se refere à revisão do plano de ação, parece adequado revê-lo e atualizá-lo a cada 12 anos, de modo a abranger dois ciclos de apresentação de relatórios (em conformidade com o artigo 17 da Diretiva Habitats), dada a lentidão com que os habitats reagem à mudança. No entanto, a execução das ações poderá ser revista a cada seis anos, a fim de verificar as atividades realizadas e os resultados intermédios, identificar eventuais lacunas, dificuldades e condicionalismos a resolver e rever e ajustar as ações, se necessário.



Picconia azorica, Ilha de São Jorge (Açores). Foto: Eduardo Dias

7. GOVERNAÇÃO PARA A EXECUÇÃO DO PLANO DE AÇÃO

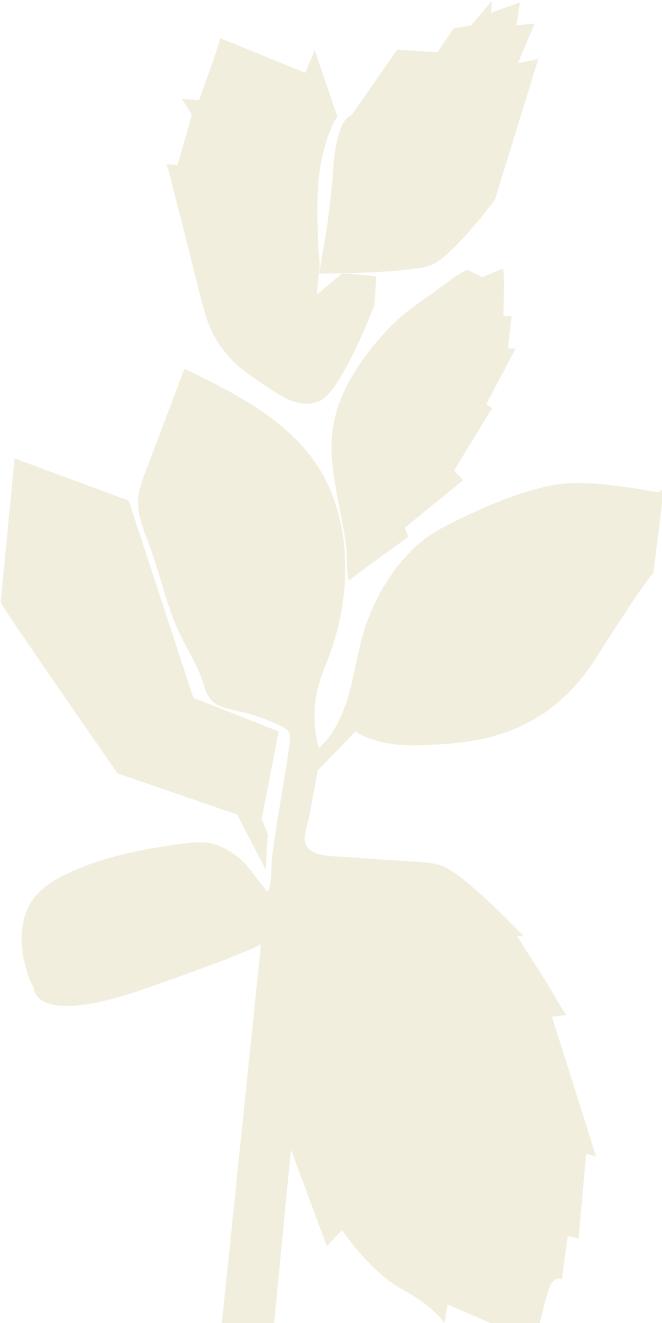
Para que o plano de ação seja operacional a nível nacional, arquipelágico e insular, é necessário acordar as responsabilidades de aplicação. Os organismos e as pessoas responsáveis pela execução e acompanhamento do plano de ação devem ser claramente identificados.

As autoridades nacionais e regionais devem identificar e designar os responsáveis pela execução das ações. O plano pode ser confiado a um organismo específico ou a um comité diretor. Poderá ser previsto um intercâmbio regular de informações sobre a execução das ações e uma reunião anual de revisão para acompanhar a execução do plano de ação.

Este sistema de governação deve ser definido e estabelecido no início do plano de ação. Poderiam ser previstas as seguintes etapas:

- Estabelecer um sistema de governação para a execução do plano de ação: identificar os organismos e as pessoas responsáveis pela execução e pelo acompanhamento do plano de ação. Os Estados-Membros devem designar os responsáveis pela execução das ações planeadas.

- Definir um processo de tomada de decisão.
- Estabelecer procedimentos e responsabilidades para o acompanhamento, a avaliação e a revisão do plano de ação (por exemplo, intercâmbio e revisão anual da execução do plano de ação).



8. QUADRO DE AÇÃO

Nas páginas seguintes é apresentado um quadro operacional que define os objetivos, as ações, o âmbito geográfico, as responsabilidades e os prazos.

| Ações-chave | Objetivos de conservação e recuperação | | | |
|---|---|--|---|------------|
| | Atividades, meios e contributos necessários | Âmbito geográfico | Responsabilidades | Calendário |
| Objetivo 1: Recuperar a Área Favorável de Referência até 2050 | | | | |
| Aumentar a área para atingir 25% da área potencial do habitat 9360 | Identificar potenciais zonas de recuperação e desenvolver um plano de restauro | Todas as ilhas da Macaronésia com potencial de recuperação | Administrações regionais, peritos científicos | 2027 |
| | Desenvolver ações de recuperação | | Administrações regionais e locais; partes interessadas e ONG | 2036 |
| Objetivo 2: manter pelo menos 90% da área do habitat em bom estado, a fim de alcançar um estado de conservação favorável | | | | |
| Recuperação de zonas em mau estado (degradadas) | Identificar potenciais zonas de recuperação e as principais pressões e ameaças que estão a causar a sua degradação, e desenvolver um plano de recuperação | Todas as ilhas da Macaronésia com potencial de recuperação | Administrações regionais Peritos científicos | 2027 |
| | Desenvolver ações de recuperação: eliminar/reduzir as pressões e tomar medidas de recuperação/restauro | | Administrações regionais e locais | 2036 |
| Objetivo 3: melhorar a proteção e a gestão dentro e fora da rede Natura 2000 | | | | |
| Incluir 100% da superfície do habitat na rede Natura 2000 (atualmente 79% em Portugal e 93% em Espanha) | Identificar as zonas existentes fora da rede Natura 2000 e designar os LIC correspondentes | Todas as ilhas da Macaronésia com zonas de floresta laurissilva fora da rede Natura 2000 | Administrações regionais | 2027 |
| | Incluir todas as zonas restauradas na rede Natura 2000 | | Administrações regionais | 2028 |
| Elaborar, atualizar e aplicar planos de gestão para os sítios Natura 2000 com laurissilva | Atualizar e adotar planos de gestão para os sítios Natura 2000 com laurissilva. | Todas as ilhas da Macaronésia | Administrações regionais | 2030 |
| | Aplicar medidas de conservação, incluindo medidas para reduzir/eliminar as principais pressões e ameaças | | Administrações regionais e locais; partes interessadas e ONG | 2036 |
| Desenvolver planos para melhorar a coerência da rede de laurissilva | Analizar a coerência (representatividade, conectividade, resiliência, raridade e redundância) da rede Natura 2000 para a laurissilva | Rede Natura 2000 na região da Macaronésia | Administrações regionais e locais, peritos científicos, partes interessadas e ONG | 2027 |
| | Desenvolver e aplicar planos para melhorar a coerência (a vários níveis: espaço, ilha, região) | | | 2028 |
| Estabelecer mecanismos de coordenação entre as administrações para a gestão da laurissilva | Criação de um grupo inter-regional com representantes dos três arquipélagos e apoio das autoridades nacionais para coordenar as atividades de conservação, conhecimento e monitorização | | | 2024 |

| Objetivo 4: conseguir a adaptação às alterações climáticas | | | | |
|--|--|---|--|------------|
| Ações-chave | Atividades, meios e contributos necessários | Âmbito geográfico | Responsabilidades | Calendário |
| Objetivo 5: melhorar a informação sobre a diversidade e as exigências ecológicas da laurissilva | | | | |
| Promover a conservação e o restabelecimento das florestas de laurissilva em áreas favoráveis, tendo em conta as novas condições climáticas | <p>Analisar e prever alterações na superfície de laurissilva em cenários de alterações climáticas, identificar áreas favoráveis e desenvolver um plano de adaptação</p> <p>Desenvolver ações de adaptação, conservação e recuperação nas novas zonas favoráveis identificadas no plano</p> | Todas as ilhas da Macaronésia | Administrações regionais Peritos científicos | 2030 |
| Estudar os diferentes tipos de laurissilva, a sua distribuição e as suas exigências ecológicas | Analisar a diversidade ecológica, determinar os critérios de identificação dos subtipos, descrever e cartografar os subtipos identificados | Todas as ilhas da Macaronésia com a laurissilva | Administrações regionais, | 2027 |
| Estudar os processos ecológicos fundamentais para a manutenção da laurissilva em bom estado | Analisar e determinar os principais requisitos e processos ecológicos para manter a floresta de laurissilva num estado de conservação favorável (incl. rácio entre 4050 e 9360, relações tróficas (polinização, dispersão, herbivoria, predação, parasitismo), solo...) | Todas as ilhas da Macaronésia com a laurissilva | Administrações regionais, peritos científicos | 2030 |
| Objetivo 6: melhorar a informação sobre as pressões e o seu impacto na laurissilva | | | | |
| Estudar as pressões e ameaças que afetam a laurissilva | Analisar, descrever e cartografar as pressões e ameaças à laurissilva em toda a sua distribuição | Todas as ilhas da Macaronésia com a laurissilva | Administrações regionais, peritos científicos | 2027 |
| Acompanhamento do estado de conservação da laurissilva | | | | |
| Objetivo 7: melhorar a avaliação e o acompanhamento do estado de conservação da laurissilva | | | | |
| Desenvolver e aplicar métodos e protocolos normalizados para avaliar o estado de conservação da laurissilva | <p>Criar um grupo de trabalho conjunto para desenvolver a metodologia normalizada</p> <p>Definir e aplicar uma metodologia normalizada para a avaliação e o acompanhamento da superfície, da estrutura e função, das pressões e ameaças e das perspetivas futuras da laurissilva</p> | Região da Macaronésia | Administrações regionais, peritos científicos | 2024 |
| | | | Administrações regionais, peritos científicos | 2026 |

| Divulgação e sensibilização | | | |
|---|---|-------------------------------|--|
| Objetivo 8: sensibilizar para a importância da conservação e do controle da laurissilva | | | |
| Divulgar a originalidade da laurissilva e a importância da sua conservação | Elaborar y difundir material de concienciación sobre la importancia de la laurisilva para la conservación Relatório sobre o estado atual e as necessidades de conservação da laurissilva, bem como sobre o plano de ação | Todas as ilhas da Macaronésia | Administrações regionais e locais; partes interessadas e ONG |
| | | | 2024 |

ABREVIATURAS

RB: região biogeográfica

EC: estado de conservação

EFC: estado favorável de conservação

VRF: valores de referência favoráveis

THIC: tipo de habitat de interesse comunitário

EM: Estados-Membros

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alberdi, I., Vallejo, R., Álvarez-González, J.G., Condés, S., González-Ferreiro, E., Guerrero, S., Hernández, L., Martínez, M., Montes, F., Oliveira, N., Pasalodos-Tato, M., Robla, E., Ruiz-González, A.D., Sánchez-González, M., Sandoval, V., San Miguel, A., Sixto, H. & Cañellas, I. (2017) The multi-objective Spanish National Forest Inventory. *Forest Systems*, 26: 04.

Alberdi, I., Nunes, L., Kovac, M., Bonheme, I., Cañellas, I., Castro Rego, F., Dias, S., Duarte, I., Notarangelo, M., Rizzo, M. & Gasparini, P. (2019) The conservation status assessment of Natura 2000 forest habitats in Europe. Capabilities, potential and challenges of the National Forest Inventories data. *Annals of Forest Science*, 76: 34.

Aparício, B.A., Cascalho, J., Cruz, M.J., Borges, P.A.V., Azevedo, E.B., Elias, R.B. & Ascensão, F. (2018). Assessing the landscape functional connectivity using movement maps: a case study with endemic Azorean insects. *Journal of Insect Conservation*, 22: 257-265.

Arozena, M.E., Panareda, J.-M. & Martín Febles, V.M. (2017) Los paisajes de la Laurisilva canaria. Ed. Kinnaman, Santa Cruz de Tenerife. 187 pp.

Brockmann-Jerosch, H., & Rubel, E. (1912) *Die Einteilung der Pflanzengesellschaften nach ökologisch physiognomischen Gesichtspunkten*. Engelmann, Leipzig. 72 pp.

Capelo, J. (ed.) (2004) A paisagem vegetal da Ilha da Madeira. *Quercetea*, 6: 3-200.

Capelo, J., Menezes de Sequeira, M., Jardim, R., Mesquita, S. & Costa, J.C. (2005) The vegetation of Madeira Island (Portugal). A brief overview and excursion guide. *Quercetea*, 7: 95-122.

Capelo, J., Menezes de Sequeira, M., Jardim, R. & Mesquita, S. (2007) Biología y Ecología das Florestas das Ilhas. Madeira En: Silva Sande, J. (ed.) *Árvores e Florestas de Portugal. Açores e Madeira. A floresta das Ilhas*. Público, Lisboa. pp: 81-134.

Capelo, J., Menezes de Sequeira, M., Jardim, R. & Mesquita, S. (2021) 15. Vegetação dos arquipélagos da Madeira e das Selvagens. En: Capelo, J. & Aguiar, C. (eds.) *A vegetação de Portugal*. Imprensa Nacional, Lisboa. pp: 143-154.

Capelo, J. (2023) *Ecological fundamentals, methodology and practice in Favourable Reference Values (FRV) assessment of Macaronesian habitat types*. Unpublished document.

Cardoso, P., Rigal, F., Fattorini, S., Terzopoulou, S. & Borges, P.A.V. (2013). Integrating Landscape Disturbance and Indicator Species in Conservation Studies. *PLoS ONE*, 8: e63294.

Chacón-Labelia, J., Pescador, D.S., Escudero, A., Lloret, F., Ávila, A., Brotons, L., Castillejo, J.M., Duane, A., Gallardo, B., Herrero, A., Hódar, J.A., Nicolau, J.M., Oliet, J.A., & Roldán, M. (2019). *Descripción de procedimientos para estimar las presiones y amenazas que afectan al estado de conservación de los tipos de hábitat de bosque y matorral*. Ministerio de Transición Ecológica, Madrid, 258 pp.

Costa Neves, H., Valente, A., Faria, B., Silva, I., Marques, J., Gouveia, N., Silva, P. & Oliveira, P. 1996. *Laurissilva da Madeira. Caracterização Quantitativa e Qualitativa*. Parque Natural da Madeira. Funchal. 192 pp.

Costa Neves, H., Valente, A., Faria, B., Silva, I., Marques, J., Gouveia, N., Silva, P. & Oliveira, P. 1997. *Laurissilva da Madeira*. In: *Atlas do Ambiente Portugal, Nota explicativa VII.8*, Direção Geral do Ambiente, Lisboa.

de Nascimento, L., Nogué, S., Naranjo-Cigala, A., Criado, C., McGlone, M., Fernández-Palacios, E. & Fernández-Palacios, J.M. (2020) Human impact and ecological changes during prehistoric settlement on the Canary Islands. *Quaternary Science Reviews*, 239: 106332.

del Arco, M.J. (ed.) (2006) *Mapa de vegetación de Canarias*. GRAFCAN, Santa Cruz de Tenerife.

del Arco, M.J., González González, R., Garzón, Machado, V. & Pizarro-Hernández, B. (2010) Actual and potential natural vegetation on the Canary Islands and its conservation status *Biodiversity and Conservation*, 19: 3089–3140.

Delgado, J.D., Arévalo, J.R. & Fernández-Palacios, J.M. (2001) La Fragmentación de los ecosistemas forestales. In: Fernández-Palacios, J.M. & Martín Esquivel, J.L. (eds.) *Naturaleza de las islas Canarias. Ecología y Conservación*. Ed. Turquesa, Santa Cruz de Tenerife. pp: 173-179.

Dias, E. (1996) Classificação da vegetação dos Açores, *Ecologia e sintaxonomia das Florestas naturais*. Universidade dos Açores. Angra do Heroísmo.

Dias, E., Mendes, C., Melo C., Pereira, D., Elias, R., Elias, S. & Pereira F. (2004). *Plano de Gestão Sectoriais das áreas Terrestres da Rede Natura 2000 dos Açores*. Departamento de Ciências Agrárias. Universidade dos Açores & Direcção Regional dos Serviços de Ambiente. 436p.

Dias, E., Pereira, D., Medeiros, V., Mendes, J. & Elias, R.B. (2007) Distribuição das principais manchas florestais. Açores. En: Sande Silva, J. (ed.) *Açores e Madeira. A Floresta das Ilhas*. Fundação Luso Americana / Público / Liga para a Proteção da Natureza, Lisboa. pp. 299-322.

Dias, E., Pereira, D., Pereira, D. & Mendes, C. (2012) *Natural forest of Azores. A Functional classification*. Unpublished scientific poster.

Dias, E., Mendes, C & Aguiar, C. (2021) Vegetação dos Açores. In: Capelo, J. & Aguiar, C. (eds.). *A vegetação de Portugal*. Imprensa Nacional, Lisboa. pp: 155-179.

Elias, R.B., Gil, A., Silva, L., Fernández-Palacios, J.M., Azevedo, E.B. & Reis, F. (2016) Natural zonal vegetation of the Azores Islands: characterization and potential distribution. *Phytocoenologia*, 46: 107–123.

European Commission (2013) Interpretation Manual or European Union habitats. D.G. Environment, Brussels, 146 pp.

European Commission (2017) *Reporting under Article 17 of the Habitats Directive. Explanatory Notes and Guidelines for the period 2013–2018*. Final version. May 2017.

Fernández-López, A.B. & Gómez González, L. (2016) Qué son los bosques antiguos de laurisilva. Su valor y situación en Canarias. In: Afonso-Carrillo, J (ed.) *La Gomera. Entre bosques y taparuchas*. Actas de la XI Semana Científica Telesforo Bravo. pp: 177-236.

Fernández López, A.B. & Moreno, J.M. (2004) *Parque Nacional de Garajonay. La selva de Canarias*. Turquesa, Ed. Santa Cruz de Tenerife, 247 pp.

Fernández-Palacios, J.M., Arévalo, J.R., Balguerías, E., Barone, R., Elias, R.B., de Nascimento, L., Delgado, J.D., Fernández Lugo, S., Méndez, J., Menezes de Sequeira, M., Naranjo, A., & Otto, R. (2017) *La Laurisilva macaronésica. Canarias, Madeira y Azores*. Editorial Macaronesia, Santa Cruz de Tenerife, 417 pp.

Fernández-Palacios, J.M., Otto, R., Borregaard, M.K., Kreft, H., Price, J.P., Steiunbauer, M.J., Weigelt, P. & Whittaker, R.J. (2021) Evolutionary winners are ecological losers among oceanic island plants. *Journal of Biogeography*, 48: 2186-2198.

Ferreira, M.T., Cardoso, P., Borges, P.A.V., Gabriel, R., Azevedo, E.B., Reis, F., Araújo, M.B. & Elias, R.B. (2016). *Effects of climate change on the distribution of indigenous species in oceanic islands (Azores)*. Climatic Change, 138: 603-615.

Ferreira, M.T., Cardoso, P., Borges, P.A.V., Gabriel, R., Azevedo, E.B. & Elias, R.B. (2019). *Implications of climate change to the design of protected areas: the case of small islands (Azores)*. PlosOne, 14: e0218168.

Gandullo, J.M. (ed.) (1991) *Estudio ecológico de la laurisilva canaria*. ICONA, Madrid, 194 pp.

Gitay, H., Suárez, A., Watson, R.T. & Dokken, D.J. (eds.) (2002) *Climate Change and Biodiversity. Intergovernmental Panel on Climate Change Technical Paper 5*: 1-77.

Guimaraes, A. & Olmeda, C. (2008) *Management of Natura 2000 habitats * Macaronesian laurel forests (Laurus, Ocotea)* 9360. Technical Report European Comission. Brussels, 30 pp.

Ibarrola, E., Marcibello, J., Gonzalo-Martín, C. & Martín-Esquível, J.L. (2019) *Temporal Dynamic analysis of a mountain ecosystem based on multi-source and multi-scale remote sensing data*. Ecosphere 10: e02708.

Inventário Florestal de la Região Autónoma dos Açores (IRAA 1 (2007-?).

Inventário Florestal de la Região Autónoma da Madeira (IFRAM 1 (2004-2008); IFRAM 2 (2008-2015).

Inventario Forestal Nacional (Canarias) (IFN) 1 (1966-1975); IFN 2 (1986-1996); IFN 3 (1997-2007); IFN 4 (2008-today).

MacArthur, R. & Wilson, E.O. (1967) *The Theory of Island Biogeography*. Princeton University Press, Princeton.

Mai, D.H. (1989) Development and regional differentiation of the European vegetation during the Tertiary. *Plant Systematics and Evolution*, 162: 79-91.

Martín Esquivel, J.L. (2022) *Climate change impact on laurel frests in Tenerife*. Unpublished report. Original in Spanish: Impacto del cambio climático sobre la laurisilva y el fayal brezal de Tenerife. Consejería de Transición Ecológica, Gobierno de Canarias, Santa Cruz de Tenerife.

Meneses, D.L., Freitas, I.C., Gouveia, L.M., Mateus, M.G., Domingues, M., Oliveira, P. & Fontinha, S. (2006) *A Floresta Laurissilva da Madeira. Patrimonio Mundial*. Região Autónoma da Madeira, Funchal, 104 pp.

Mesquita, S., Capelo, J. & Sousa, J. (2004) Bioclimatologia da Ilha da Madeira: Abordagem Numérica. *Quercetea*, 6: 47-60.

Mesquita, S., Capelo, J., Jardim, R., Menezes de Sequeira, M. (2007) Distribuição das principais manchas florestais. Madeira. En: Sande Silva, J. (ed.) *Açores e Madeira. A Floresta das Ilhas*. Fundação Luso Americana / Público / Liga para a Proteção da Natureza, Lisboa. pp. 323-335.

Montero, G., Ruiz-Peinado, R. & Muñoz, M. (2005) Producción de biomasa y fijación de CO₂ por los bosques españoles. *Monografías INIA*, serie Forestal, 13: 1-275.

Ohsawa, M., Wildpret, W. & del Arco, M. (eds.) (1999) *Anaga cloud forest. A comparative study on evergreen broad-leaved forests and trees of the Canary Islands and Japan*. Laboratory of Ecology, Chiba University, Chiba. 315 pp.

Ohsawa, M., Shumiya, T., Nitta, I., Wilpret, W. & del Arco, M.J. (2010) Comparative structure, pattern, and tree traits of laurel cloud forests in Anaga, northern Tenerife (Canary Islands) and in lauro-fagaceous forests of central Japan. *Tropical Montane Cloud Forests: Science for Conservation and Management*, eds. L.A. Bruijnzeel, F.N. Scatena, and L.S. Hamilton. Published by Cambridge University Press. # Cambridge University Press. pp: 147-155.

Otto, R., Garzón-Machado, V., del Arco, M., Fernández-Lugo, S., de Nascimento L., Oromí, P., Báez, M., Ibáñez, M., Alosa, M.R. & Fernández-Palacios, J.M. (2017) Unpaid extinction debts for endemic plants and invertebrates as a legacy of habitat loss on oceanic islands. *Diversity and Distributions*, 23: 103-1041.

Otto, R., Rocafull, E., Rodríguez Arbelo, F., Sierra, N., de Nascimento, L. & Fernández-Palacios, J.M. (2022) Memoria parcial 2022 del proyecto de investigación “Cuantificación de la potencialidad de los ecosistemas terrestres canarios para la captura de carbono”. Universidad de La Laguna, inédito.

Pescador D.S., Vayreda, J., Escudero, A., Lloret, F. (2019) *Identificación de tipos de hábitat de bosque y matorral no representado en las parcelas del IFN y descripción de procedimientos para evaluar su estado de conservación*. Ministerio de Transición Ecológica, Madrid. 31 pp.

Pescador, D.S., Vayreda, J., Escudero, A., Lloret, F. 2022. El potencial del inventario Forestal Nacional para evaluar el estado de conservación de los tipos de Hábitat Forestales de Interés Comunitario: nuevos retos para cumplir con las políticas de conservación de la biodiversidad. *Ecosistemas* 31: 2384.

Renner, S., Otto, R., Martín-Esquível, J.L., Marrero-Gómez, M.V. & Fernández-Palacios, J.M. (2022) Vegetation change on Mt. Teide, the Atlantic's highest volcano, inferred by incorporating the data underlying Humboldt's *Tableau Physique des Iles Canaries*. *Journal of Biogeography*, 50: 251-261.

Rosenzweig, M.L. (1995) *Species diversity in space and time*. Cambridge University Press, Cambridge.

Sande Silva, J. (ed.) 2007 *Árvores e Florestas de Portugal. Açores e Madeira. A floresta das Ilhas*. Público, Lisboa, 362 pp.

Santana, A. (2001) *Evolución del paisaje de Gran Canaria (siglos XV-XIX)*. Ediciones del Cabildo Insular de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria.

Santos-Guerra, A. (1990) *Bosques de Laursilva en la región Macaronésica*. Colección Naturaleza y Medio ambiente, 49. Consejo de Europa, Estrasburgo, 80 pp.

Schroeder, F.G. (1998) *Lehrbuch der Pflanzengeographie*. UTB für Wissenschaft 8143. Quelle & Meyer, Wiesbaden. 457 pp.

Sperling, F.N., Washington, R. & Whittaker, R.J. (2004) Future climate change of the subtropical North Atlantic: implications for the cloud forests of Tenerife. *Climatic Change*, 65: 103–123.

Still, C.J., Foster, P.N. & Schneider, S.C. (1999) Simulating the effects of climate change on tropical mountain cloud forests. *Nature*: 398, 608–610.

Thompson, S.K. (2012) *Sampling*. Wiley, London, 445 pp.

Triantis, K.A., Borges, P.A.V., Ladle, R.J., Hortal, J., Cardoso, P., Gaspar, C., Dinis, F., Mendoça, E., Silveira, L.M.A., Gabriel, R., Melo, C., Santos, A.C., Amorim, I.R., Ribeiro, S.P. Serrano, A.R.M., Quartau, J.A. & Whittaker, R.J. (2010) Extinction debt on oceanic islands. *Ecography*, 33: 285-294.

Walker, S., Price, R. & Rutledge, D. (2005) *New Zealand's remaining indigenous cover: recent changes and biodiversity protection needs*. Landcare Research, Wellington, 82 pp. Department of Conservation PO Box 10420, The Terrace Wellington 6143, New Zealand.

Whittaker, R.J. & Fernández-Palacios, J.M. (2007) *Island Biogeography. Ecology, evolution and conservation*. 2nd Ed. Oxford University Press, Oxford.

ANEXOS

Anexo 1. Caracterização ecológica do 9360.

Anexo 2. O 9360 dentro da Rede Natura 2000.

Anexo 3. Protocolo de seguimento espacial do HTCI 9360 utilizando NDVI e diferentes técnicas de deteção remota (Autor: J.J. García Alvarado; Colaboração: E. Sánchez Rodríguez e J.M. Fernández-Palacios).

Anexo 4. Mapas da distribuição potencial do 9360 na Macaronésia (Fonte: Fernández-Palacios *et al.*, 2017).

Anexo 5. Mapas da distribuição atual do 9360 e dos limites das áreas protegidas Natura 2000 na Macaronésia.

Anexo 6. Resposta das administrações regionais ao questionário sobre a forma como a área, a estrutura e a função do 9360 foram avaliadas para o relatório do artigo 17.

Anexo 7. Resposta das administrações regionais ao questionário sobre a forma como as pressões e ameaças do 9360 foram avaliadas para o relatório do artigo 17.

Anexo I. Caracterização ecológica do 9360

| Características relevantes | | Elementos (valor médio e intervalo entre parênteses quando conhecidos, incluindo referências). | Ilhas Canárias (subtipos 9360) Laurissilva seca (<i>Apollonias, Picconia</i>) Laurissilva húmida (<i>Laurus-Ilex</i>) Laurissilva fria (<i>Morella-Erica arborea</i>) Laurissilva de cumeeiras (<i>Erica platycodon</i>) Laurissilva higrófila (<i>Ocotea</i>) | Madeira (subtipos 9360) Laurisilva de Barbusano (<i>Apollonias-Ilex</i>) Laurisilva de Til (<i>Ocotea-Clethra</i>) | Azores (subtipos 9360) Laurisilva de zonas bajas (<i>Morella-Picconia</i>) Laurisilva submontana (<i>Laurus</i>) |
|----------------------------|---------------------|--|---|---|--|
| Características abióticas | | | | | |
| Físicas | Clima | Precipitação anual (mm) | Cerca de 800-1000 mm + gotejamento de nevoeiro (que, dependendo do local, pode ser menor ou o dobro da quantidade de precipitação vertical) (4) | 1500 – 3000 mm (17, 18, 19, 20) Laurissilva do Barbusano: 600 – 1400 mm (24, 17, 43, 20) Laurissilva do Til: estima-se que a precipitação de 1200 - 2500 mm + nevoeiro nesta floresta, registada em estações a cerca de 1000 m de altitude, aumente a entrada de água em 20% (24, 17, 43, 19, 20). | 1618 ± 356 a 2203 ± 306 mm (41) |
| | | Cintura do mar de nuvens: amplitude altitudinal (m) e incidência da sazonalidade | Cerca de 500-600 a 1200-1500 m nas encostas a barlavento (NE), sendo mais altas, mais grosseiras e menos frequentes no inverno e mais baixas, mais finas e mais frequentes no verão (4) | 800-1600m na vertente N, > 200 dias/ano (18, 19) O mar de nuvens persiste durante mais de 200 dias por ano, entre os 800 e os 1600 m, na costa norte da Ilha da Madeira. São o resultado do arrefecimento adiabático dos ventos alísios de nordeste que são intercetados e forçados a subir pela íngreme cadeia montanhosa orientada a leste-oeste das ilhas. (44, 19, 21) | |
| | | Temperatura média anual (° C) | 14-16°C (4) | 6-20°C (17-20) 6-20°C (17-20) Laurissilva do Barbusano: Entre 15°C e 20°C (24, 17, 43, 20) Laurissilva do Til: Entre 9-18°C (24; 17, 43, 20). | 16.9 ± 0.8 - 14.9 ± 0.4 °C (41) |
| | Incidência do vento | Incidência do vento | É normalmente afetada por ventos alísios ligeiros, sendo pouco frequentes as tempestades atlânticas (4) | Predominantemente NE resultante de um ramo oriental do anticiclone dos Açores (17, 20) Predominância de ventos alísios de nordeste de um ramo oriental do anticiclone dos Açores. Ocasionalmente secos, ventos quentes de SE com forte influência do Norte de África e ventos subtropicais de sudoeste, com elevada pluviosidade (17, 20) | Ventos predominantes de SW,W e NW |
| | | Incidência do vento | É normalmente afetada por ventos alísios ligeiros, sendo pouco frequentes as tempestades atlânticas (4) | Predominantemente NE resultante de um ramo oriental do anticiclone dos Açores (17, 20) Predominância de ventos alísios de nordeste de um ramo oriental do anticiclone dos Açores. Ocasionalmente secos, ventos quentes de SE com forte influência do Norte de África e ventos subtropicais de sudoeste, com elevada pluviosidade (17, 20) | Ventos predominantes de SW,W e NW |
| Distribuição | Altitude (m) | | Restrito à zona de influência do mar de nuvens (ver acima) a barlavento e apenas ocasionalmente representado (ravinas profundas, encostas montanhosas viradas a norte) a sotavento. Em ilhas de altitude média (La Gomera) ou regiões insulares (Teno, Anaga) que ocupam cumes (4) | 800-1450 m na vertente S e 300-1400 m na vertente N (17, 18, 21) Laurissilva do Barbusano: Entre 300-800 m na costa sul da ilha da Madeira e entre 50-400 (600) m na costa norte da ilha da Madeira (24, 17, 43) entre 50-400 (600) m na costa norte da ilha da Madeira (24, 17, 43) | Floresta de laurissilva de planície: 100 - 300 m; laurissilva submontana: 300 a 600 m (41) |

| | | | | |
|--------------------------------|--|---|---|--|
| Características relevantes | Elementos (valor médio e intervalo entre parênteses quando conhecidos, incluindo referências). | Ilhas Canárias (subtipos 9360) Laurissilva seca (<i>Apollonias, Picconia</i>) Laurissilva húmida (<i>Laurus-Ilex</i>) Laurissilva fria (<i>Morella-Erica arborea</i>) Laurissilva de cumeeiras (<i>Erica platycodon</i>) Laurissilva higrófila (<i>Ocotea</i>) | Madeira (subtipos 9360) Laurisilva de Barbusano (<i>Apollonias-Ilex</i>) Laurisilva de Til (<i>Ocotea-Clethra</i>) | Azores (subtipos 9360) Laurisilva de zonas bajas (<i>Morella-Picconia</i>) Laurisilva submontana (<i>Laurus</i>) |
| | | Pendente Variável, mas domina os terrenos inclinados | Maioritariamente > 30° (20) | |
| Solos | Exposição Tipos Andossolos | Barlavento (NW) | Quase exclusivamente na vertente N. Pequena parte na vertente S (18) | |
| | | | Principalmente andossolos sombrios e terrenos montanhosos. Cambissolos em menor grau, principalmente em altitudes mais baixas (22) Laurissilva do barbusano: A maior parte situa-se no norte da ilha da Madeira, exposta aos ventos alísios predominantes do norte. Pequenas porções dispersas na vertente sudoeste da ilha da Madeira (24, 44) | |
| | | | Laurissilva do til: Quase exclusivamente no lado norte da ilha da Madeira, exposto aos ventos alísios predominantes do norte. Pequena porção na vertente sul da ilha da Madeira (24, 44) | Andossolos |
| | | | Laurissilva do vinhático: Quase exclusivamente no norte da ilha da Madeira (24, 44) | |
| | | | Teor de matéria orgânica (%): [ANAGA,TF] 3,64-6,57 (15) | 311,9 g/kg (= 31 %) (14) |
| | | | Teor de carbono (%): [ANAGA,TF] 2,12-3,82 (15) | 34.2 t/ha (14) |
| Produtos químicos | C/N | [ANAGA,TF] 11,15-13,64 (15); 13.76-16.85 (8, 10) | Andossolos úmbricos 4.5-5.5; Cambissolos 5,6-7,2 (20) | 5.2 (14) |
| | Profundidade (m) | 1.5 – 3 m (15) | Andossolos > 0,5m (20) Andossolos de mais de 0,5 m de profundidade (20) | |
| | Solos | pH do solo | [ANAGA,TF] 5.4-5.9 (8, 10) | Andossolos úmbricos 4.5-5.5; Cambissolos 5.6-7.2 (20) |
| | | Salinidade do solo | | 5.2 (14) |
| | | Principais anionas do solo (µg/g) | N-NO ₃ ⁻ (9.30-12.88); (10) | |
| | | Principais catiões do solo (mEq/100 g) | [ANAGA,TF] Mg (5.71-7.78), Ca (2.76-4.81), K (1.85-2.03), Na (0.59-1.82) (8, 10) | |
| Características biogeográficas | | | | |

| Características relevantes | Elementos (valor médio e intervalo entre parênteses quando conhecidos, incluindo referências). | Ilhas Canárias (subtipos 9360) Laurissilva seca (<i>Apollonias, Picconia</i>) Laurissilva húmida (<i>Laurus-Ilex</i>) Laurissilva fria (<i>Morella-Erica arborea</i>) Laurissilva de cumeeiras (<i>Erica platycodon</i>) Laurissilva higrófila (<i>Ocotea</i>) | Madeira (subtipos 9360) Laurissilva de Barbusano (<i>Apollonias-Ilex</i>) Laurissilva de Til (<i>Ocotea-Clethra</i>) | Azores (subtipos 9360) Laurissilva de zonas bajas (<i>Morella-Picconia</i>) Laurisilva submontana (<i>Laurus</i>) |
|--|--|---|---|---|
| Flora | Riqueza de espécies de árboles del dosel del hábitat | Entorno a 20 especies arbóreas en unas pocas hectáreas (4) | Entorno a 20 especies arbóreas en unas pocas hectáreas (4, 18) Total de 20 especies de árboles (24, 44, 4) | 7 esp. (<i>Laurus azorica, Picconia azorica, Morella faya, Ilex azorica, Juniperus brevifolia, Frangula azorica</i>) (41) |
| Composição característica das espécies: principais espécies que definem o habitat 9360 | Espécies de árvores de copa mais características | <i>Ilex, Laurus, Morella, Morella, Persea, Picconia</i> | <i>Apollonias, Clethra, Ilex, Laurus, Morella, Ocotea, Persea, Picconia</i> (24) Laurissilva do barbusano: <i>Apollonias barbujana</i> subsp. <i>barbujana</i> , <i>Ilex canariensis</i> , <i>Laurus novocanriensis</i> , <i>Morella faya</i> Laurissilva do til: <i>Ocotea foetens</i> , <i>Laurus novocanriensis</i> , <i>Clethra arborea</i> , <i>Heberdenia excelsa</i> , <i>Persea indica</i> , <i>Ilex peredo</i> subsp. <i>peredo</i> , <i>Morella faya</i> , <i>Picconia excelsa</i> (24, 44, 4) | <i>Picconia azorica</i> e <i>Morella faya</i> em laurissilva de planície; <i>Laurus azorica</i> em laurissilva submontana (41) |
| | Principais espécies de espermatófitos de sub-bosque | <i>Cedronela, Isoplexis, Ixanthus, Pericallis, Phyllis, Ranunculus</i> | Vaccinium padifolium, Cedronella canariensis, Phyllis nobla, Barbusan lauriseilva: <i>Woodwardia radicans</i> , <i>Asplenium onopteris</i> , <i>Dryopteris aitoniana</i> , <i>Davallia canariensis</i> , <i>Polypodium macaronesicum</i> , <i>Selaginella kraussiana</i> , <i>Selaginella denticulata</i> , <i>Pteris incompleta</i> (24). Laurissilva do til: <i>Pteris incompleta</i> , <i>Asplenium onopteris</i> , <i>Stenogramma pozoi</i> , <i>Diplazium caudatum</i> , <i>Woodwardia radicans</i> , <i>Dryopteris aemula</i> , <i>Dryopteris maderensis</i> , <i>Dryopteris aitoniana</i> , <i>Arachnioides webianum</i> , <i>Blechnum spicant</i> , <i>Culcita macrocarpa</i> (24). | <i>Vaccinium cylindraceum</i> , <i>Myrsinaceae</i> retusa, <i>Lysimachia azorica</i> , <i>Luzula purpurea-splendens</i> (41) |
| Composição característica das espécies: principais espécies que definem o habitat 9360 | Flora | Riqueza de espécies de árvores do dossel do habitat | Cerca de 20 espécies de árvores em alguns hectares (4) Total de 20 espécies de árvores (24, 44, 4) | 7 sp. (<i>Laurus azorica, Picconia azorica, Morella faya, Ilex azorica, Juniperus brevifolia, Frangula azorica, Erica azorica</i>) (41) |

| Características relevantes | Elementos (valor médio e intervalo entre parênteses quando conhecidos, incluindo referências). | Ilhas Canárias (subtipos 9360) Laurissilva seca (<i>Apollonias, Picconia</i>) Laurissilva húmida (<i>Laurus-Ilex</i>) Laurissilva fria (<i>Morella-Erica arborea</i>) Laurissilva de cumeeiras (<i>Erica platycodon</i>) Laurissilva higrófila (<i>Ocotea</i>) | Madeira (subtipos 9360) Laurissilva de Barbusano (<i>Apollonias-Ilex</i>) Laurissilva de Til (<i>Ocotea-Clethra</i>) | Azores (subtipos 9360) Laurissilva de zonas bajas (<i>Morella-Picconia</i>) Laurisilva submontana (<i>Laurus</i>) |
|---|--|--|--|---|
| Espécies de árvores de copa mais características | Ilex, Laurus, Morella, Morella, Persea, Picconia | <i>Apollonias, Clethra, Ilex, Laurus, Morella, Ocotea, Persea, Picconia</i> (24) Laurissilva do barbusano: <i>Apollonias barbujana</i> subsp. <i>barbujana</i> , <i>Ilex canariensis</i> , <i>Laurus novocanariensis</i> , <i>Morella faya</i> Laurissilva do til: <i>Ocotea foetens</i> , <i>Laurus novocanariensis</i> , <i>Clethra arborea</i> , <i>Heberdenia excelsa</i> , <i>Persea indica</i> , <i>Ilex perado</i> subsp. <i>perado</i> , <i>Morella faya</i> , <i>Picconia excelsa</i> (24, 44, 4) | <i>Picconia azorica</i> e <i>Morella faya</i> em laurissilva de planície; <i>Laurus azorica</i> em laurissilva submontana (41) | |
| Principais espécies de espermatófitos de sub-bosque | Cedronela, Isoplexis, Ixanthus, Pericallis, Phyllis, Ranunculus | <i>Vaccinium padifolium</i> , <i>Cedronella canariensis</i> , <i>Phyllis nobla</i> , Barbusan laurissilva: <i>Wood-wardia radicans</i> , <i>Asplenium onopteris</i> , <i>Dryopteris aitoniana</i> , <i>Davallia canar-iensis</i> , <i>Polypodium maca-ronescum</i> , <i>Selaginella kraussiana</i> , <i>Selaginella denticulata</i> , <i>Pteris incom-pleta</i> (24). Laurissilva do til: <i>Pteris in-completa</i> , <i>Asplenium on-opteris</i> , <i>Stgenogramma pozoi</i> , <i>Diplazium cauda-tum</i> , <i>Woodwardia radi-cans</i> , <i>Dryopteris aemula</i> , <i>Dryopteris maderensis</i> , <i>Dryopteris aitoniana</i> , <i>Arachnioides webbianum</i> , <i>Blechnum spicant</i> , <i>Culcita macrocarpa</i> (24). | <i>Vaccinium cylindraceum</i> , <i>Myrsine retusa</i> , <i>Lysimachia azorica</i> , <i>Luzula purpurea-splendens</i> (41) | |
| Principais espécies de fetos | Asplenium, Culcita, Davallia, Diplazium, Dryopteris, Polystichon, Vandenboschia, Woodwardia, | <i>Arachnioides webbianum</i> <i>Asplenium onopteris</i> , <i>Blechnum spicant</i> , <i>Culcita macrocarpa</i> , <i>Diplazium caudatum</i> , <i>Dryopteris aitoniana</i> , <i>D. maderensis</i> , <i>Pteris incompleta</i> , <i>Woodwardia radicans</i> (24) | <i>Dryopteris azorica</i> , <i>Culcita macrocarpa</i> , <i>Blechnum spicant</i> , <i>Dryopteris aemula</i> (41) | |
| Principais espécies de briófitos | Cryptoleptodon, Exerthotheca, Homalothecium | <i>Plagiochila maderensis</i> , <i>Cryptolentodon longisetus</i> , <i>Homalothecium mandonii</i> , <i>Exerthotheca intermedia</i> | <i>Alophosia azorica</i> ; <i>Andoa berthelotiana</i> ; <i>Breutelia azorica</i> ; <i>Echinodium renauldii</i> ; <i>Hypnum curpsiforme</i> ; <i>Myurium hochstetteri</i> ; <i>Thuidium tamariscinum</i> ; <i>Metzgeria furcata</i> ; <i>Drepanolejeunea hamatifolia</i> ; <i>Lejeunea lamarecina</i> ; <i>Lepidozia cupressina</i> | |
| Principais espécies de líquenes | Cladonia, Hypogymnia, Lobularia, Nephroma, Pseudocyphellaria, Sticta, Usnea | <i>Nephroma</i> , <i>Usnea</i> , <i>Lobaria</i> , <i>Sticta</i> , <i>Pseudocyphellaria</i> , <i>Hypogymnia</i> , <i>Degelia</i> , <i>Leptogium</i> , <i>Cladonia</i> , <i>Peltigera</i> , <i>Teloschistes</i> , <i>Lethariella</i> , <i>Ramalina</i> | <i>Usnea flamea</i> , <i>Degelia atlantica</i> , <i>Sticta canariensis</i> , <i>Cladonia spp.</i> , <i>Bacidia rosella</i> | |

| | | | | |
|----------------------------|--|---|--|---|
| Características relevantes | Elementos (valor médio e intervalo entre parênteses quando conhecidos, incluindo referências). | Ilhas Canárias (subtipos 9360) Laurissilva seca (<i>Apollonias, Picconia</i>) Laurissilva húmida (<i>Laurus-Ilex</i>) Laurissilva fria (<i>Morella-Erica arborea</i>) Laurissilva de cumeeiras (<i>Erica platycodon</i>) Laurissilva higrófila (<i>Ocotea</i>) | Madeira (subtipos 9360) Laurisilva de Barbusano (<i>Apollonias-Ilex</i>) Laurisilva de Til (<i>Ocotea-Clethra</i>) | Azores (subtipos 9360) Laurisilva de zonas bajas (<i>Morella-Picconia</i>) Laurisilva submontana (<i>Laurus</i>) |
| | Principais espécies de fungos | <i>Armillaria, Ganoderma, Gymnopilus, Laurobasidium, Hypholoma, Scutelinia, Phellinus, Stereum, Trametes, Tremella, Botryobasium, Hyphoderma, Hyphodontia, Peniophora, Phlebia, Sistotrema,</i> | <i>Flammula angulatipora; Marasmus amaryllidis, Phalus maderensis, Botryobasium, Hyphoderma, Hyphodontia, Peniophora, Phlebia, Sistotrema,</i> | <i>Calycellina lauri, Citocybula wildpretii, Cocomyces ericae, Hygrophorus cavipes, Lagarobasicius calongei, Lambertella myricae, Moellerodiscus hederae, Repetopbasidium azoricum, Skeletocutis azorica, Botryobasium, Hyphoderma, Hyphodontia, Peniophora, Phlebia, Sistotrema,</i> |
| | % de endemicidade das plantas vasculares no habitat | Endemicidade alta a muito alta (principalmente da Macaronésia) (< 80%) (4) | Endemicidade alta a muito alta (principalmente da Macaronésia) (> 80%) (4) | 50-60% (41) |
| | % de endemicidade das plantas não vasculares no habitat | Baixo a muito baixo (< 10%) (4) | < 5%; existem 7 espécies de briófitos endémicos da Madeira: <i>Acrobolbus maderensis, Echinodium setigerum Fissidens nobreganus, Hedenias-trum percurrens, Nobregae laetinervis, Porella inaequalis, Thamnobryum fernandesii</i> | |
| Fauna | Riqueza de espécies de aves do habitat | 10-15 | 10-15 | 11-12 |
| | Principais espécies de aves do habitat | <i>Columba bollii, C. junionae, Fringilla canariensis, Erythacus, Turdus merula, Regulus</i> | <i>Buteo buteo buteo, Columba trocaz, Regulus ignicapillus madeirensis, Erithacus rubecula rubecula, Falco tinnunculus canariensis, Fringilla coelebs maderensis, Turdus merula cabrerae, (4, 25).</i> | <i>Regulus regulus regulus spp.; Sylvia atricapilla gularis; Motacilla cinerea patriciae; Buteo buteo rothschildi; Columba palumbus azorica; Erithacus rubecula; Fringilla coelebs moreletti; Turdus merula azorensis</i> |
| | Riqueza de espécies de morcegos do habitat | 3-5 | 3-5 (26, 27) | 1 |

| | | | | |
|-----------------------------------|--|--|--|---|
| Características relevantes | Elementos (valor médio e intervalo entre parênteses quando conhecidos, incluindo referências). | Ilhas Canárias (subtipos 9360) Laurissilva seca (<i>Apollonias, Picconia</i>) Laurissilva húmida (<i>Laurus-Ilex</i>) Laurissilva fria (<i>Morella-Erica arborea</i>) Laurissilva de cumeeiras (<i>Erica platycodon</i>) Laurissilva higrófila (<i>Ocotea</i>) | Madeira (subtipos 9360) Laurisilva de Barbusano (<i>Apollonias-Ilex</i>) Laurisilva de Til (<i>Ocotea-Clethra</i>) | Azores (subtipos 9360) Laurisilva de zonas bajas (<i>Morella-Picconia</i>) Laurisilva submontana (<i>Laurus</i>) |
| Principais espécies de morcegos | <i>Plecotus teneriffae, Pipistrellus maderensis, Tadarida teniotis</i> (4) | <i>Pipistrellus maderensis, Nyctalus leisleri verrucosus, Plecotus austriacus</i> (4, 26, 28) Laurissilva do barbusano: <i>Pipistrellus maderensis, Nyctalus leisleri verrucosus, Plecotus austriacus</i> (28, 4, 26) Laurissilva do til: <i>Pipistrellus maderensis, Nyctalus leisleri verrucosus, Plecotus austriacus</i> (28, 4, 26). | | <i>Nyctalus azoreum</i> |
| Principais espécies de artrópodes | <i>Laparocerus, Carabus, Calathus, Dysdera, Tarphius</i> | 750 - 1000 espécies endémicas referenciadas (28 e opinião de peritos). | | <i>Trigoniophthalmus borgesii; Calacalles subcarinatus; Calathus spp., Drouetius borgesii; Notothecta dryochares; Tarphius spp.; Cixius spp.; Pinalitus oromii; Argyresthia atlanticella; Pseudophloeophagus tenax borgesii</i> |
| Principais espécies de moluscos | <i>Insulivitrina, Hemicycla, Napaeus, Canariaella</i> | 54 espécies endémicas referenciadas (30, 31, 32), com especial destaque para a <i>Leiostyla</i> (22 espécies) e a <i>Plutonia</i> (4 espécies). | | <i>Craspedopoma hespericum; Lauria fasciata; Leiostyla fuscidula; Acanthinula azorica; Spermoeidea monas; Napaeus delibutus; Punctum azoricum; Plutonia atlantica</i> |
| % endemicidade fauna vertebrada | Média (<i>Columba, Fringilla, Erythacus, Plecotus, Pipistrellum</i>) (aprox. 50%) | | | 60% |
| % endemicidade fauna invertebrada | Muito elevada (insetos, aranhas, moluscos, etc.) (> 80%) | | | 50% |

| | | | | |
|---|--|---|---|--|
| Características relevantes | Elementos (valor médio e intervalo entre parênteses quando conhecidos, incluindo referências). | Ilhas Canárias (subtipos 9360) Laurissilva seca (<i>Apollonias, Picconia</i>) Laurissilva húmida (<i>Laurus-Ilex</i>) Laurissilva fria (<i>Morella-Erica arborea</i>) Laurissilva de cumeeiras (<i>Erica platycodon</i>) Laurissilva higrófila (<i>Ocotea</i>) | Madeira (subtipos 9360) Laurisilva de Barbusano (<i>Apollonias-Ilex</i>) Laurisilva de Til (<i>Ocotea-Clethra</i>) | Azores (subtipos 9360) Laurisilva de zonas bajas (<i>Morella-Picconia</i>) Laurisilva submontana (<i>Laurus</i>) |
| Características ecológicas (estrutura e função) | | | | |
| Estrutura do habitat | Amplitude e média da altura do dossel (m) | Cerca de 10-40 m e um valor médio de 20 m em sítios planos. Muito menor em terrenos inclinados (4). Os valores mais elevados de copa das árvores só são obtidos em povoamentos maduros de laurissilva, como no Parque Nacional de Garajonay. | 20-40 m (<i>Ocotea, Persea</i> e <i>Laurus</i> como espécies arbóreas mais altas) (4, 21) | 5 - 15 m (média 7.70 m) (41) |
| | Número de estratos de vegetação | 2-3 consoante a localidade e o estado de conservação | 4; estratos arbóreos, estratos arbustivos, estratos herbáceos, solo florestal | 4 estratos verticais + trepadeiras + epífitas (41) |
| Área basal (m ² /ha) | [LG] 64.0 m ² /ha (4) (floresta madura) | Dados disponíveis nas classes AB (13): < 5 m ² /ha: 3205 ha 5-10 m ² /ha: 4407 ha 10-15 m ² /ha: 1602 ha 15-20 m ² /ha: 2003 ha 20-25 m ² /ha: 401 ha 25-30 m ² /ha: 1602 ha >30 m ² /ha: 2003 ha | [TER] 14.0-47.0 m ² /ha (15) (dados tróficos relativos principalmente à laurissilva submontana) 37.1 m ² /ha (considerando todos os caules > 2.5 cm DAP) (14) | [TER] 13,74-18,81 cm (15) 7.7 cm (mín. 2.5 cm; máx. 36,9 cm) (considerando todos os caules > 2.5 cm DAP) (14) |
| | DAP médio (cm) | [LG] 31.3 cm (4) (floresta madura) [ANAGA, TF] 22.2-25.5 cm (4) | | |

| Características relevantes | Elementos (valor médio e intervalo entre parênteses quando conhecidos, incluindo referências). | Ilhas Canárias (subtipos 9360) Laurissilva seca (<i>Apollonias, Picconia</i>) Laurissilva húmida (<i>Laurus-Ilex</i>) Laurissilva fria (<i>Morella-Erica arborea</i>) Laurissilva de cumeeiras (<i>Erica platycodon</i>) Laurissilva higrófila (<i>Ocotea</i>) | Madeira (subtipos 9360) Laurisilva de Barbusano (<i>Apollonias-Ilex</i>) Laurisilva de Til (<i>Ocotea-Clethra</i>) | Azores (subtipos 9360) Laurisilva de zonas bajas (<i>Morella-Picconia</i>) Laurisilva submontana (<i>Laurus</i>) |
|---|--|--|--|--|
| Densidade dos caules (n.º de caules/ha) | [LG] 832,50 caules/ha (4) (floresta madura) [ANAGA,TF] 1100-1400 caules/ha (4) i[LP]? | Comunidade: 740 ind./ha (13) <i>Laurus</i> : 140 ind./ha; <i>Ocotea</i> : 90 ind./ha; <i>Morella</i> : 74 ind./ha; <i>Clethra</i> : 50 ind./ha; <i>Persea</i> : 18 ind./ha. (33) Superfície sensu densidade (13) < 300 ind./ha: 3605 ha 300 a 600 ind./ha: 3205 ha 600 a 900 ind./ha: 2804 ha 900 a 1200 ind./ha: 2804 ha >1200 ind./ha: 2804 ha | 3100-3770 caules/ha (14) [TER] 720-1800 caules/ha (15) 1373 caules/ha (considerando caules > 10 cm) (fonte?) | |
| Densidade de árvores (ou % de árvores) por classe de DAP | [LG] < 12.5 cm: 8%; 12.6-22.5 cm: 29%; 22.6-42.5 cm: 42%; > 42.5 cm: 22% (1) [LP] < 12.5 cm: 13%; 12.6-22.5 cm: 41%; 22.6-42.5 cm: 28%; > 42.5 cm: 3% (1) [TF] < 12.5 cm: 29%; 12.6-22.5 cm: 47%; 22.6-42.5 cm: 18%; > 42.5 cm: 1% (1) | < 15 cm: 69% 15-22.5 cm: 22% 22.5-30.0 cm: 6% 30-37.5 cm: 2% 37.5-45 cm: 1% > 45 cm: 1% (13) | [TER] < 15 cm: 48% 15-25 cm: 42% 25-35 cm: 9% 35-45 cm: 1% > 45 cm: 0.2% (15) | |
| Dominância/codominância (n.º de exemplares por espécie de árvore e/ou por área basal) | [LG] <i>Morella, Laurus, Persea, Ilex</i> (1) [LP] <i>Persea, Laurus, Morella</i> (1) [TF] <i>Laurus, Morella, outros</i> (1) | <i>Laurus, Clethra, Morella, Erica, Ocotea</i> (4) Em % de frequência (13) <i>Laurus</i> : 84%; <i>Clethra</i> : 71%; <i>Morella</i> : 61%; <i>Erica arborea</i> : 47%; <i>Ocotea</i> : 18%; <i>Persea</i> : 5%; <i>Juniperus cedrus</i> : 5%; <i>Picconia</i> : 3% | [TER] <i>Erica, Laurus, Juniperus, Ilex, Frangula, Picconia</i> (15) <i>Laurus azorica</i> (18.9 m ² /ha) | |
| Biomassa aérea (t/ha) | [LG] 300-450 t/ha (1) [LP e TF] 180-300 t/ha (1) Nota: em parcelas de floresta madura LG: 450-500 t/ha (1) | 103 t/ha (13) | 162.4 t/ha (14) | |
| Biomassa subterrânea (t/ha) | [LG] 170-240 t/ha (1) [LP,TF] 100-150 t/ha (1) Nota: em parcelas de floresta madura LG: 230-250 t/h (1) | 25 t/ha (13) | 71.4 t/ha (14) | |
| Biomassa total (t/ha) | [LG] 500-700 t/ha (1) [LP,TF] 200-450 t/ha (1) Nota: em parcelas de floresta madura LG: 700-750 t/ha (1) | 128 t/ha (13) | 233.8 t/ha (14) | |
| Madeira morta (t/ha) | LG] 3-60 t/ha (2,6) [LP] 3-30 t/ha (2,6) [TF] 5-20 t/ha (2,6) | 310 m ³ /ha de madeira morta, 3% de árvores mortas (13); 11.3 t/ha (13) | ? | |

| Características relevantes | Elementos (valor médio e intervalo entre parênteses quando conhecidos, incluindo referências). | Ilhas Canárias (subtipos 9360) | Madeira (subtipos 9360) | Azores (subtipos 9360) |
|---|---|---|---|--|
| | | Laurissilva seca (<i>Apollonias, Picconia</i>) Laurissilva húmida (<i>Laurus-Ilex</i>) Laurissilva fria (<i>Morella-Erica arborea</i>) Laurissilva de cumeeiras (<i>Erica platycodon</i>) Laurissilva higrófila (<i>Ocotea</i>) | Laurisilva de Barbusano (<i>Apollonias-Ilex</i>) Laurisilva de Til (<i>Ocotea-Clethra</i>) | Laurisilva de zonas bajas (<i>Morella-Picconia</i>) Laurisilva submontana (<i>Laurus</i>) |
| Folhagem caída (t/ha) | [ANAGA,TF] 7,2-14,7 t/ha (3) | 7.3 t/ha (13) | | 1.34 t/ha (14) |
| Necromassa total (t/ha) | [LG] 10-75 t/ha [LP] 10-40 t/ha [TF] 12-35 t/ha | 18.6 t/ha (13) | | ? |
| Biomassa total + necromassa (t/ha) | [LG] 510-775 t/ha [LP,TF] 210-500 t/ha | 136.6 t/ha (13) | | 233.8 t/ha (14) |
| Teor de C na biomassa + necromassa (t/ha) | LG] 250-380 t/ha (1) [PL e TF] 100-250 t/ha (1) Nota: em parcelas de floresta madura LG: 350-370 t/ha (1) | 68.3 t/ha (13) | | 133.6 t/ha (14) |
| Teor de C no solo Carbono (t/ha) | [LG] 223-430 t/ha (5) | 18.4 kg/m ² (= 184 t/ha) (23) | | 25.8-76.1 t/ha (14) |
| C total (t/ha) | [LG] 480-800 t/ha (1,5) | Dados em t/ha não disponíveis; apenas em 1000 t (= Gg) para toda a área de laurissilva da Madeira (15 354 ha) (13) Biomassa superficial: 783 Gg (51 t/ha) Biomassa total das árvores: 974 Gg (63,4 t/ha) Superficial nos arbustos: 128 Gg (8 t/ha) Folhagem caída: 56 Gg (3,6 t/ha) Madeira morta: 9 Ggg (0,6 t/ha) | | 160-225 t/ha (14) |
| NPP (t/ha ano) | [ANAGA,TF] 8,6 t/ha ano (7) | 600-650 g C/ m ² ano) (17) = 12-13 t/ha ano | | |
| Velocidade de decomposição (k) | | | | |
| Índice de área foliar (LAI) | [ANAGA,TF] 4.80-5.49 (8) | | | |
| Abundância de epífitas (t/ha) | Briófitos efífiticos: 5 t/ha (12) | | | |
| Abundância de briófitos | | Elevada abundância de líquenes e musgos em 92% da Madeira (13) | | Elevada abundância de briófitos, sobretudo na laurissilva submontana (Gabriel, com. pess.) |

| | | | | | |
|----------------------------|---|---|---|---|--|
| Características relevantes | | Elementos (valor médio e intervalo entre parênteses quando conhecidos, incluindo referências). | Ilhas Canárias (subtipos 9360) Laurissilva seca (<i>Apollonias, Picconia</i>) Laurissilva húmida (<i>Ilex</i>) Laurissilva fria (<i>Morella-Erica arborea</i>) Laurissilva de cumeeiras (<i>Erica platycodon</i>) Laurissilva higrófila (<i>Ocotea</i>) | Madeira (subtipos 9360) Laurisilva de Barbusano (<i>Apollonias-Ilex</i>) Laurisilva de Til (<i>Ocotea-Clethra</i>) | Azores (subtipos 9360) Laurisilva de zonas bajas (<i>Morella-Picconia</i>) Laurisilva submontana (<i>Laurus</i>) |
| Função do habitat | Maturidade do habitat | Abundância de invertebrados | Elevada percentagem de endemicidade nos seguintes táxones: Coleópteros, isópodes, diplópodes, aracnídeos, moluscos e outros (4) | | |
| | | Idade dos povoamentos maduros | > 500 anos (11) | | |
| | % de povoamentos maduros | [Canárias] 3,5% (3000 ha) (11) | | | |
| | Idade média dos povoamentos | As florestas 9360 com baixo valor de conservação ocupam 21300 ha, com médio 6500 ha, e com alto, apenas 3000 ha, dos 87000 ha potenciais nas Canárias (11) | | | |
| Estratégias de reprodução | Principais expressões sexuais presentes com exemplos | Dioecia generalizada real (<i>Ilex, Laurus, Morella</i>) ou funcional (<i>Apollonias, Persea, Ocotea</i>) (4), com desequilíbrio em relação ao sexo masculino (16) | O mesmo para as Ilhas Canárias | Dioecia (<i>Laurus, Morella, Ilex, Juniperus</i>); Androdioecia (<i>Picconia</i>); Hermafroditismo (<i>Frangula, Erica</i>) (4) | |
| | Principais mecanismos de reprodução (bancos de sementes, bancos de plântulas ou de rebentos) com exemplos | Existência de bancos de plântulas (e não de sementes) (com poucas exceções, como a <i>Erica</i>). Prevalência da reprodução assexuada por rebentação (bancos de rebentos) (<i>Lauraceae, Aquifoliaceae, Prunus, Morella</i>) (4) | Bancos de plântulas para a maioria das Lauraceae (<i>Laurus, Ocotea, Persea, Apollonias</i>) e outras espécies arbóreas dominantes (<i>Clethra, Ilex, Picconia</i>) na floresta; Rebentos (bancos de rebentos) para algumas espécies de Lauraceae (<i>Laurus, Ocotea, Persea</i>), bem como para <i>Clethra, Pittosporum, Morella</i> e <i>Salix</i> bancos de sementes de outras espécies arbóreas, arbustivas e herbáceas da floresta (4) | Banco de sementes e rebrota (<i>Laurus</i>); Banco de sementes e rebrota (<i>Morella</i>); As plântulas crescem sob o dossel (<i>Picconia, Ilex</i> e <i>Frangula</i>); Banco de sementes (<i>Juniperus</i> e <i>Erica</i>) (4) | |

| | | | | |
|---|---|--|--|---|
| Características relevantes | Elementos (valor médio e intervalo entre parênteses quando conhecidos, incluindo referências). | Ilhas Canárias (subtipos 9360) Laurissilva seca (<i>Apollonias, Picconia</i>) Laurissilva húmida (<i>Laurus-Ilex</i>) Laurissilva fria (<i>Morella-Erica arborea</i>) Laurissilva de cumeeiras (<i>Erica platycodon</i>) Laurissilva higrófila (<i>Ocotea</i>) | Madeira (subtipos 9360) Laurisilva de Barbusano (<i>Apollonias-Ilex</i>) Laurisilva de Til (<i>Ocotea-Clethra</i>) | Azores (subtipos 9360) Laurisilva de zonas bajas (<i>Morella-Picconia</i>) Laurisilva submontana (<i>Laurus</i>) |
| Plântulas por ha | [ANAGA,TF] 12300-16400 plântulas/ha (9) | | | 844 plântulas/ha (<i>Laurus, Ilex</i>); 2089 plântulas/ha (<i>Laurus</i>), 1911 plântulas/ha (<i>Ilex</i>); 533 plântulas/ha e 1377 plântulas/ha (<i>Frangula</i>) (42) |
| Taxa de sobrevivência das plântulas (%) | [ANAGA,TF] 5.68- 12.28 % (9) | | | |
| Tipos de polinização (%) | Entomogamia generalizada (<i>Halictinae</i> e <i>LasioGLOSSUM chalcodes</i> ; borboletas <i>Pieris cheiranthi</i> , <i>Gonepteryx cleobule</i> , <i>Heringia adpropinquans</i> e moscas <i>Tachina spp.</i>) (16, 37) | | | Insetos (<i>Laurus, Picconia, Ilex, Frangula</i>); Vento (<i>Morella, Juniperus</i>); Vento e insectos (<i>Erica</i>) (4) |
| Tipos de dispersão (%) | Ornitocoria generalizada (<i>Columba</i> , <i>Eriothacus</i> , <i>Turdus</i>) | Ornitocoria generalizada (<i>Columba trocaz, Fringilla coelebs madeirensis, Turdus merula cabrerae, Regulus ignicarpillus madeirensis; Eriothacus rubecula rubecula</i>). A maior parte das espécies vegetais dominantes da Laurissilva produzem frutos carnudos. O tamanho do fruto determina o agente avícola (4, 34, 35, 36). | | Ornitocoria generalizada (<i>Fringilla, Turdus</i>), exceto <i>Erica</i> (vento) (4) |
| Relações com outros THIC | Relações espaciais (ecótonos) | O THIC 9360 forma ecótonos em cumes de montanha com o THIC 4050 (4) | Relação com as charnecas macaronésicas endémicas do THIC (4050), com as vertentes rochosas silíciosas com vegetação chasmófita (8220) e com as rochas silíciosas com vegetação pioneira de <i>Sedo-Scleranthion</i> ou <i>Sedo albi-Veronicion dillenii</i> (8230) | |
| | Relações dinâmicas (sucessão) | O THIC 4050 é a formação secundária, de substituição pós-distúrbio no THIC 9360 (4) | | |

NOTA: as caixas que não estão preenchidas devem-se à falta de conhecimentos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DO ANEXO I

1. Otto, R. et al. (2021) *Memoria parcial del año 2021 del proyecto de investigación “Cuantificación de la potencialidad de los ecosistemas terrestres canarios para la captura de carbono”*. Universidad de La Laguna, inédito.
2. Otto, R. et al. (2022) *Memoria parcial delaño 2022 del proyecto de investigación “Cuantificación de la potencialidad de los ecosistemas terrestres canarios para la captura de carbono”*. Universidad de La Laguna, inédito.
3. Fernández-Palacios, J.M. & López, R.J. (1992) *Evaluación del mantillo en los ecosistemas tinerfeños más característicos*. Rev.Academia Canaria Ciencias, 4: 65-78.
4. Fernández-Palacios, J.M. et al. (2017) *La Laurisilva. Canarias, Madeira y Azores. Macaronesia* Ed. Santa Cruz de Tenerife, 425 pp.
5. Armas-Herrera, C. (2009) *Caracterización físico-química y dinámica del carbono orgánico en los suelos de algunos ecosistemas de las Islas Canarias*. PhD Thesis, ULL.
6. Alberdi, I. et al. (2020) *Deadwood stocks in south-western European forests: Ecological patterns and large-scale assessments*. Scicience of the total Environment, 747: 141237.
7. Fernández-Palacios, J.M. et al. (1992) Descripción ecológica y evaluación de la productividad primaria neta de cuatro estaciones representativas de los ecosistemas más característicos de Tenerife. *Studia Oecologica*, 9: 105-124.
8. Fernández-Palacios, J.M. & Arévalo, J.R. (1998) Regeneration strategies of tree species in the laurel forest of Tenerife (The Canary Islands). *Plant Ecology*, 137: 21-29.
9. Fernández-Lugo, S. et al. (2015) Seedling survival patterns in Macaronesian laurel forest: a long-term study in Tenerife (Canary Islands). *Forestry*, 88: 121-130.
10. Fernández-Caldas, E. et al. (1982) *Suelos de regiones volcánicas. Tenerife (Islas Canarias)*. Secretariado de Publicaciones, Universidad de La Laguna. 257 pp.
11. Fernández López, Á.B. & Gómez González, L. (2016) Qué son los bosques antiguos de laurisilva. Su valor y situación en Canarias. In:Afonso Carrillo, J. (ed.) *La Gomera: entre bosques y taparuchas*. Actas XI Semana Científica Telesforo Bravo Instituto de Estudios Hispánicos de Canarias. pp: 177-236.
12. Zippel, E. (1998) Die epiphytische Moosvegetation der Kanarischen Inseln: Soziologie, Struktur und Ökologie. *Bryophytorum Bibliotheca*, 52: 1-149.
13. 2.º *Inventário Florestal da Região autónoma da Madeira (IFRAM)*, Relatório Final (2015). Secretaria Regional do Ambiente e dos Recursos Naturais.
14. Borges Silva et al. (2022) Taxonomic, structural diversity and carbon stocks in a gradient of island forests. *Scientific Reports*, 12: 1038.
15. Unpublished Netbiome Project data.
16. Forfang, A.S. & Olesen, J.M. (1998) Male-biased sex ratio and promiscuous pollination in the dioecious island tree *Laurus azorica* (Lauraceae). *Plant Systematics and Evolution*, 212, 143-157.
17. Santos, D. & Aguiar, R. (eds.) (2006) *Clima e meteorología dos arquipélagos atlánticos*. Projeto CLIMAAT II, 2006. Direcção Regional do Ambiente da Madeira, Funchal. 110 pp.

18. Sande Silva, J. (ed.) (2007) *Árvores y Florestas de Portugal. Azores y Madeira. A Florestas das Ilhas*. Público, Lisboa, 362 pp.
19. Prada, S. et al. (2009) Fog precipitation and rainfall interception in the natural forests of Madeira Island (Portugal). *Agricultural and Forest Meteorology*, 149: 1179-1187.
20. *Plano de Regional de Ordenamento Florestal da Região Autónoma da Madeira*, 2015.
21. Figueira et al. (2013) Cloud water interception in the temperate laurel forest of Madeira. *Hydrological Sciences Journal*, 58: 152-161.
22. Pinto Ricardo et al. (1992) *Carta dos solos da Ilha da Madeira*. Instituto de Investigação Científica Tropical e Secretaria Regional de Economia (Madeira), Lisboa.
23. Pinto Ricardo et al. (2004) Quantidade e distribuição de carbono orgânico dos solos da ilha da Madeira. *Revista de Ciencias Agrarias*, 27: 24-37.
24. Capelo, J. (ed.) (2004) A paisagem vegetal pa Ilha da Madeira. *Quercetea*, 6: 3-200.
25. Oliveira, P. & Menezes, D. (2004) *Birds of the archipelago of Madeira*. Serviço de Parque Natural da Madeira, Funchal.
26. Jesus, J., Teixeira, S., Teixeira, D., Freitas, T., & Russo, D. (2009) Vertebrados terrestres autóctones dos Arquipélagos da Madeira e Selvagens. *Direcção Regional de Ambiente*. Funchal.
27. Teixeira S. & Jesus J. (2009) Echolocation calls of bats from Madeira Island: acoustic characterization and implications for surveys. *Acta Chiropterologica*, 11: 183–190.
28. Ferreira, D.F., Gibb, R., López-Baucells, A., Nunes, N.J., Jones, K.E., & Rocha, R. (2022) Species-specific responses to land-use change in island insectivorous bats. *Journal for Nature Conservation*, 67: 126177.
29. Borges et al. (2008) Os artrópodes (Arthropoda) dos arquipélagos da Madeira e das Selvagens. In: Borges et al (eds.) *Listagem dos fungos, flora e fauna terrestres dos arquipélagos da Madeira e Selvagens*. Direcção Regional do Ambiente da Madeira and Universidade dos Açores, Funchal and Angra do Heroísmo.
30. Cameron, R.A.D. & Cook, L.M. (2001) Madeiran Snails: Faunal Differentiation on a Small Island. *Journal of Molluscs Studies*, 67: 257–267.
31. Cook, L.M. (2008) Species richness in Madeiran land snails, and its causes. *Journal of Biogeography*, 35: 647 – 653.
32. Seddon M. B. (2008) The landsnails of Madeira. An illustrated compendium of the landsnails and slugs of the Madeiran archipelago. *Studies in Biodiversity and Systematics of Terrestrial Organisms from the National Museum of Wales. BIOTIR Reports* 2: 204 pp.
33. Costa Neves, H. et al. (1996) Laurissilva da Madeira. *Caracaterização quantitativa e qualitativa*. Parque Natural da Madeira, Funchal, 192 pp.
34. Marrero, P., Oliveira, P., & Nogales, M. (2004). Diet of the endemic Madeira Laurel Pigeon *Columba trocaz* in agricultural and forest areas: implications for conservation. *Bird Conservation International*, 14: 165-172.
35. Oliveira, P. (2003) *Conservation and ecology of the endemic Madeira Laurel pigeon, Columba trocaz* (Doc-

toral dissertation, Manchester Metropolitan University).

36. Oliveira, P., Marrero, P., & Nogales, M. (2002) Diet of the endemic Madeira Laurel Pigeon and fruit resource availability: a study using microhistological analyses. *The Condor*, 104: 811-822.
37. Monasterio, Y. et al. (2023) *Canarian Islands endemic pollinators of the Laurel Forest zone Conservation plan 2023–2028*. European Commission.
38. Sim-Sim, M., Ruas, S., Fontinha, S., Hedenäs, L., Sérgio, C., & Lobo, C. (2014). Bryophyte conservation on a North Atlantic hotspot: threatened bryophytes in Madeira and Selvagens Archipelagos (Portugal). *Systematics and Biodiversity*, 12: 315-330.
39. Ruas, S.A. et al. (2015) The community structure of bryophytes and macrolichens in Madeira's natural forest: The effects of environmental variables and relations to old-growth forests. *Nova Hedwigia*, 100: 439– 460.
40. Calonge, F.D. & Menezes de Sequeira, M. (2011). *Cogumelos da Madeira*. Secretaria Regional do Ambiente e Recursos Naturais. Direcção Regional do Ambiente. 258 pp.
41. Elias, R.B. et al. (2016) Natural zonal vegetation of the Azores Islands: characterization and potential distribution. *Phytocoenologia*, 46: 107–123.
42. Elias, R.B. et al. (2011) Disturbance, regeneration and the spatial pattern of tree species in Azorean mountain. *Community Ecology*, 12: 23-30.
43. Mesquita, S., Capelo, J., Jardim, R., Sequeira, M. (2007). Distribuição das principais manchas florestais – Madeira. In Volume 6. *Coleção Árvores e Florestas de Portugal*. Fundação Luso-Americana. Silva, J. S. (Ed). pp. 323-335.
44. Capelo, J., Sequeira, M., Jardim, R., Mesquita, S., (2007). Biologia e ecologia das florestas das ilhas – Madeira. In Volume 6. *Coleção Árvores e Florestas de Portugal*. Fundação Luso-Americana. Silva, J. S. (Ed). pp. 81-134.
45. Jardim, R., J., Sequeira, M., Capelo, J. (2007). Espécies florestais das ilhas – Madeira. In Volume 6. *Coleção Árvores e Florestas de Portugal*. Fundação Luso-Americana. Silva, J. S. (Ed). pp. 255-29.

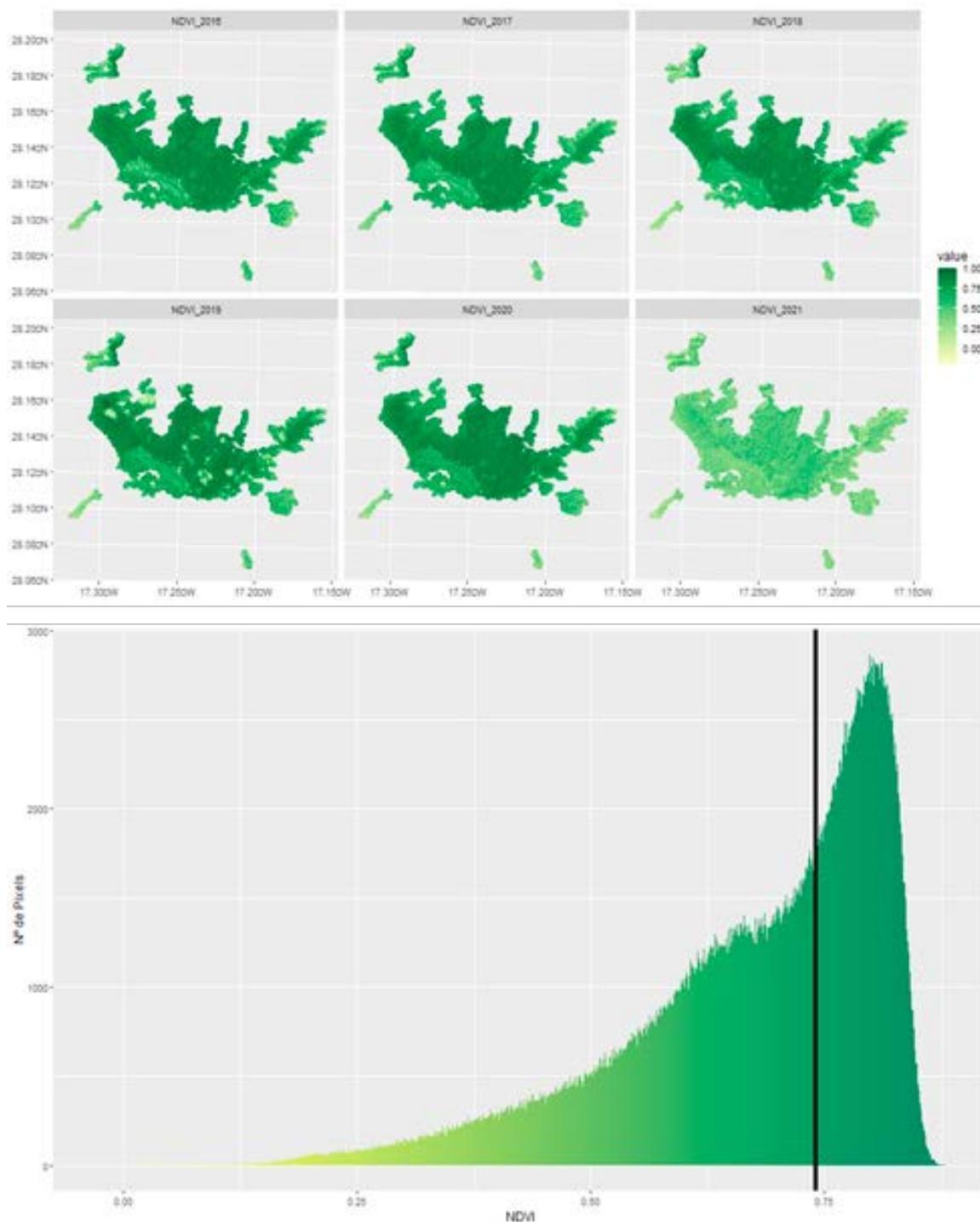
Anexo 2. O 9360 dentro da Rede Natura 2000

| Código do projeto | Nome do logar | Ilha | Área de espaço (ha) | 9360 área (ha) | % 9360 |
|-------------------|---|---------------|---------------------|----------------|--------|
| ES0000044 | Garajonay | La Gomera | 3 785.4 | 2 991.83 | 79 |
| ES7010002 | Barranco Oscuro | Gran Canaria | 33.4 | 12.38 | 37 |
| ES7010004 | Azuaje | Gran Canaria | 456.3 | 6.16 | 1 |
| ES7010005 | Los Tilos de Moya | Gran Canaria | 89 | 62.04 | 70 |
| ES7010033 | Jandía | Fuerteventura | 14 972.5 | 4.5 | 0.03 |
| ES7010038 | Barranco de La Virgen | Gran Canaria | 559.4 | 39.48 | 7 |
| ES7020001 | Mencáfete | El Hierro | 454.6 | 36.91 | 8 |
| ES7020009 | Guelguén | La Palma | 1 062.4 | 67.49 | 6 |
| ES7020010 | Las Nieves | La Palma | 5 114.6 | 1 520.94 | 30 |
| ES7020011 | Cumbre Vieja | La Palma | 7 522.1 | 2.63 | 0.03 |
| ES7020020 | Tablado | La Palma | 223.6 | 33.55 | 15 |
| ES7020024 | Juan Mayor | La Palma | 28.3 | 10.02 | 35 |
| ES7020025 | Barranco del Agua | La Palma | 74.2 | 11.38 | 15 |
| ES7020028 | Benchijigua | La Gomera | 483.2 | 6.23 | 1 |
| ES7020030 | Majona | La Gomera | 1 975.7 | 313.34 | 16 |
| ES7020033 | Roque Blanco | La Gomera | 29.8 | 8.42 | 28 |
| ES7020037 | Lomo del Carretón | La Gomera | 248.5 | 1.33 | 0.5 |
| ES7020044 | Ijuana | Tenerife | 901.8 | 1.52 | 0.1 |
| ES7020045 | Píjaral | Tenerife | 295.7 | 90.96 | 31 |
| ES7020047 | Pinoleris | Tenerife | 178.4 | 3.97 | 2 |
| ES7020052 | Chinyero | Tenerife | 2 380 | 1.57 | 0.01 |
| ES7020053 | Las Palomas | Tenerife | 582.7 | 68.45 | 12 |
| ES7020054 | Corona Forestal | Tenerife | 41 067.7 | 517.47 | 1 |
| ES7020069 | Las Lagunetas | Tenerife | 3 568.3 | 36.46 | 1 |
| ES7020072 | Montaña de la Breña | La Palma | 26.1 | 19.95 | 76 |
| ES7020073 | Los Acantilados de la Culata | Tenerife | 440.9 | 40.87 | 9 |
| ES7020074 | Los Campeches, Tigai-ga y Ruiz | Tenerife | 543.5 | 3.98 | 1 |
| ES7020075 | La Resbalada | Tenerife | 590.6 | 50.98 | 9 |
| ES7020081 | Interián | Tenerife | 100.2 | 0.13 | 0.1 |
| ES7020082 | Barranco de Ruiz | Tenerife | 95.3 | 2.5 | 3 |
| ES7020084 | Barlovento, Garafía, El Paso y Tijarafe | La Palma | 5 561.7 | 327.33 | 6 |
| ES7020085 | El Paso y Santa Cruz de La Palma | La Palma | 1 390.5 | 85.96 | 6 |
| ES7020089 | Sabinar de La Galga | La Palma | 81 | 39.72 | 49 |
| ES7020091 | Monteverde de Gallegos-Franceses | La Palma | 1 408.6 | 179.11 | 13 |
| ES7020092 | Monteverde de Lomo Grande | La Palma | 494.9 | 269.5 | 54 |
| ES7020093 | Monteverde de Barranco Seco-Barranco del Agua | La Palma | 1 939.1 | 653.6 | 34 |
| ES7020094 | Monteverde de Breña Alta | La Palma | 823.2 | 16.73 | 2 |

| Código do projecto | Nome do logar | Ilha | Área de espaço (ha) | 9360 área (ha) | % 9360 |
|--------------------|---|------------|---------------------|----------------|--------|
| ES7020095 | Anaga | Tenerife | 10 340.6 | 578.47 | 6 |
| ES7020096 | Teno | Tenerife | 6 119.7 | 448.31 | 7 |
| ES7020097 | Teselinde-Cabecera de Vallehermoso | La Gomera | 2 340.9 | 111.84 | 5 |
| ES7020099 | Frontera | El Hierro | 8 807.4 | 751.76 | 9 |
| ES7020101 | Laderas de Enchereda | La Gomera | 682.6 | 73.18 | 11 |
| ES7020109 | Barrancos del Cedro y Liria | La Gomera | 584.18 | 90.07 | 15 |
| PTFAI0004 | Caldeira e Capelinhos | Faial | 2 086.21 | 11.0 | 1 |
| PTFAI0006 | Ponta do Varadouro | Faial | 17.61 | 8 | 45 |
| PTFLO0002 | Zona Central - Morro Alto | Flores | 2 938.89 | 40.16 | 1 |
| PTJOR0014 | Costa NE e Ponta do Topo | São Jorge | 3 965.08 | 8.84 | 0.2 |
| PTMAD0001 | Laurissilva da Madeira | Madeira | 15 462 | 15462 | 100 |
| PTMIG0024 | Serra da Tronqueira / Planalto dos Graminhais | São Miguel | 2 010.63 | 265.04 | 13 |
| PTPIC0009 | Montanha do Pico, Prainha e Caveiro | Pico | 8 462.65 | 487.82 | 6 |
| PTTER0017 | Serra Santa Bárbara e Pico Alto | Terceira | 4 730.93 | 498.63 | 11 |

Anexo 3. Elaboração de um protocolo para a monitorização espacial do habitat 9360 (Laurissilvas da Macaronésia: *Laurus*, *Ocotea**) utilizando o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e diferentes técnicas de deteção remota

Elaborado por Juan José García Alvarado, com a colaboração de Esperanza Sánchez Rodríguez e José María Fernández-Palacios



ÍNDICE

| | |
|--|-------|
| I. INTRODUÇÃO E JUSTIFICAÇÃO | I |
| 1.1 BREVE INTRODUÇÃO À DETEÇÃO REMOTA AMBIENTAL..... | I |
| 1.2 OBJETIVO E HABITAT OBJETO DE ESTUDO | I |
| 1.3 FERRAMENTAS A UTILIZAR | II |
| 1.4 BASES CARTOGRÁFICAS..... | IV |
| 2. O ECOSISTEMA DE DADOS COPERNICUS. SENTINEL-2 E A GERAÇÃO DE ÍNDICES DE VEGETAÇÃO..... | V |
| 2.1 COPERNICUS E SENTINEL-2 | V |
| 2.2 ÍNDICES DE VEGETAÇÃO | VIII |
| 3. UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE DETEÇÃO REMOTA APLICADAS AO HABITAT 9360..... | X |
| • Estudo de caso 1: Primeira abordagem ao cálculo do NDVI: quantificação do estado da massa florestal e diferentes técnicas de análise das alterações espaciais: o caso do Parque Nacional de Garajonay e La Gomera..... | X |
| • Estudo de caso 2: <i>Thresholding</i> . Em busca do limiar ótimo para distinguir as manchas constituintes do habitat 9360 através do NDVI. Utilização da aplicação maxSSS na laurissilva gomera para séries temporais: o sexénio 2016-2021 e 2018-2023. | XVII |
| • Estudo de caso 3: Utilização do NDVI para a deteção de espécies invasoras na laurissilva. O caso do castanheiro (<i>castanea sativa</i> Mill.) em La Palma..... | XXVII |
| 4. OUTRAS CONSIDERAÇÕES..... | XXXII |
| 5. REFERÊNCIAS | XXXIV |

I. INTRODUÇÃO E JUSTIFICAÇÃO

I.1 Breve introdução à deteção remota ambiental

A deteção remota é a disciplina técnica que consiste em obter imagens da superfície terrestre a partir de sensores aéreos ou espaciais (Chuvieco 2008). Esta definição abrange todo o conjunto de processos cujo objetivo é a obtenção de uma imagem de satélite, mas que engloba o pré-tratamento da informação, a sua manipulação, processamento e elaboração de fluxos de trabalho, até ao seu pós-processamento, parte da cadeia em que toda a informação de satélite e espetral obtida é interpretada ganhando significado. Enquadra-se no que é conhecido como **observação remota** (Remote Sensing) da superfície da Terra. Esta disciplina tem sido amplamente utilizada no campo ambiental e ecológico, principalmente para monitorizar fenómenos naturais em grandes áreas de estudo, evolução e comparação pré e pós-incêndio, assim como monitorização da vegetação, entre outros. A enorme variedade de fornecedores de informação de satélite, tanto públicos como privados, também contribuiu de forma sinérgica para a aplicação destes métodos, assim como para o aumento quase exponencial das publicações científicas-técnicas que envolvem direta ou indiretamente dados de satélitais. Entre os fornecedores públicos encontram-se o **Landsat** (sendo o 8 e 9 os mais atuais) e as suas diferentes missões (operacionais desde os anos 80) e o **Sentinel**, cuja constelação de satélites cobre a superfície da Terra e fornece produtos espetrais desde 2016. Paralelamente, a definição formulada para a deteção remota pressupõe uma interação (de tipo energético) entre a ocupação do solo, com as suas diferentes formas de modelação e coberturas, e o sensor encarregado de recolher a informação e de a armazenar de forma correta.

Nos estudos que envolvem a utilização da deteção remota, a resolução espacial e temporal são particularmente importantes, assim como a disponibilidade de produtos espetrais, podendo este último tornar-se por vezes uma limitação. Ainda mais no caso de análises aplicadas a ecossistemas ou regiões geográficas muito específicas onde a escala do trabalho requer o maior detalhe possível. Da mesma forma, é lógico pensar que a monitorização de fenómenos naturais que implicam mudanças espaciotemporais (ciclos fenológicos, blooms de produtividade, incêndios florestais, etc.) não só implica o compromisso do fornecedor de informação por satélite com uma ampla cobertura espacial, mas também é necessário uma notável amplitude temporal para permitir extrair conclusões robustas, sobretudo se forem realizadas com aplicação direta na gestão de espécies, ecossistemas ou administração territorial. Neste domínio, é também condição "sine qua non" a validação dos resultados com informação recolhida diretamente do terreno (*ground truth data*), recursos cartográficos paralelos ou outras fontes de calibração dos resultados obtidos, como amostragens sistematizadas ou informação ao nível de especialista.

Por tudo o que foi exposto anteriormente, as Ilhas Canárias, e qualquer outro ambiente insular, constituem um verdadeiro desafio para este tipo de estudos, uma vez que a observação por satélite tem de ser capaz de lidar com uma atmosfera frequentemente afetada por episódios de poeira em suspensão, juntamente com a frequente acumulação de nebulosidade na parte norte e nordeste das ilhas centrais e ocidentais.

I.2 Objetivo e habitat objeto de estudo

A presente memória tem como objetivo o desenvolvimento e aplicação de uma metodologia replicável, reproduzível e escalável para a monitorização espacial do habitat 9360 (Laurissilvas da Macaronésia). Na sua elaboração, procura-se quantificar a possível extensão ou contração espacial deste ecossistema, utilizando o índice de vegetação normalizado (em adiante NDVI), à sua diferença entre datas/cenários (em adiante dNDVI), além de um conjunto de outras técnicas espaciais e de deteção remota que utilizam inherentemente um *background* espetral. Com isso pretende-se:



- Estabelecer as bases metodológicas baseadas na deteção remota para o monitoramento espacial do habitat 9360.
- Quantificar e delimitar os seus fragmentos atuais.
- Estudar e avaliar a mudança espacial do mesmo durante um período específico de anos.

Da mesma forma, serão apresentados vários exemplos de aplicação direta em ambientes insulares, todos eles com software e produtos disponíveis gratuitamente, o que acrescenta um valor extra à metodologia apresentada. Durante o desenvolvimento, serão fornecidas definições e conceitos básicos de monitorização remota da vegetação, a fim de facilitar a familiarização com esta tecnologia.

O habitat de estudo é a Laurissilva da Macaronésia (para mais detalhes, consultar [1] e [2]), classificado com o código 9360 dentro dos habitats de interesse comunitários. Este, por sua vez, enquadra-se nos habitats Natura 2000 como florestas, concretamente florestas esclerófilas mediterrânicas, de acordo com a hierarquia da Comunidade Europeia. Trata-se de “florestas sempre verdes, subtropicais, húmidas, dominadas por árvores de folha lauroide (coriáceas e lustrosas), típicas das Ilhas Canárias”. No entanto, não se inclui o habitat 4050 [3], referente aosurzais endémicos da Macaronésia, onde se incluem as comunidades de faial-urzal das Canárias, consideradas por vários autores como seriais de degradação da própria laurissilva da Macaronésia (del Arco & Rodríguez 2018) e outras formações de urzes ou teixo presentes nas ilhas.

I.3 Ferramentas a utilizar

Nesta secção será detalhado o conjunto de ferramentas geoinformáticas essenciais, assim como outras ferramentas complementares, para realizar as operações espaciais necessárias para o desenvolvimento da metodologia descrita na presente memória. A Tabela I apresenta estas ferramentas, assim como a sua tipologia e função. Do mesmo modo, podem ser incluídas alternativas para realizar operações em ambientes diferentes de um Sistema de Informação Geográfica de secretária (em adiante SIG).



| Ferramenta | Tipo | Utilidade |
|---|--------------------------|---|
| QGIS (Versão 3.26.1-Buenos Aires) | Software GIS | Manuseamento das camadas e geoprocessamento |
| SCP Plugin (Semi-Automatic Classification Plugin) | Plugin de QGIS | Gestão de bandas, operações de pré-processamento, classificação de imagens de satélite, tratamentos pós-classificação. Geração de assinaturas espaciais |
| GRASS | Complemento de QGIS | Operações geográficas de grande escala |
| Orfeo Tool Box (*) | Plugin de QGIS | Operações sobre bandas e pós-processamento da informação derivada da deteção remota |
| Calculadora Raster | Complemento de QGIS | Operações entre bandas, geração de índices. |
| Dzetsaka (*) | Plugin de QGIS | Classificações supervisionadas utilizando técnicas de <i>Machine learning</i> . |
| Alternativas em R | | |
| R | Linguagem de Programação | |
| raster/terra | Biblioteca de R | Manipulação e gestão de objetos geográficos Raster |
| sf | Biblioteca de R | Manipulação e gestão de objetos geográficos vetoriais |
| RSToolbox | Biblioteca de R | Operações sobre bandas pré-processamento, pós-processamento da informação derivada da deteção remota |
| caret | Biblioteca de R | Classificações supervisionadas com uma multiplicidade de algoritmos e opções de personalização |
| sen2r | Biblioteca de R | Download, correções e trabalho com bandas de Sentinel-2 |
| ggplot2 | Biblioteca de R | Geração de gráficos científicos |

Tabela 1. Software utilizado no presente relatório e opções alternativas. (*) Ferramentas não utilizadas na metodologia, mas que são complementares no ambiente QGIS.



1.4 Bases cartográficas

A base cartográfica utilizada como referência para a elaboração da memória foi a cartografia europeia de uso e ocupação do solo *Land Use Land Cover* (em adiante LULC) (2018) [4][5], comum a todos os países europeus e territórios ultramarinos franceses. Baseia-se na interpretação de imagens de satélite Landsat e Sentinel e procura recolher e inventariar todas as coberturas do solo e as suas diferentes características. Esta informação pode ser descarregada em formato vetorial (*geopackage*) com uma resolução de 100 m, com uma unidade cartográfica mínima de 25 hectares (García-Álvarez et al., 2022) e perfeitamente legível no QGIS [6]; onde as manchas de referência correspondentes ao habitat desejado podem ser filtradas pelo código 311 (*Broad-leaved forest*) (Figura 1). Em alguns casos, podem ser manchas a uma escala muito grosseira, mas constitui uma forma de obter uma **cartografia comum e homogénea** de referência, de livre acesso para qualquer utilizador sobre um habitat muito estreitamente correlacionado com o 9360.

Como alternativa, se houver disponibilidade de uma cartografia mais detalhada, esta pode ser uma forma aconselhável de validar a metodologia. Para o efeito, utilizou-se a cartografia presente no *Mapa de Vegetación de Canarias* (del Arco et al., 2006), que serve para identificar e quantificar com maior precisão os atuais vestígios de laurissilva nas diferentes ilhas, assim como outras formações secundárias vinculadas a ela. **Este dataset é de uso exclusivo para as Ilhas Canárias.**

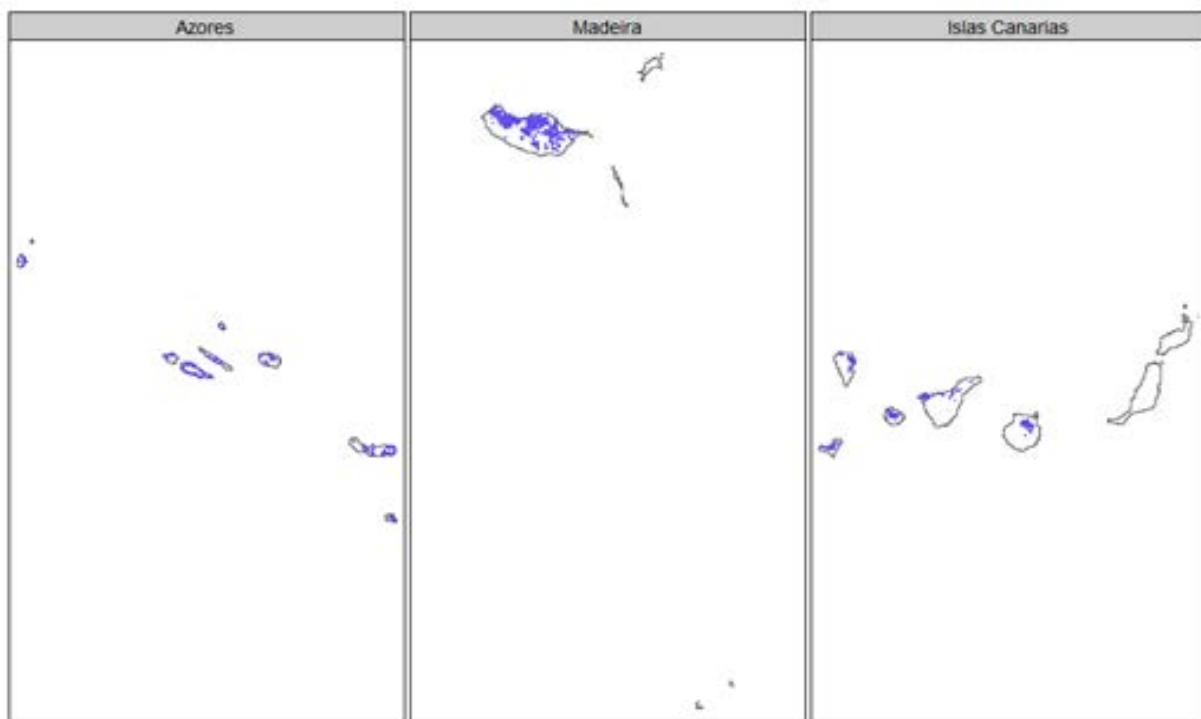


Figura 1. Exemplo de distribuição das manchas cujo código corresponde ao uso 311 (*Broad-leaved forest*) para os arquipélagos da Macaronésia, dispostas latitudinalmente.

No caso do presente documento, esta base cartográfica foi utilizada tanto para validar as manchas de vegetação utilizadas como para gerar a máscara de trabalho final, permitindo eliminar os usos do solo que pudessem causar qualquer interferência nas análises realizadas, tais como áreas agrícolas, pastagens ou outras formações arbóreas que não pertencem ao habitat em estudo.

Os critérios cartográficos utilizados foram o sistema de referência de coordenadas WGS 84 com a projeção UTM 28N (EPSG: 32628), enquanto todas as superfícies foram quantificadas em hectares e num formato de número real.

2. O ECOSISTEMA DE DADOS COPERNICUS. SENTINEL-2 E A GERAÇÃO DE ÍNDICES DE VEGETAÇÃO

2.1 Copernicus e Sentinel-2

O programa Copernicus é uma iniciativa da União Europeia cuja missão principal é a observação terrestre e a divulgação da informação obtida para qualquer utilizador através de um ecossistema de dados abertos. No seu contexto aplicado a deteção remota ambiental em sentido estrito, o Sentinel-2 deve ser tratado como uma constelação de satélites responsável pela captura, armazenamento correto e processamento de informação espectral. Atualmente, é composta pelos satélites gémeos Sentinel-2A e Sentinel-2B, sensores que orbitam com um desfasamento de 180° entre si, de modo que cobrem o globo terrestre a partir de extremos opostos, o que, em síntese, permite uma maior cobertura espacial. Fundamentalmente, é útil definir de forma breve os principais conceitos relativos à resolução de um sensor:

- Resolução espectral: número de bandas do sensor considerando o espetro completo. No caso do Sentinel-2, seriam doze e estão resumidas de forma sintética na Figura 2.

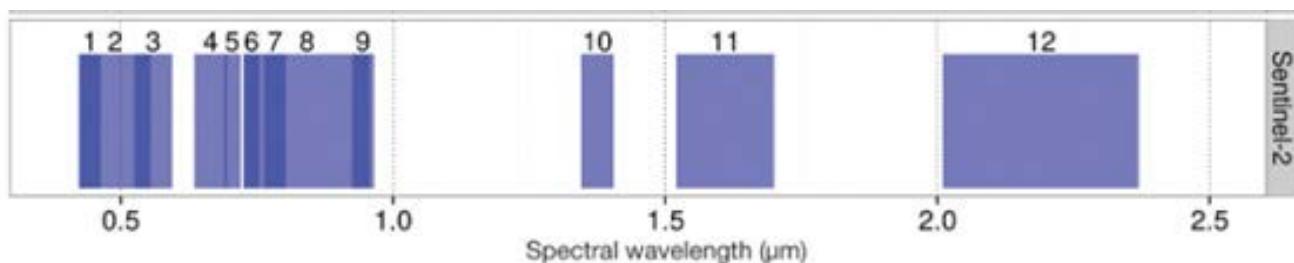


Figura 2. Comprimentos de onda de cada banda e largura das mesmas ao longo de todo o espetro. Extraído de Leutner et al., (2016).

- Resolução espacial: tamanho do pixel ou granularidade espacial das bandas [7].
- Resolução temporal: intervalo de tempo decorrido entre a captura das cenas pelo sensor do satélite. Da mesma forma, é o tempo de revisita do satélite sobre o mesmo ponto ou a taxa temporal teórica máxima de disponibilidade de produtos.

Os produtos satelitais do Copernicus podem ser adquiridos diretamente e de forma gratuita no seu ecossistema de dados, o qual dispõe de uma interface com ferramentas de pesquisa [8] que facilita este procedimento e permite, numa questão de minutos, operar diretamente com as bandas. Após o cadastro, o usuário tem a opção de fazer download das imagens disponíveis para a sua região de interesse (em adiante ROI nas suas siglas inglesas) de acordo com determinados critérios de pesquisa, podendo digitalizar a ROI utilizando um polígono seletor. Além disso, pode-se escolher o nível de correção, seja o nível 1 (cujo acrônimo corresponde a L1C), que se refere aos produtos para os quais não foi realizada qualquer revisão ou correção e com um nível de refletância acima da atmosfera (TOA), ou o nível 2 (acrônimo L2A), produtos ortorretificados e com níveis de refletância abaixo da atmosfera (BOA), com uma correção atmosférica incorporada que se assemelha aos dados de refletância da realidade.

Outros aspectos da pesquisa incluem a percentagem de nuvens e o intervalo temporal, que abrange desde 2015 até à atualidade (Figura 3).



No caso dos satélites de Sentinel-2, a resolução espectral reúne um total de 12 bandas: 4 bandas a 10 metros, 6 bandas a 20 metros e 2 bandas a 60 metros de resolução espacial. O tempo de revisita é de cinco dias (resolução temporal) desde o lançamento do satélite Sentinel-2B no ano 2017. No entanto, no período de 2015 a 2017, a resolução temporal é de dez dias, com toda a informação de satélite exclusivamente derivada do satélite 2A.

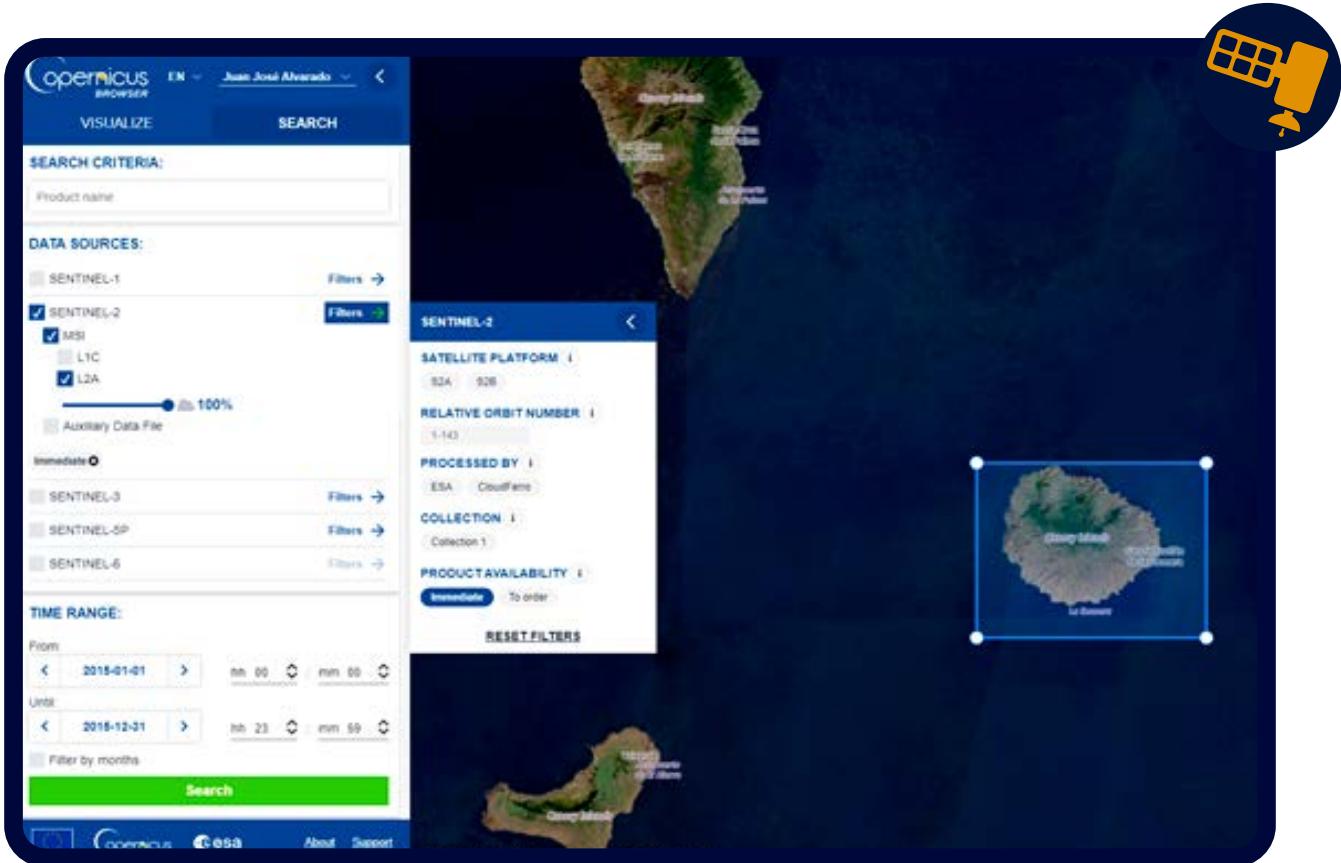


Figura 3. Interface de utilizador para o download de produtos Sentinel-2.

Por outro lado, a utilização de produtos derivados do Sentinel-2 com o nível de processamento 2A é a alternativa de utilização mais interessante para este tipo de trabalho, não só em termos de cobertura e resolução espectral e espacial. Este conjunto de imagens de satélite tem uma correção radiométrica e atmosférica incorporada. Além disso, têm também uma boa correção topográfica adicional, o que significa que não é necessário recorrer a programas externos ou a recursos programáticos.

• Acesso e utilização dos produtos Sentinel-2

Uma vez realizado o download do ecossistema de dados do Copernicus e posteriormente a sua descompressão, teremos um ficheiro com a extensão “.SAFE”, cuja nomenclatura se resume ao seguinte:

- S2A_MSIL2A_20160117T115312_N0201_R123_T28RBS_20160117T115314.SAFE

- **S2A:** Satélite que captou o cenário, podendo ser S2A ou o seu gémeo S2B.

- **MSIL2A:** MSI é o instrumento multiespetral que opera a bordo do dispositivo de satélite, enquanto L2A implica que o produto se encontra com uma correção de refletância na superfície, radiométrica e atmosférica. Esta correção refere-se à transformação da refletância do topo da atmosfera (TOA) para valores de refletância na superfície (BOA).

- **20160117T115312:** Data no formato ymd (ano/mês/dia) e dia na hora UTC.

Os restantes fragmentos da nomenclatura identificam momentos de validação da imagem, órbitas relativas ou cobertura territorial do cenário.

A forma de acesso às bandas de forma individual é o diretório **GRANULE/IMG_DATA**, onde estão separadas pela sua resolução: 10, 20 e 60 metros (Figura 4), respetivamente; em formato “.jp2”, perfeitamente legível no software de desktop QGIS graças aos drivers GDAL [9].

| Spatial Resolution (m) | Band Number | S2A | | S2B | |
|------------------------|-------------|-------------------------|----------------|-------------------------|---------------|
| | | Central Wavelength (nm) | Bandwidth (nm) | Central Wavelength (nm) | Bandwidth(nm) |
| 10 | 2 | 492.4 | 66 | 492.1 | 66 |
| | 3 | 559.8 | 36 | 559.0 | 36 |
| | 4 | 664.6 | 31 | 664.9 | 31 |
| | 8 | 832.8 | 106 | 832.9 | 106 |
| 20 | 5 | 704.1 | 15 | 703.8 | 16 |
| | 6 | 740.5 | 15 | 739.1 | 15 |
| | 7 | 728.8 | 20 | 779.7 | 20 |
| | 8a | 864.7 | 21 | 864.0 | 22 |
| 60 | 11 | 1613.7 | 91 | 1610.4 | 94 |
| | 12 | 2202.4 | 175 | 2185.7 | 185 |
| | 1 | 442.7 | 21 | 442.2 | 21 |
| | 9 | 945.1 | 20 | 943.2 | 21 |
| | 10 | 1373.5 | 31 | 1376.9 | 30 |

Figura 4. Disposição das bandas de acordo com a sua resolução espacial e espectral e o satélite Sentinel-2. Extraído de [10].

É possível obter todas as bandas disponíveis a 10 metros de resolução. Este passo é redundante para o cálculo do NDVI, uma vez que as bandas pertencentes ao vermelho (4) e ao infravermelho próximo (em adiante NIR, nas suas siglas inglesas) (8) já estão nessa resolução. A biblioteca R ‘sen2r’ (Ranghetti et al., 2020) permite reduzir a escala das restantes bandas que se encontram a 20 metros de resolução para 10 metros, utilizando a luminosidade e interpolando os píxeis, graças à função *s2_translate*, que atua sobre um produto corrigido no nível 2A, devolvendo um pacote raster (*stack*) com as bandas na resolução desejada. Esta pode ser uma alternativa interessante se se pretender calcular outros índices de vegetação ou de combinação espectral com uma das novas bandas reduzidas e com maior detalhe, como é o caso de muitos índices relacionados com a calcinação e os efeitos pós-incêndio, que geralmente utilizam os infravermelhos de onda curta (bandas 11 e 12).

2.2 Índices de vegetação

A interpretação da informação derivada da análise espectral e de satélite é uma parte fundamental da deteção remota ambiental e da ecologia espacial, assim como uma aplicação direta deste tipo de análise na conservação da biodiversidade e dos ecossistemas. Os fenómenos naturais como a atividade fotossintética, o estresse hídrico ou vegetativo, os episódios e pulsos fenológicos, os incêndios florestais, etc., são os fenómenos de estudo mais habituais, principalmente graças à aplicação de índices de vegetação. Neles, o NIR e as bandas visíveis são a principal região espectral utilizada.

As principais vantagens da utilização deste tipo de índice são as seguintes:

- A capacidade de realçar a cobertura do terreno e a sua separabilidade com o solo.
- As operações aritméticas entre bandas atuam através da normalização das equações, pelo que as distorções causadas pela iluminação proveniente do terreno ou da cobertura de nuvens, tanto intra-cenário como intercenário, também são normalizadas.
- Descrevem medições físicas da superfície terrestre e são amplamente utilizadas em estudos ecológicos. Com interpretações diretas sobre o estado da vegetação, por exemplo.
- Utilização mais do que generalizada em análises ecológicas e preditivas.

Um dos índices mais utilizados e que é o fio condutor fundamental desta metodologia é o **NDVI**. Este índice tem sido relacionado com a cobertura vegetal, a produtividade primária ou a biomassa, entre outros parâmetros. Tal como muitos outros, utiliza as propriedades da refletância do vermelho e do NIR, ou seja, o contraste existente na faixa do espetro comumente designado por “borda vermelha” (red edge). No essencial, o percurso espectral da vegetação saudável apresenta uma elevada refletância no NIR e uma baixa refletância/elevada absorção no vermelho, o que é classicamente atribuído à maquinaria fotossintética da folha e à sua atividade. À medida que a atividade fotossintética diminui, também diminuem as diferenças de refletividade entre o NIR e o vermelho.

Graças à combinação aritmética das bandas, é possível obter o valor deste índice para cada píxel da nossa ROI, utilizando a seguinte fórmula:

$$\text{NDVI} = \text{NIR} - \text{Vermelho} / \text{NIR} + \text{Vermelho} \quad (1)$$

Os valores variam de forma contínua entre -1 e 1, sendo que valores próximos de 1 indicam diferenças importantes na borda vermelha, o que significa um elevado rendimento fotossintético ou verdor (greenness). Os valores muito próximos ou inferiores a zero correspondem a áreas de cobertura vegetal muito escassa. Em termos de utilização, o NDVI oferece uma série de vantagens que favorecem a sua utilização em detrimento de outros índices:

- Simplicidade matemática e de interpretação.
- Minimiza os efeitos topográficos.
- Ao aplicar cocientes entre bandas, ocorre uma normalização, que subsequentemente reduz o efeito da degradação da calibração do sensor e a influência dos efeitos atmosféricos.
- Os valores numéricos contínuos permitem estabelecer limiares (*thresholding*).

A componente comparativa do **NDVI** é o **dNDVI**, onde os valores do índice são comparados entre dois cenários, geralmente correspondentes ao mesmo período mas a anos diferentes, conseguindo assim estudar as alterações ocorridas no território com uma aproximação às diferenças de verdor.

$$\text{dNDVI} = \text{NDVI}_{t2} - \text{NDVI}_{t1} \quad (2)$$

Na notação seguida na equação 2, NDVI_{t2} refere-se ao NDVI posterior, enquanto NDVI_{t1} é o NDVI da data anterior.

Os valores positivos do dNDVI estão relacionados com o aumento da atividade fotossintética, enquanto os valores negativos implicam uma redução da atividade fotossintética. Valores próximos de zero refletem situações em que não houve alterações. O estudo de séries temporais de dNDVI pode ajudar a extrair conclusões sobre se existe uma tendência clara na redução do NDVI e, por conseguinte, se está a ocorrer um declínio na massa florestal. Por outro lado, a não obtenção de um padrão temporal claro pode indicar as flutuações inerentes associadas a anos mais chuvosos ou mais secos no reverdecimento, ou a ausência do mesmo na vegetação.

Nota importante: É essencial conhecer a notação das bandas para efetuar operações aritméticas entre rasteres. No Sentinel-2, o NIR refere-se à banda 8, enquanto a banda 4 corresponde ao vermelho. Se forem utilizadas informações de Landsat, devem ser utilizadas as informações fornecidas pelo fornecedor do produto para a atribuição correta das bandas.

Naturalmente, existem outros índices de vegetação que podem ser perfeitamente utilizados nas análises ecológicas, como o Índice de Vegetação Melhorado (EVI) ou o Índice de Vegetação com a Correção do solo Múltipla (MSAVI), sendo este último uma alternativa a considerar em ecossistemas onde a fração do solo tem um papel muito importante, como as formações naturais e abertas de pinheiro-canário , os matagais do cume (Ibarrola et al., 2019) ou em bosques de zimbros, onde a refletividade vermelha e infravermelha é fortemente condicionada pela fração do solo.

3. UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE DETEÇÃO REMOTA APLICADAS AO HABITAT 9360

ESTUDO DE CASO I: Primeira abordagem ao cálculo do NDVI: quantificação do estado da massa florestal e diferentes técnicas de análise das alterações espaciais: o caso do Parque Nacional de Garajonay e La Gomera.

Introdução

A laurissilva de La Gomera é um dos melhores exemplos deste tipo de habitat na região da Macaronésia, cujas áreas apresentam uma notável continuidade espacial, além de albergarem diversa tipologia de laurissilva e com um bom grau de maturidade, graças principalmente ao facto de quase todas elas se localizarem sob a proteção e gestão do Parque Nacional de Garajonay. Esta diversidade de ambientes vai desde a clássica laurissilva húmida de loureiros e vinhas, passando pela laurissilva mais seca de fácies de barbusano, florestas de névoa, até à laurissilva de fundo de barranco de til. Todo isso faz dele uns dos melhores cenários para testar este tipo de metodologia.

Como explicado na secção 2.1, o NDVI é um dos índices de vegetação mais utilizados em estudos ecológicos. Pode ser utilizado como indicador de vários aspectos funcionais do ecossistema, a sua produtividade, estado ecofisiológico, estresse, etc.

Para este primeiro exemplo, procurámos primeiro delimitar e quantificar a extensão dos atuais fragmentos de laurissilva utilizando limiares. Posteriormente, a sua dinâmica espaciotemporal será comparada entre o primeiro cenário de Sentinel-2 disponível para a ilha de La Gomera (2016) e o último de 2024, escolhendo os cenários do mês de janeiro. Com isto pretende-se não só quantificar a sua área e a sua delimitação, mas também conhecer o seu estado vital atual mediante a comparação de cenários e datas. Pretende-se detetar as mudanças espaciais e espaciais ocorridas, utilizando o dNDVI e a regressão temporal entre cenários, graças às quais serão identificadas zonas de potencial perda e deterioração da laurissilva, assim como áreas onde a laurissilva poderia estar a recuperar, dado o grande incêndio que ocorreu em 2012.

Metodologia

- Deteção de alterações

A deteção de alterações é uma das aplicações mais comuns da deteção remota, sendo utilizada para localizar os píxeis que tenham apresentado alguma modificação em suas características espetrais ou níveis digitais entre dois ou mais cenários, normalmente correspondentes a duas (ou mais) datas diferentes a comparar. Trata-se, portanto, de uma ferramenta a ter em conta quando se pretende desenvolver o acompanhamento de um determinado fenómeno dinâmico observável no espaço e no tempo.

Para efetuar este tipo de identificação podem ser utilizadas as chamadas classificações supervisionadas, em que os píxeis de cada cobertura ou classe observada pelo intérprete da região de estudo são agrupados em função das suas características físicas, topográficas, vegetacionais, espaciais, etc. Isto implica um conhecimento prévio da região e a aplicação de diversos algoritmos próprios da classificação, muitos deles baseados em *machine learning*, que requerem um certo nível de programação e, por vezes, envolvem um elevado custo computacional, assim como a replicação e validação dos resultados. Uma vez obtido o melhor algoritmo de classificação, é uma questão de utilizar a informação espectral para quantas áreas de interesse e datas se desejar.



Outra prática muito comum é aplicar uma regressão linear entre duas imagens ou bandas correspondentes a duas datas diferentes. Esta técnica baseia-se na transferência do modelo matemático de regressão linear simples para o espaço, em que os níveis digitais de uma imagem dependem dos níveis digitais de outra, cujos valores estão fortemente associados.

$$ND_{t2} = a + b * ND_{tl} \quad (3)$$

De acordo com a equação 3, estabelece-se que os níveis digitais da segunda data são estimados a partir dos níveis digitais da primeira data. Em que a e b são os coeficientes de regressão para a interceção e a primeira data, respetivamente. Estes valores digitais entre as duas datas serão muito semelhantes se não tiver ocorrido alguma alteração, situação caracterizada pela estabilidade na cobertura vegetal estudada. Caso contrário, os valores estimados para a segunda data estarão longe dos reais, com valores residuais muito elevados (píxeis discrepantes).

Para a elaboração da máscara vetorial, foram escolhidos os polígonos de LULC correspondentes ao uso 311, pois esta é a única forma de aplicar uma metodologia comum e replicável para todos os arquipélagos da Macaronésia com presença de laurissilva, assim como mascarar ao máximo outras formações florestais que não são objeto de estudo. Foi aplicada a estas áreas uma operação de buffer de 100 metros (algoritmo de geoprocessamento nativo de QGIS) para acomodar a máxima variabilidade possível e a possibilidade de expansão do habitat em resultado de uma eventual recuperação. Esta

| Produtos de satélite utilizados | Fornecedor |
|--|------------|
| S2A_MSIL2A_20160117T115312_N0201_R123_T28RBS_20160117T115314 | Sentinel-2 |
| S2B_MSIL2A_20240110T115219_N0510_R123_T28RBS_20240110T125311 | Sentinel-2 |

máscara foi guardada como um *shapefile* (.shp) para utilização posterior no *plugin SCP* de QGIS.

• Recorte de produtos de satélite para a zona de estudo desejada

Na aplicação deste tipo de metodologia é altamente recomendável desenvolver camadas de trabalho. Em primeiro lugar, delimitar a área que se deseja estudar e, da mesma forma, eliminar coberturas que possam causar algum tipo de ruído, como cultivos, pastagens, prados e até formações florestais indesejadas. Além disso, em termos de velocidade de processamento e consumo de recursos da máquina, é também uma boa razão. Para tudo isto, é aconselhável utilizar o SCP Plugin, um complemento do QGIS que ajuda a gerir e manipular as bandas de forma separada. Basta carregar as diferentes bandas selecionadas e carregadas no *band set* e selecionar a opção “cortar múltiplos rasters”, seja através de um ficheiro vetorial em formato exclusivamente *shapefile* (.shp), ou através de uma extensão, se as coordenadas UTM superior esquerda e inferior direita forem conhecidas, respetivamente.

Essas bandas recortadas serão adicionadas ao painel de camadas do QGIS com o prefixo “clip_” ou outro prefixo definido pelo usuário e armazenadas no diretório selecionado correspondente. Este complemento também nos permite organizar a saída raster através de um *stack* ou pacote de bandas empilhadas. A Figura 5 reúne todos estes primeiros passos.

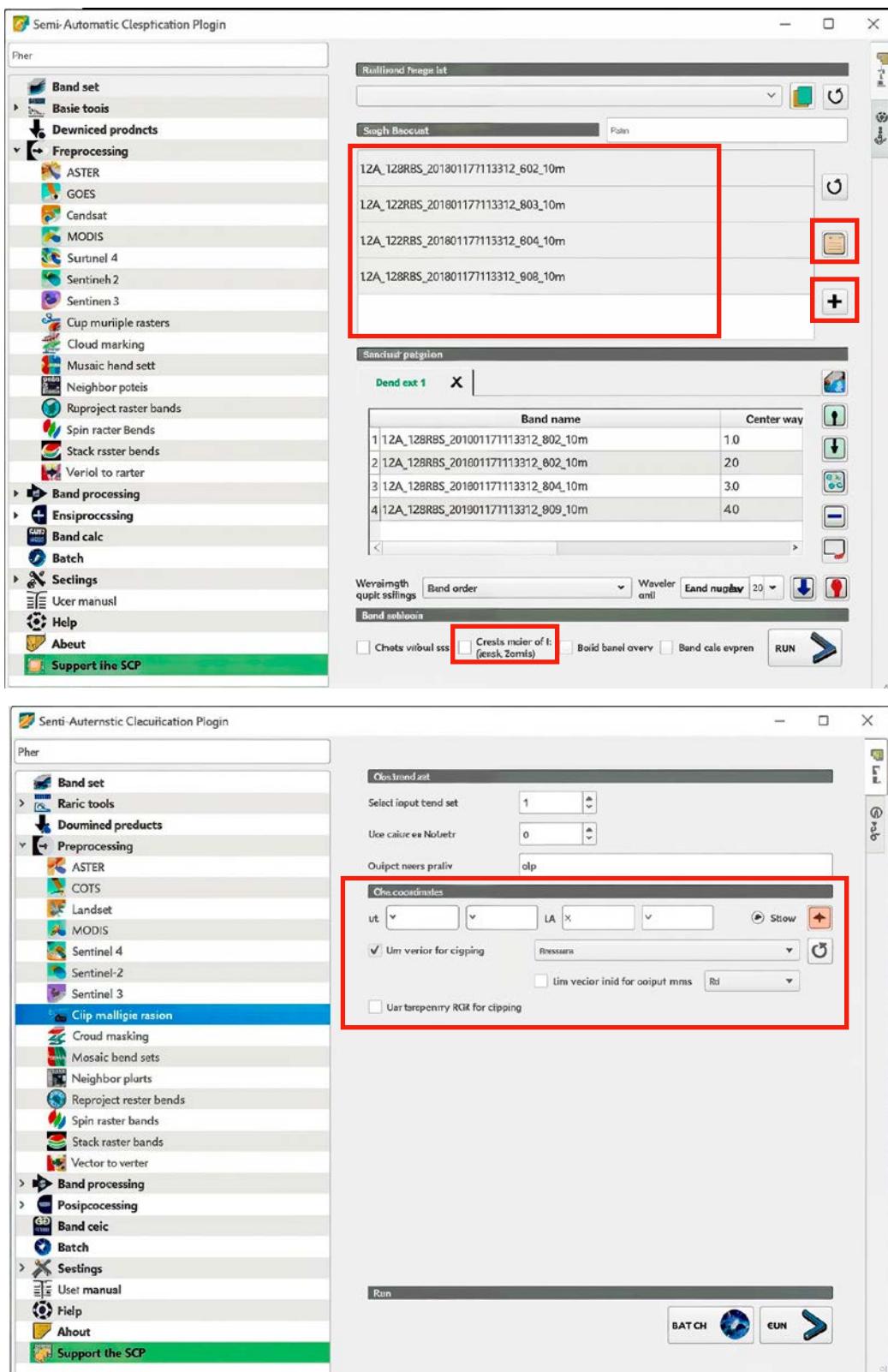


Figura 5. Interface de uso do SCP Plugin, Os retângulos vermelhos indicam as diferentes opções descritas na metodologia.

Ao dispor das bandas devidamente ajustadas à área de estudo, o cálculo é efetuado através de álgebra de mapas, utilizando a calculadora raster de acordo com a seguinte expressão:

$$\text{NDVI} \quad 2016 = (\text{“clip_L2A_T28RBS_20160117T115312_B08_10m@1”} - \text{“clip_L2A_T28RBS_20160117T115312_B04_10m@1”}) / (\text{“clip_L2A_T28RBS_20160117T115312_B08_10m@1”} + \text{“clip_L2A_T28RBS_20160117T115312_B04_10m@1”})$$

O resultado da expressão anterior é um raster contínuo de valores de NDVI (Figura 6). Observa-se que, exclusivamente dentro da máscara de estudo gerada, o valor do NDVI não é homogéneo, coincidindo os valores mais elevados do índice com o âmbito territorial do Parque Nacional de Garajonay, e com os outros dois locais onde atualmente existem amostras representativas de laurissilva em La Gomera: a cordilheira de Vallehermoso, ao noroeste, e o Parque Natural de Majona, ao leste da ilha.

Por outro lado, a Figura 7 mostra que toda a ilha de La Gomera apresenta uma distribuição bimodal nos valores de NDVI, sendo os valores inferiores a 0,5 mais frequentes e enquadram-se no primeiro valor modal da distribuição. O segundo valor modal acolheria os valores mais elevados de NDVI, que se sobrepõem diretamente ao histograma da zona delimitada para este estudo, que teria uma distribuição de valores notavelmente enviesada para a cauda direita da distribuição, onde a ocorrência de valores elevados de NDVI é muito conspícuo, ficando num lugar residual as regiões cujo valor de NDVI é inferior a 0,5. Nesta última região da distribuição é onde se localizam as formações secundárias (matagais de giesta e brejal) e estágios de degradação da laurissilva como o fayal-brezal, assim como a área afetada pelo incêndio ocorrido em 2012.

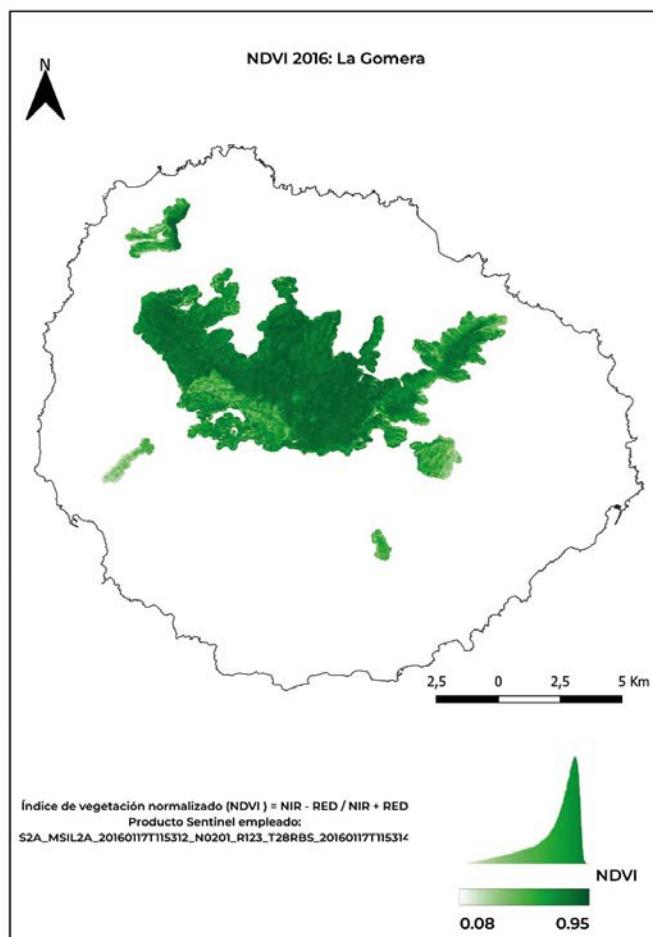


Figura 6. NDVI calculado para a área de estudo com base nos dados de janeiro de 2016.

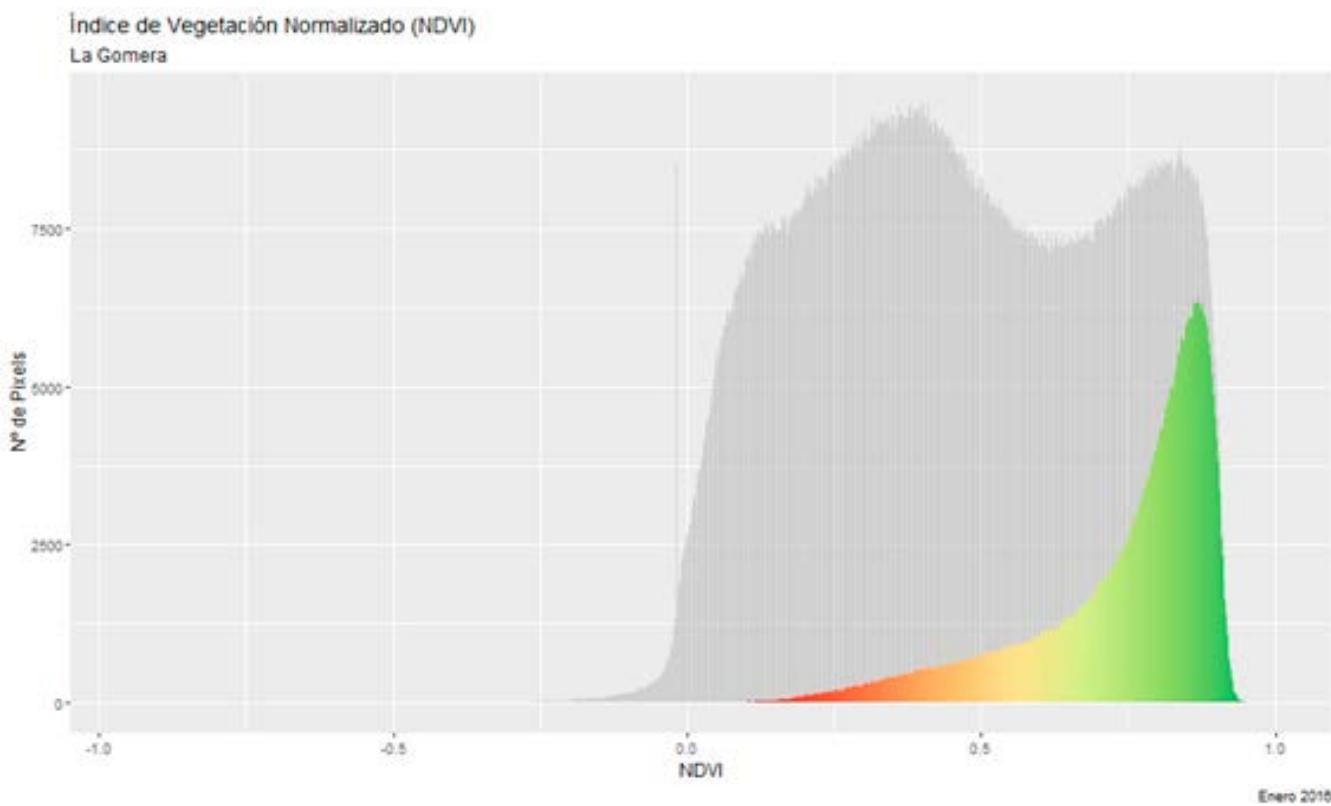


Figura 7. Representação dos valores de NDVI da área de estudo selecionada, representados gradualmente através de uma rampa de tonalidades quentes para os valores mais baixos até tonalidades verdes nos locais onde se atinge o máximo do índice; em contraste, o histograma completo dos valores NDVI da extensão total de La Gomera está localizado em tons cinzentos no *background* do gráfico. O eixo X mostra os valores de NDVI, que variam entre -1 e 1, enquanto o eixo Y representa a frequência de ocorrência destes valores através da contagem de pixels. O número total de pixels de 100 m² analisados em La Gomera é de 3679269 (36792,69 hectares), enquanto a área de estudo tem 629996 pixels (6299,96 hectares).

• Deteção de alterações: dNDVI e regressão linear entre cenários

O estudo das diferenças na cobertura dos diferentes intervalos das ruturas naturais é uma primeira aproximação à estimativa espacial de alterações no índice espetral. Com a incorporação do dNDVI e da regressão linear entre imagens, o objetivo é identificar as áreas onde se verifica uma alteração do estado de conservação do habitat. O dNDVI é o resultado da subtração do NDVI mais antigo considerado para o mais recente, utilizando a álgebra de mapas com a calculadora raster.

Se o dNDVI for estudado em detalhe (Figura 8), os tons laranja e amarelo seriam as áreas que se mantiveram estáveis, que são a maioria dos pixels no setor central (aparecem com mais frequência no histograma incorporado), embora com uma certa tendência para valores negativos. Os tons laranja mais escuros e vermelhos fazem referência às áreas onde a diferença de NDVI é muito acentuada e, por conseguinte, o NDVI tem vindo a diminuir o seu valor. Seria nesses locais onde seria necessário realizar trabalho de campo e estudar as causas e a forma como esse factor esta se manifestando no ecossistema. Os tons azuis, que representam o aumento do NDVI, são minoria e encontram-se quase todos na área afetada pelo incêndio de 2012, o que significa que a laurissilva está a recuperar.

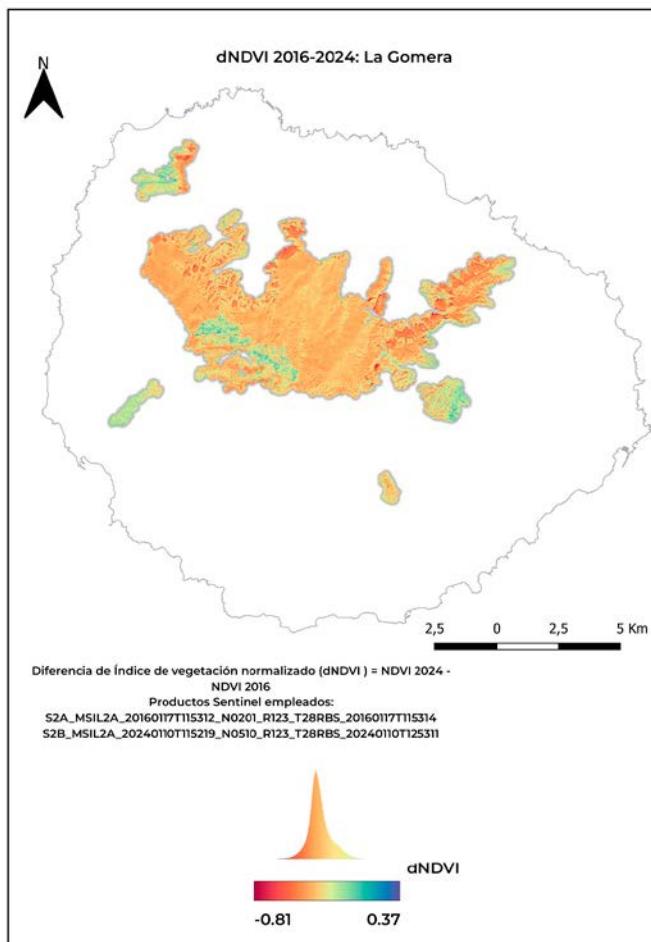


Figura 8. Diferença no índice de vegetação normalizado entre 2024 e 2016

A outra técnica para analisar as alterações temporais é mediante a regressão linear entre imagens. Preferencialmente entre cenas captadas na mesma época do ano, isolando assim qualquer efeito de sombra topográfica. Para este procedimento, já abordado na metodologia no seu âmbito teórico, utiliza-se o algoritmo ‘r.regression.multi’ de GRASS [11] no ambiente QGIS, utilizando o NDVI de 2024 como coeeficiente y (variável a prever) e o NDVI de 2016 como variável independente (coeficiente x). O resultado são dois ficheiros raster com os valores previstos e os residuais, assim como um ficheiro de texto com os diferentes valores da regressão (Figura 9).

$$\text{Residuais} = \text{Observados} - \text{Previstos} \quad (4)$$

Os valores previstos (Figura 9, esquerda) são a fração de píxeis de 2024 combinação linear dos valores de NDVI dos píxeis de 2016. Portanto, trata-se de uma estimativa do NDVI em 2024 baseada unicamente numa relação linear entre os valores desse ano e os valores do índice em 2016. Esta área contínua de valores previstos está isolada de possíveis interferências devidas à seca, à recuperação pós-incêndio ou a qualquer interferência que não se refletiu nos valores de 2016.

Por outro lado, os residuais (obtidos através da equação 4) (Figura 9, direita), representam a fração da regressão que indica a discordância entre os cenários. Os residuais baixos (cerca de 0) correspondem a situações em que prevaleceu a estabilidade, ou seja, os valores de NDVI observados em 2024 e os previstos com base nos valores de 2016 são semelhantes ou têm um bom ajuste linear entre os cenários, podendo assim, ser interpretados como regiões em que a massa florestal teria sido menos alterada ou seria menos gravemente afetada pelos efeitos da seca. Os residuais positivos e negativos significam modificações espaciais visíveis entre cenários. Trata-se de um indicador de leitura bidirecional, ou seja,

os residuais excessivamente negativos indicam um prejuízo nas condições de habitat estudadas, regiões da floresta que teriam sido sujeitas a um estresse hídrico significativo e estão relacionadas com valores negativos de dNDVI; por outro lado, os residuais mais elevados estão associados a um aumento na favorabilidade do NDVI e estão estreitamente correlacionados com valores elevados de dNDVI. Estes píxeis concentram-se maioritariamente no setor sudoeste, coincidindo com a área afetada pelo incêndio florestal de 2012, que se encontra num processo incipiente e natural de recuperação.

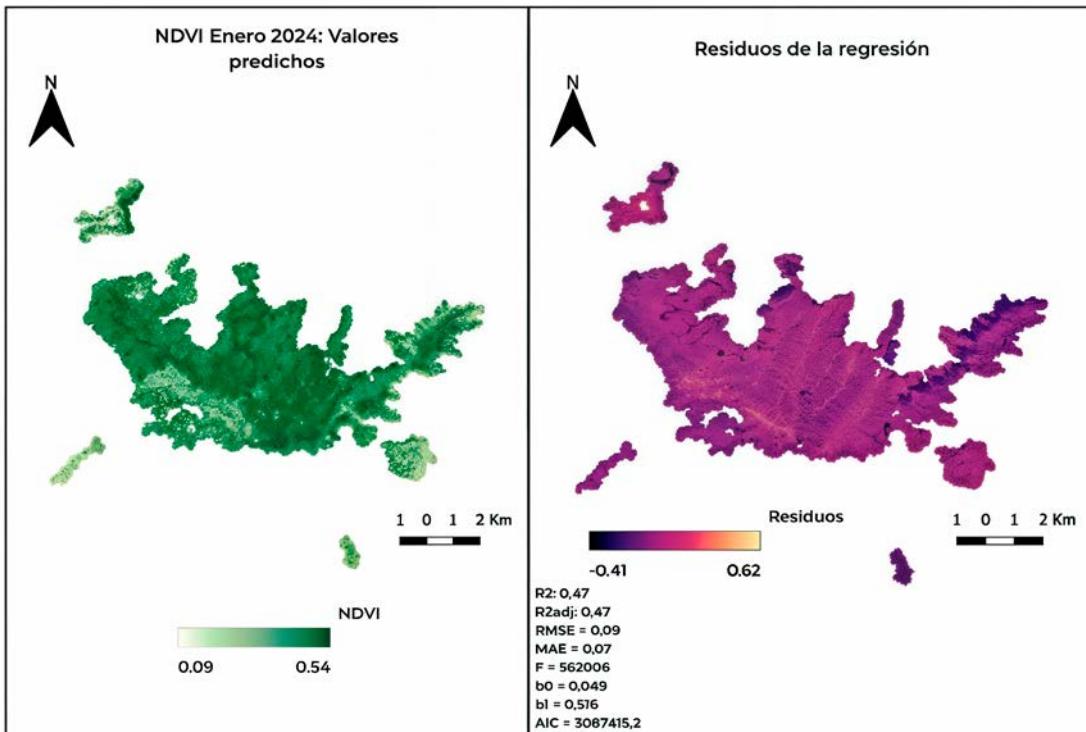


Figura 9.(Esq) Valores previstos da regressão linear. (Dta) Residuais da regressão. R2 = Coeficiente de determinação R2; R2adj = Coeficiente de determinação ajustado; RMSE = Erro médio quadrático; MAE = Erro médio absoluto; F = Estatística F; b0 = Coeficiente de regressão da interceção; b1 = Coeficiente de regressão do NDVI 2016; AIC = Akaike Information Criterion.

ESTUDO DE CASO 2: *Thresholding.* Em busca do limiar ótimo para distinguir as áreas constituintes do habitat 9360 através do NDVI. Utilização da aplicação maxSSS na laurissilva gomera para séries temporais: o sexénio 2016-2021 e 2018-2023.

A delimitação e quantificação das áreas do habitat 9360 é um dos objetivos fundamentais desta metodologia. Para este efeito, será utilizado um procedimento de limiarização do NDVI conhecido como *thresholding*, que permite converter a superfície contínua do índice ou da probabilidade de um fenómeno num mapa binário da existência ou não existência do fenómeno em questão. Para este efeito, será utilizado um limiar conhecido como maxSSS aplicado a séries temporais de seis anos, uma vez que este é o período de trabalho abrangido pelo Plano de Ação. Procura-se também atenuar os efeitos que a sazonalidade, a seca e outros fatores podem ter na dinâmica dos valores NDVI, trabalhando com séries de dados tão grandes quanto possível.

Uma vez obtidas as superfícies raster com a informação sobre as regiões que constituem ou não o habitat de estudo, é possível calcular as superfícies de cada uma em separado e identificar as áreas de perda, ganho e estabilidade do habitat.

As séries temporais definem-se no âmbito da deteção remota como uma coleção de observações repetidas de uma região específica, cujos dados de revisita dependem diretamente da resolução temporal do sensor (Verbesselt et al., 2016). Para o seu estudo, a metodologia seguida reúne todos os passos incluídos nos casos 1 e 2, com a exceção de que será aplicada em períodos temporais de NDVI, primeiro para a série 2016-2019 (4 anos) e depois para a série 2020-2023 (4 anos). O mês de janeiro será sempre estudado, devido à disponibilidade de produtos Sentinel-2 e por seguir o fio coerente que se tem vindo a desenvolver.

Basicamente, a única variação em relação aos primeiros estudo de casos é que vamos trabalhar com o valor médio de NDVI da série de seis anos 2016-2021 e da série 2018-2023, em vez de trabalhar com datas individuais, procedendo de forma semelhante ao processo de limiarização e à posterior produção da cartografia.

Este procedimento é recomendado para estudos que envolvam avaliações com uma periodicidade fixa estabelecida e diante de fenómenos de sazonalidade acentuada. É muito menos sensível a episódios anómalos, ou seja, a anos extraordinariamente húmidos ou secos, facto inerente a um ecossistema tão heterogéneo como a laurissilva e que afeta inevitavelmente a estabilidade do NDVI e, portanto, as conclusões que se podem tirar da sua utilização (Caparrós-Santiago et al., 2023). Por sua vez, permite a observação de tendências, conferindo assim maior robustez numérica ao processo.

Uma vez calculado individualmente o NDVI para cada ano que fará parte do período de estudo, procedendo de forma semelhante ao expressado no primeiro estudo de caso, o raster médio consiste em encontrar a média aritmética entre os rasters que compõem esse período, graças à aplicação da álgebra de mapas (Figura 10).



Figura 10. Cálculo do NDVI médio para o sexénio 2016-2021.

•maxSSS

Para definir o maxSSS, é necessário começar pelos conceitos clássicos de ecologia espacial ou de modelos de distribuição de espécies que estão reunidos nesta secção (Fletcher e Fortin 2019):

-**Erros de omissão:** Taxa de falsos positivos. Em outras palavras, valores preditos como presença mas que, na realidade, são ausências.

-**Erros de comissão:** Taxa de falsos negativos. O contrário os erros de omissão, valores preditos como ausências mas que constituem presenças verdadeiras.

-**Sensibilidade:** Taxa de verdadeiros positivos.

-**Especificidade:** Taxa de verdadeiros negativos

-**True Skill Statistic (TSS):** Sensibilidade + Especificidade – 1. Esta métrica clássica de discriminação já tem incorporada a soma da sensibilidade e da especificidade, pelo que é comum na literatura sinonimizar maxSSS e maxTSSS.

Um dos aspectos principais desta metodologia é a necessidade de possuir polígonos que representem as áreas de laurissilva atual bem consolidada, que constituirão a fração de verdadeiros positivos, do mesmo modo que são necessários polígonos que não correspondam à laurissilva, que constituirão a fração de verdadeiros negativos. Isto será utilizado para construir um ficheiro raster binário de laurissilva/ não laurissilva, em que o valor 1 será atribuído aos píxeis com laurissilva e o valor 0 aos píxeis não pertencentes a ela. Além disso, utilizaremos o NDVI anteriormente calculado.

Basicamente, será utilizado como limiar o valor de NDVI que maximiza a soma da especificidade e sensibilidade (em adiante maxSSS), ou seja, que maximiza o TSS. Trata-se do valor numérico que tem a capacidade de acolher e equilibrar melhor os valores de NDVI que constituem o habitat 9360 e de discriminar os píxeis que não fazem parte do habitat. É, portanto, o valor que melhor equilibra e minimiza tanto os erros de omissão como os de comissão.

Sobre o raster binário e de NDVI será gerada uma série de pontos aleatórios para recolher os valores de NDVI e de presença/ausência de laurissilva (0 ou 1), formando um *dataframe* de valores preditos e observados, respetivamente. Sobre eles será aplicada a função de otimização de limiares baseados na especificidade e sensibilidade, devolvendo um valor numérico atribuível ao maxSSS. Este processo será repetido de forma iterativa 10 vezes, sendo o valor médio o limiar utilizado para reclassificar o NDVI médio e o raster binário que separa a laurissilva da não laurissilva. O fluxo de trabalho completo para conhecer o maxSSS está resumido na Figura 11.

São necessárias várias bibliotecas de R, como ‘raster’ (Hijmans 2023), ‘modEvA’ (Barbosa et al., 2013), “dismo” (Hijmans et al., 2023) e “ggplot2” (Wickham 2016).

A fim de facilitar esta metodologia e tornar o fluxo de trabalho reproduzível, o script R *ndvi_maxSSS.R* é incorporado nesta memória. Onde todos os cálculos são efetuados, independentemente do período considerado, das condições de estresse hídrico que prevaleceram durante esse período, etc. Assim, já se considera a possível prevalência de anos secos e a suscetibilidade do NDVI nos mesmos.

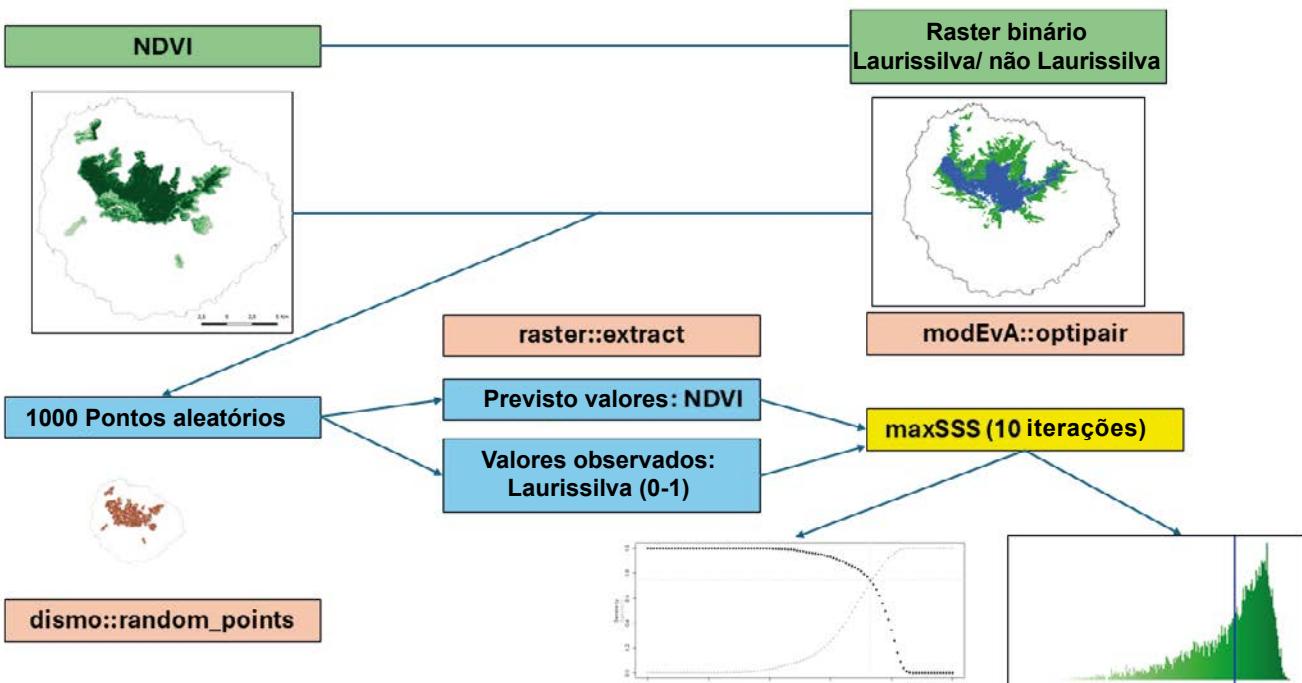


Figura 11. Fluxo de trabalho realizado para obter o limiar maxSSS. Quadro verde, os ficheiros raster de origem, que são os ficheiros de entrada para o procedimento. Quadro azul, os ficheiros em formato vetorial que constituem os pontos com valores de NDVI e de presença/ausência do Habitat 9360. Quadro salmão, as funções das bibliotecas de R correspondentes. Finalmente, Quadro amarelo, o limiar de reclassificação do NDVI.

Como resultado do fluxo de trabalho detalhado anteriormente, obtém-se um valor médio de 10 iterações de NDVI, que constitui o limiar de corte que separa a laurissilva do resto dos habitats na zona de estudo nos dois períodos de seis anos considerados (Tabela 2). Este valor limiar é adaptado à distribuição de valores do NDVI para o período considerado e à distribuição das manchas de laurissilva anteriores, mostrando assim uma baixa sensibilidade às oscilações sazonais ou à irregularidade das condições de humidade. Além disso, minimiza os erros de atribuição (maximizando o TSS).

| Sexénio | Limiar (10 iterações) |
|-----------|-----------------------|
| 2016-2021 | 0.741 ± 0.01 |
| 2018-2023 | 0.691 ± 0.01 |

Tabela 2. Tabela 2. Valor de maxSSS para cada sexénio considerado, juntamente com o seu desvio.

| Produtos de satélite utilizados | Fornecedor |
|--|------------|
| S2A_MSIL2A_20160117T115312_N0201_R123_T28RBS_20160117T115314 | Sentinel-2 |
| S2A_MSIL2A_20170101T115212_N0204_R123_T28RBS_20170101T115212 | Sentinel-2 |
| S2B_MSIL2A_20180121T115209_N9999_R123_T28RBS_20221107T125726 | Sentinel-2 |
| S2B_MSIL2A_20190116T115219_N0211_R123_T28RBS_20190116T141038 | Sentinel-2 |
| S2A_MSIL2A_20200116T115211_N0213_R123_T28RBS_20200116T125318 | Sentinel-2 |
| S2A_MSIL2A_20210130T115221_N0500_R123_T28RBS_20230522T093800 | Sentinel-2 |
| S2A_MSIL2A_20220115T115221_N0301_R123_T28RBS_20220115T141122 | Sentinel-2 |
| S2B_MSIL2A_20230105T115219_N0509_R123_T28RBS_20230105T135146 | Sentinel-2 |
| S2B_MSIL2A_20240110T115219_N0510_R123_T28RBS_20240110T125311 | Sentinel-2 |

A Figura 12 mostra os histogramas de valores raster para cada sexénio de NDVI considerado nesta secção, assim como os limiares calculados anteriormente para cada um deles. Em termos gerais, trata-se de distribuições inclinadas para a direita, as regiões de NDVI onde se dá a maior acumulação de células coincidem com os valores mais elevados do referido índice para a área de estudo. Em termos de valor limiar para ambas as distribuições, o valor para o sexénio 2016-2021 é ligeiramente superior ao do sexénio 2018-2023, tal como o valor máximo de NDVI (0,88 e 0,86, respetivamente) e a mediana (0,71 e 0,66), que é um indicador mais robusto para utilizar em distribuições com um viés evidente para uma das caudas da distribuição e que também tem sido sugerido na literatura como valor limiar em muitas ocasiões. Para esta situação, o uso da mediana aumentaria de forma significativa a taxa de falsos positivos, ou seja, píxeis sem habitat 9360 que o processo de limiarização atribuiria como tal.



Se destaca a formação incipiente de uma tendência nos valores intermédios de NDVI no segundo sexénio, sobretudo com valores em torno de 0,6, coincidindo com a recuperação da área incediada, mas ainda não integrada na matriz florestal, nem de momento na laurissilva, por se encontrar abaixo do limiar de corte.

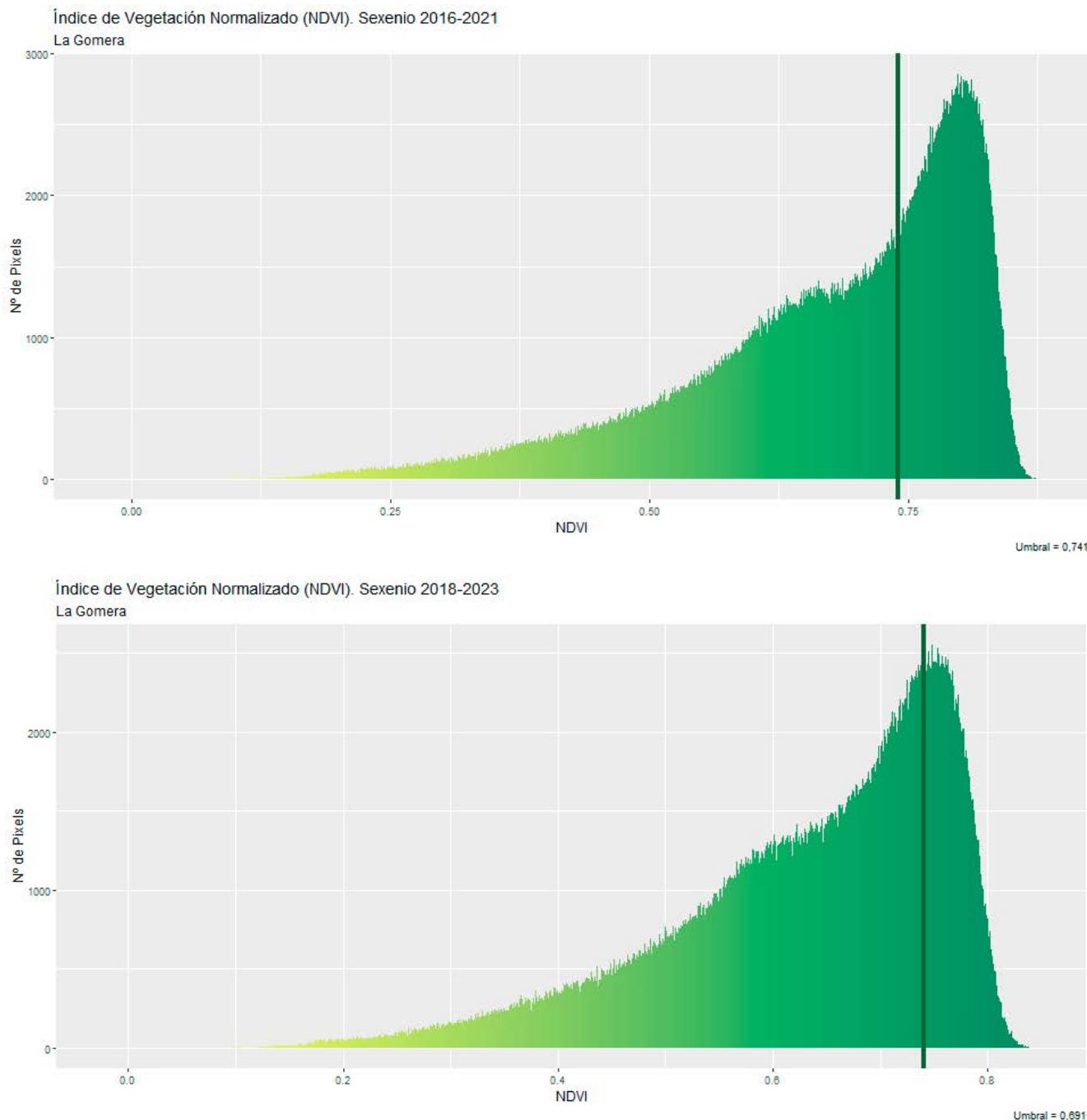


Figura 12. Histogramas de NDVI para o sexénio 2016-2021 (gráfico superior) e para o sexénio 2018-2023 (gráfico inferior). A assimptota vertical verde indica o valor do limiar sobre a distribuição dos valores de NDVI. O eixo X mostra os valores de NDVI, que variam entre -1 e 1, enquanto o eixo Y representa a frequência de ocorrência destes valores através da contagem de pixels.

Este valor limiar será utilizado sobre os rasters médios de NDVI através de uma reclassificação efetuada com a calculadora raster e a álgebra de mapas (Figura 13), resultando num raster binário cujo valor 1 representará o habitat de interesse, enquanto os píxeis avaliados com 0 serão as células consideradas como não constituintes do habitat (Figura 14).

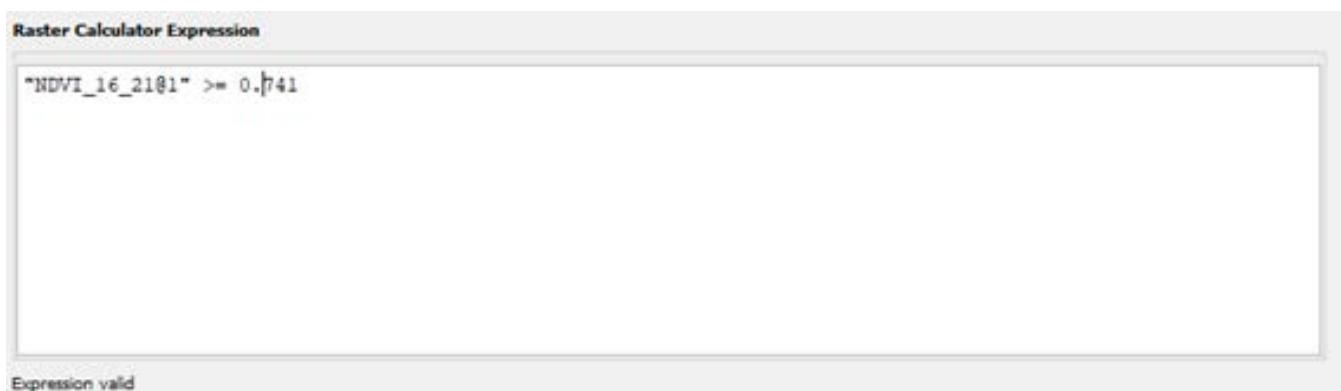
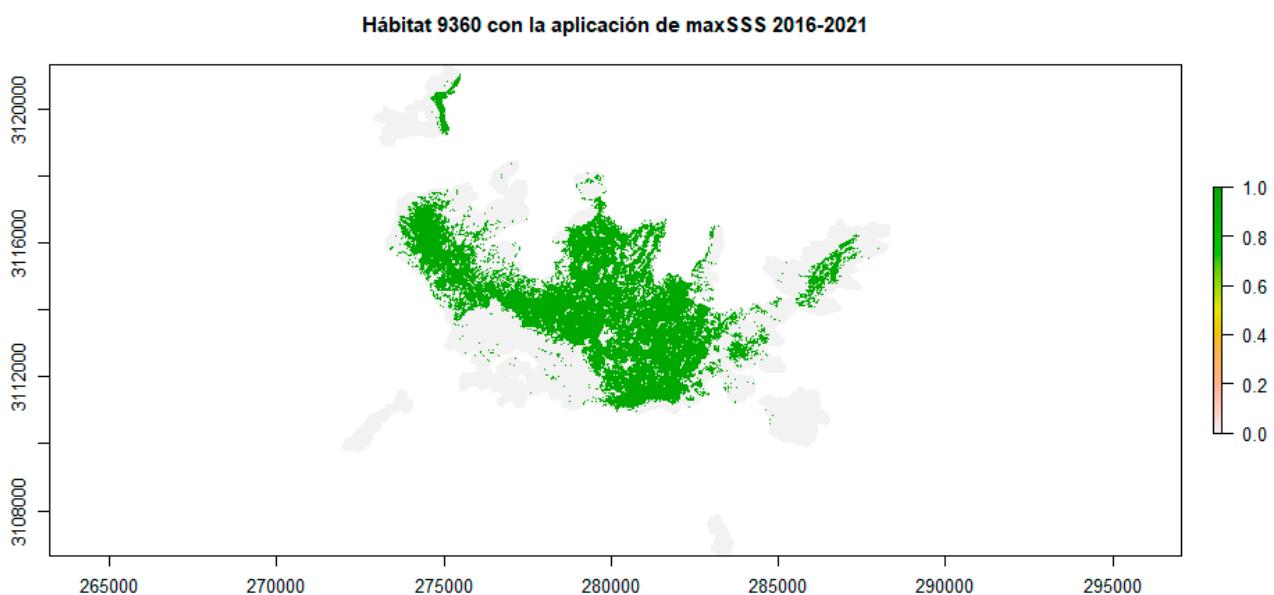
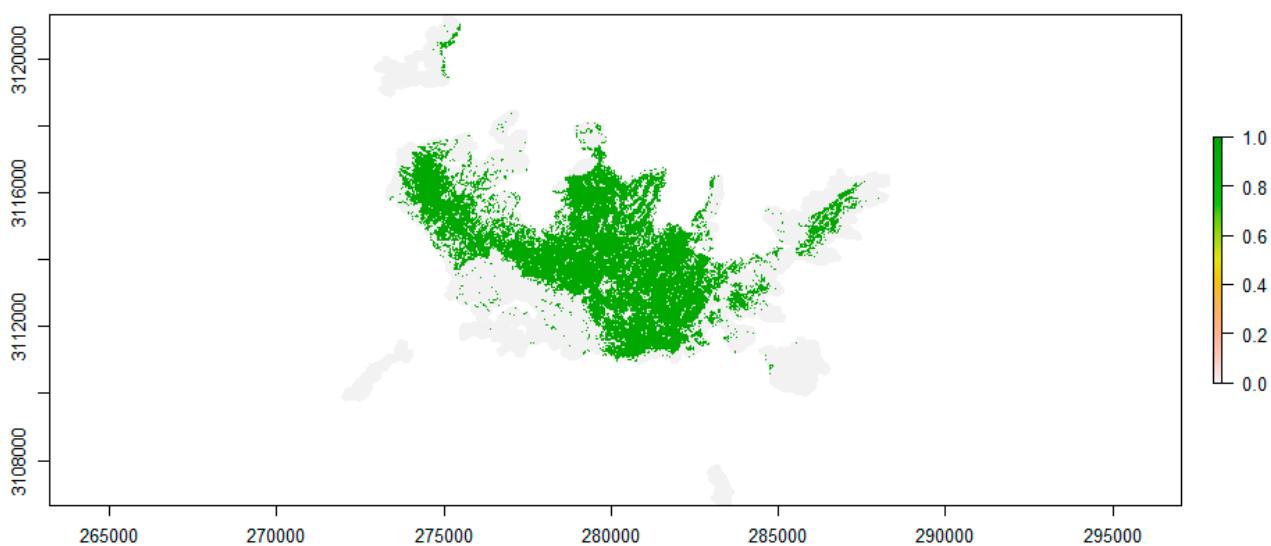


Figura 13. Reclassificação do raster médio de NDVI a partir do limiar maxSSS obtido anteriormente.



Hábitat 9360 con la aplicación de maxSSS 2018-2023

**Figura 14.** Mapas binários do Habitat 9360 após a aplicação do maxSSS sobre o NDVI de cada série temporal.

• Cálculo de estatísticas a partir de um raster binário.

O algoritmo nativo de QGIS ‘raster layer unique values report’ devolve um quadro resumo com o número de píxeis (Figura 15) e a área correspondente em m² para cada uma das duas classes binárias com as quais temos estado a trabalhar até agora: o habitat 9360 e as áreas excluídas do mesmo. O único *input* requerido pela operação de geoprocessamento é um raster categórico para o habitat de interesse, como o que foi previamente gerado durante o processo de *thresholding*. É uma alternativa eficiente e de extrema utilidade para calcular áreas e superfícies de mudança, evitando conversões custosas para pontos ou polígonos. O Quadro 3 mostra os cálculos de área para as classes binárias e os períodos de NDVI considerados.



| | value | count | m2 |
|---|------------|--------|-------------------|
| 1 | 0 | 364435 | 36443500,00000000 |
| 2 | 1,00000000 | 265561 | 26556100,00000000 |

Figura 15. Figura 15. Aplicação e resultados do algoritmo "raster layer unique values".

| Período NDVI | Laurissilva (Ha) | Outros habitats (Ha) |
|--------------|------------------|----------------------|
| 2016-2021 | 2655.6 | 3644.4 |
| 2018-2023 | 2612.3 | 3687.7 |

Quadro 3. Resumo das superfícies atribuíveis ao Habitat 9360 após considerar as séries temporais de NDVI.

• Análise da estabilidade espacial da laurissilva na comparação de dois sexénios

Esta última secção continua a fazer parte do acompanhamento espacial do habitat 9360, mas aplicado à comparação dos dois sexénios de forma conjunta. Em resumo, pretende-se a delimitação espacial e a quantificação dos setores onde se promoveria a estabilidade, assim como identificar as regiões de possível perda ou contração e de expansão ou ganho de superfície da laurissilva. Esta identificação pode ser um instrumento muito útil do ponto de vista da gestão, do mesmo modo que exigiria de forma coordenada prospeções nas zonas de perda ou de ganho identificadas.

Ao subtrair, utilizando a álgebra de mapas (Figura 16), dois rasters binários (cujos valores são 1 e 0), são produzidos 3 valores de células possíveis:

- 1: Células de valor 1 no primeiro sexénio e de valor 0 no segundo: píxeis relativos à perda de laurissilva.
- 0: Células de valor 1 em ambos os sexénios: píxeis de manutenção e onde a estabilidade da massa florestal seria promovida.
- 1: Células com valor 0 no primeiro sexénio e com valor 1 no segundo: são células que cumprem a condição de fazer parte da laurissilva.



Figura 16. Cálculo com calculadora raster da dinâmica dos píxeis entre sexénios.

A Figura 17 representa a dinâmica do habitat de estudo a través da comparação entre sexénios. A tendência geral sobre a superfície da área de estudo é para a estabilidade (Quadro 4), sobretudo no setor central, onde se mantém a grande maioria do grosso dos píxeis constituintes do habitat. As zonas de perda são ligeiramente superiores às zonas onde o habitat poderia ter encontrado novas prospeções. Destacam-se as ocorridas no Alto Garajonay e na cordilheira de Vallehermoso, assim como as do Parque Natural de Majona. Estas duas últimas estão fora dos limites do Parque Nacional de Garajonay. Os ganhos baseiam-se em píxeis soltos, muitos dos quais estão inseridos numa matriz de píxeis que constituem o habitat atual ou estão localizados no sudoeste, onde a formação florestal está a recuperar após o incêndio de 2012.

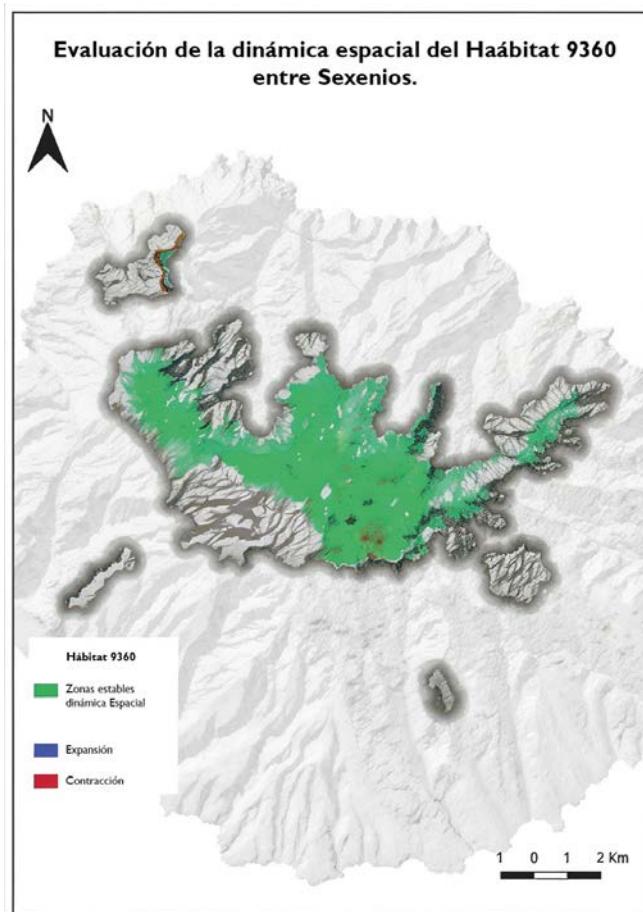


Figura 17. Mapa da dinâmica da laurissilva nos sexénios considerados. Nele consideram-se áreas comuns entre os doissexénios (tons de verde), áreas de perda de píxeis ideais (células a vermelho) e novas áreas de expansão do habitat (píxeis azuis).

| Dinâmica | Área (Ha) |
|--------------|-----------|
| Ganho | 42.32 |
| Estabilidade | 5411.7 |
| Perda | 84.6 |

Quadro 4. Comparação entre sexénios em termos de quantidade de laurissilva que se mantém, perda ou ganho desta.

• Conclusão

A aplicação de maxSSS como *threshold* é uma boa alternativa para limiarização de séries temporais sexenais de NDVI, com uma série de vantagens e desvantagens, que são pormenorizadas a seguir e que teriam de ser ponderadas em relação aos dados de partida.

Vantagens:

- Grande robustez numérica e baixa sensibilidade ante possíveis irregularidades no NDVI.
- Replicável para qualquer data de NDVI e qualquer lugar. Elevada reprodutibilidade graças ao código.
- Agilidade computacional ao trabalhar com reamostragens.

Desvantagens:

- Não existem cálculos pormenorizados por intervalos, uma vez que hipotéticas ruturas naturais poderiam afetar. Trata-se de uma binarização pura.
- Requer programação.
- O ponto de partida é uma cartografia detalhada ou, pelo menos, parcial das áreas do Habitat 9360 para um melhor treino do método.

ESTUDO DE CASO 3: Utilização do NDVI para a deteção de espécies invasoras na laurissilva. O caso do castanheiro (*Castanea sativa* Mill.) em La Palma.

Introdução

A presença do castanheiro (*Castanea sativa*) tem sido amplamente reportada nas ilhas Canárias mais ocidentais, embora de forma mais evidente na ilha de La Palma (Figura 20, esquerda), onde a sua capacidade de colonização no espaço potencial da laurissilva tem sido discutida há anos (Santos-Guerra 1983), como se pode ver na Figura 20 (direita). Na referida figura, que representa os píxeis do castanheiro e da laurissilva potencial num espaço bivariado, é possível ver que as áres do castanheiro adquirem os mesmos valores de índice ombrotérmico (em adiante I_o) e de índice de termicidade compensada (em adiante I_{tc}) que uma fração muito específica da laurissilva potencial. Estas variáveis bioclimáticas são dois dos principais descritores bioclimáticos da laurissilva das Canárias (juntamente com a presença de névoa) (para mais detalhes sobre a bioclimatologia de La Palma, consultar Garzón-Machado et al., 2013). Este processo de ocupação espacial da laurissilva chegou a materializar-se em publicações científicas com uma abordagem diferente (e.g: Devkota et al., 2020; González-Montelongo e Pérez-Vargas 2021).

A possibilidade de detetar áreas de castanheiros reside no fato de se tratar de uma espécie caducifólia nos meses de inverno, pelo que o fenômeno da perda de folhas entre janeiro e fevereiro facilita esta deteção. Por outro lado, existem espécies arbóreas invasoras com um veredor muito semelhante ao dos elementos da laurissilva, como o *Pittosporum undulatum* e *Cryptomeria japonica* (distribuídas amplamente nos Açores e Madeira); e, em menor escala, *Ulex europaeus*, cuja identificação é muito mais complexa, uma vez que as suas folhas não têm uma fenologia tão marcada.

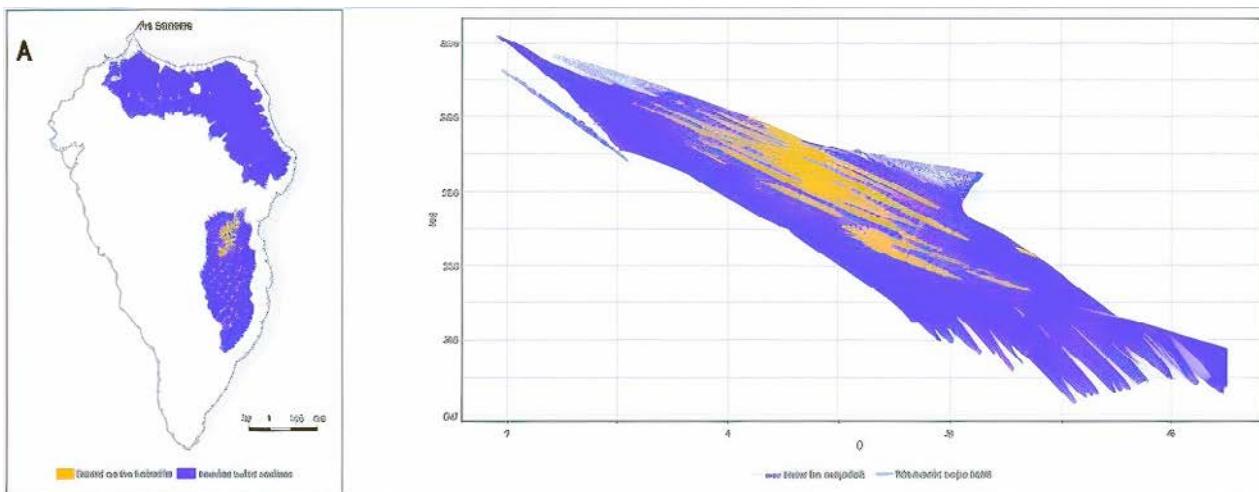


Figura 20. Esquerda: Áreas de castanheiro presentes na área potencialmente atribuível à laurissilva na ilha de La Palma, de acordo com del Arco et al., 2006. Direita: Traçado do espaço bioclimático das duas formações vegetais.

Métodos

Nos exemplos anteriores, foram apresentados vários estudos aplicados à deteção e avaliação de alterações, neste caso para a laurissilva de La Gomera e o Parque Nacional de Garajonay. Neste caso, serão reunidas várias outras técnicas, mas neste caso para a deteção da propagação de uma espécie potencialmente invasora na região 9360.

O procedimento de **vetores temporais ou a Análise de Alterações nos Vetores (CVA)** é outro método clássico para detetar variações espetrais entre dois cenários. Baseia-se na modificação do nível digital entre as bandas do cenário, o que implica também uma alteração da sua localização espectral. Incorpora tanto a importância da alteração como a magnitude desta. A magnitude é definida pelo comprimento do vetor que separa o nível digital do píxel no cenário 1 e 2 de acordo com a banda/índice correspondente. Por exemplo, um píxel que reduza o seu valor de vigor vegetal diminui o seu nível digital no infravermelho próximo (menor refletância) e aumenta-o no vermelho (maior refletância; menor capacidade de absorção do vermelho, diminuição na maquinaria fotossintética, senescência, etc.). Por conseguinte, o vetor terá uma direção descendente e para a direita do eixo bivariado NIR-RED. Esta análise fornece dois resultados em formato raster, um com o ângulo da alteração no espaço e o outro com a magnitude deste.

Os resultados obtidos a partir da regressão linear (rasteres preditos e residuais), o NDVI dos dois cenários, a sua diferença entre datas (dNDVI) e a magnitude e o ângulo de mudança obtidos de CVA, todas as variáveis em formato raster e com um elevado nível de autocorrelação e multicolinearidade (Leutner e Wegmann 2016), são introduzidas numa **análise de componentes principais raster** (em adiante RPCA, nas suas siglas em inglês) após escalonamento e normalização, a fim de obter variáveis raster sem dimensão, não correlacionadas e combinação linear das anteriormente introduzidas, que tentam acolher a máxima variabilidade das características espetrais do espaço.

Posteriormente, estes componentes principais resultantes são submetidos a um cluster k-medias (método não supervisionado, mas que necessita de estabelecer um número “*a priori*” de agrupamentos), um método clássico aplicado em dados provenientes de deteção remota para distinguir grupos homogéneos entre si e grupos heterogéneos entre eles no terreno, comunidades vegetais (Hoffman et al., 2018), etc. Este método distribui aleatoriamente um número de pontos semente no espaço espectral. A seguir, uma grande amostra de píxeis é então agrupada na sua semente mais próxima e o valor espectral médio deste grupo é calculado. Este valor médio assemelha-se a um centro de massa dos pontos e é conhecido como o centroide. Em cada iteração, as médias das classes são recalculadas e os píxeis são reclassificados de acordo com as novas médias. Este processo é repetido até que os centroides permaneçam relativamente estáveis e apenas alguns píxeis mudem de classe nas iterações seguintes (Puzzi et al., 2024). Para isso, são efetuadas 100 réplicas, levando em consideração os cinco tipos de cobertura do solo considerados na camada de estudo: fayal-urzal/laurissilva, pinhal húmido, castanheiro, culturas e áreas inundadas recentes. Este procedimento é variável consoante a natureza do território de estudo e o conhecimento do mesmo. O esquema de trabalho para este estudo de caso está resumido na Figura 21.

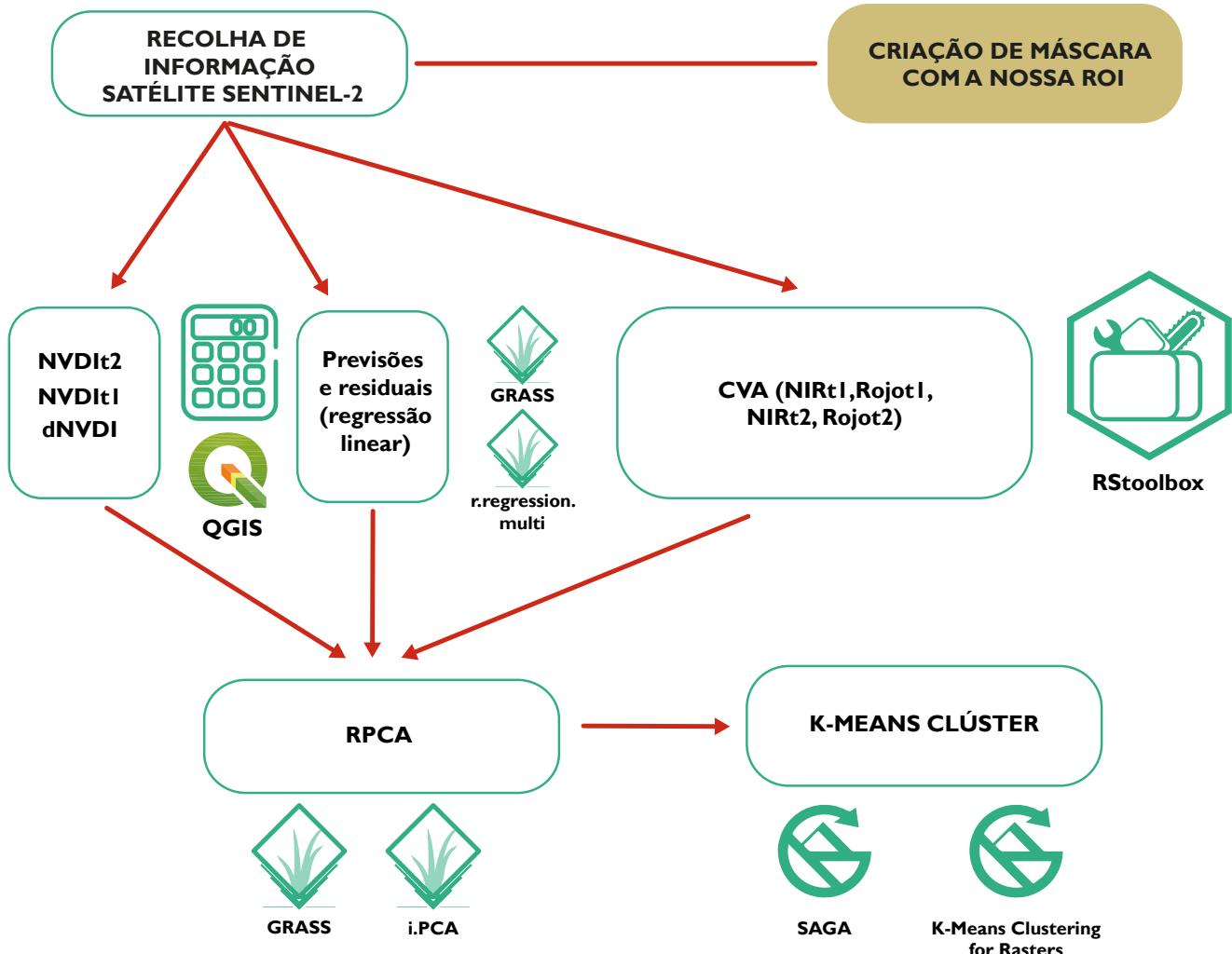


Figura 21. Fluxo de trabalho utilizado na metodologia. Em azul, os processos que envolvem a saída em formato raster, em verde, a saída vetorial. Cada processo é acompanhado da sua ferramenta de aplicação no ambiente QGIS e R.

O resultado final deste procedimento de deteção de alterações é um conjunto de clusters ou agrupamentos espaciais, cujos pixels intracluster têm características comuns de vermelho e de alteração, que permitem distingui-los do resto dos clusters formados. Estes clusters serão analisados e validados com informação temática e outras fontes digitais de alta resolução, a fim de filtrar e eliminar os possíveis pixels residuais.

| Produtos de satélite utilizados | Fornecedor |
|--|------------|
| S2A_MSIL2A_20180708T120331_N0208_R023_T28RBS_20180708T141805 | Sentinel-2 |
| S2A_MSIL2A_20190213T120321_N0211_R023_T28RBS_20190213T172742 | Sentinel-2 |

Resultados

Uma das formas possíveis de avaliar o comportamento da refletância das coberturas de vegetação é através do estudo de sua assinatura espectral. Ou seja, traçar o percurso da refletância nas diferentes regiões do espetro ou comprimentos de onda das classes escolhidas, neste exemplo, a do castanheiro, o fayal-urzal e a laurissilva, respetivamente. Como se pode observar na assinatura espectral do fayal-urzal, a laurissilva e as manchas de castanheiro para o conjunto de bandas de fevereiro de 2019 (Figura 22), pode deduzir-se uma maior refletividade do castanheiro no vermelho e no infravermelho de ondas curtas (SWIR1 e SWIR2, bandas 11 e 12, respetivamente), precisamente as regiões do espetro onde a ausência de vegetação (neste caso, a ausência de folhas e de estrutura foliar) é notória com valores mais elevados. Esta dinâmica é típica das formações caducifólias, facto que é ainda mais evidente num contexto de vegetação maioritariamente perene (Caparrós-Santiago et al., 2023). No NIR, como era de esperar, a referida refletância é mais baixa para o fayal-urzal e as manchas de laurissilva, vegetação geralmente sempre verde e cuja maquinaria e rendimento fotossintético é mais estável ao longo do ano.

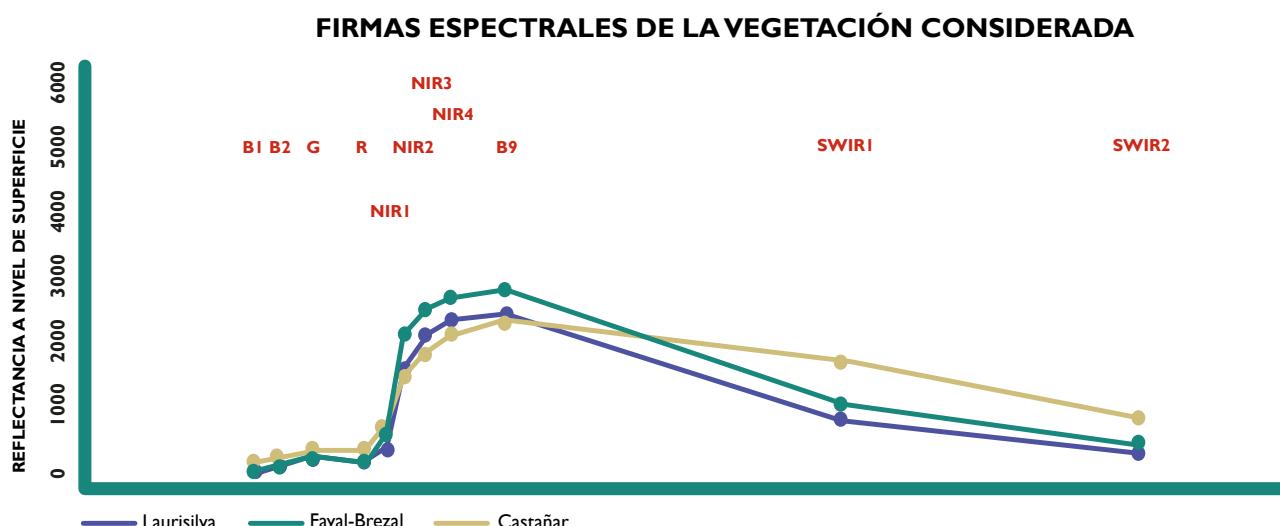


Figura 22. Trajetória espectral das coberturas consideradas para fevereiro de 2019.

De acordo com a figura 23, constata-se a deteção de manchas de castanheiros, que têm uma presença notável na área de estudo. Por outro lado, observa-se como estas formações aumentaram a sua distribuição espacial para sul, na zona de Breña Baja, em pleno esporão da crista da Cumbre Nueva, orientados para o leste, num domínio potencial de laurissilva e cuja vegetação atual é atribuída ao fai-al-urzal. No setor nordeste da ilha, as manchas identificadas de castanheiro são de menor relevância, tal como acontece com as localizadas no pinhal húmido.

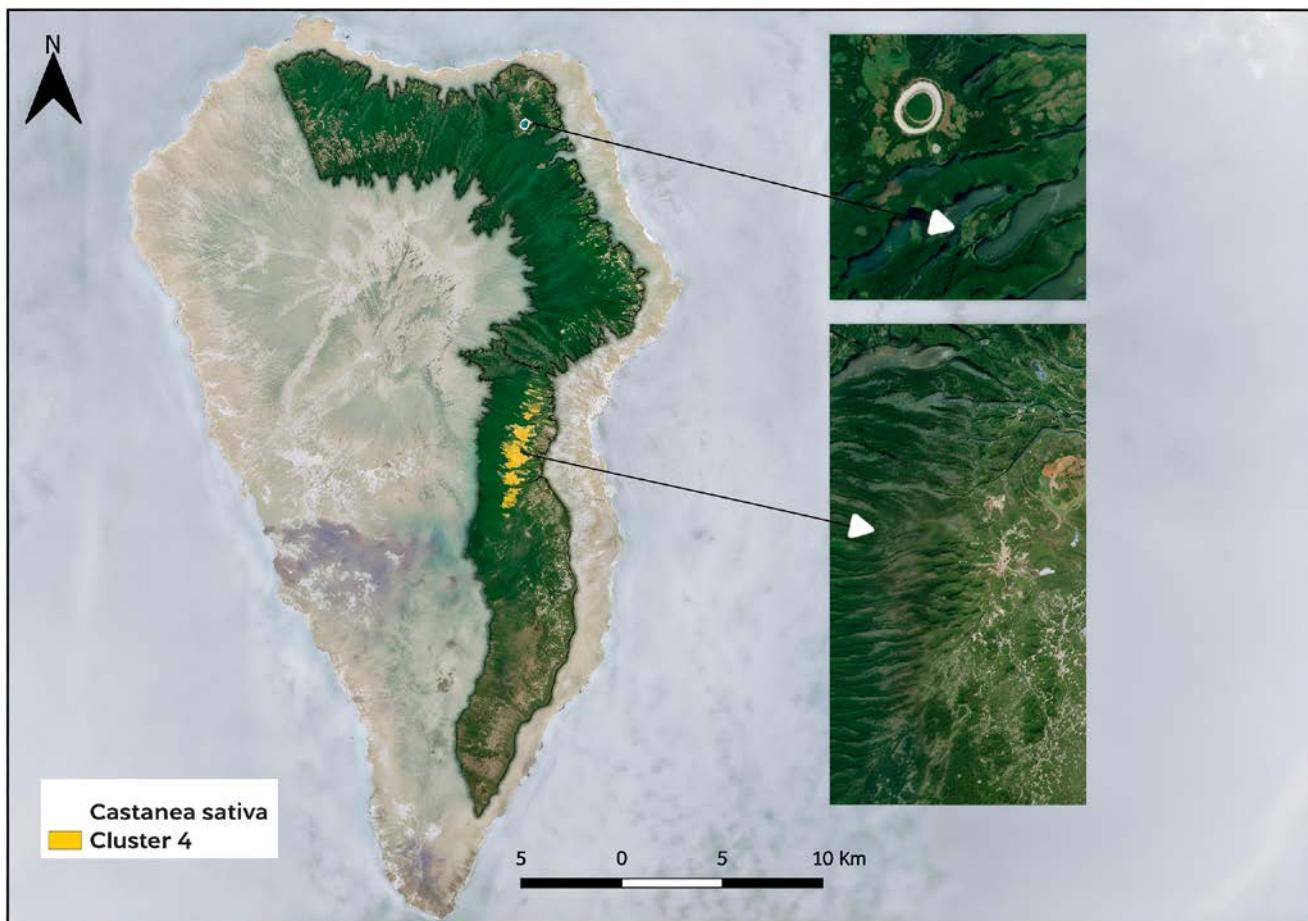


Figura 23. Manchas de castanheiro localizadas utilizando PCA + K-means.

O Quadro 4 mostra a comparação entre a superfície obtida com a metodologia descrita anteriormente e a estabelecida por del Arco e colaboradores em 2006 no Mapa de Vegetação das Canárias. A área correspondente às manchas de castanheiros aumentou na zona de estudo em 16 hectares em 2019, principalmente em detrimento do fayal-urzal, embora também em áreas pertencentes à laurissilva húmida.

| Manchas de castanheiro | Área (ha) |
|-------------------------|-----------|
| del Arco et al., (2006) | 384 |
| Clúster 4 (2019) | 400 |

Quadro 4. Cobertura de castanheiros na área de estudo para a análise aplicada e em comparação com a vegetação real de La Palma (del Arco et al., 2006)

Esta metodologia permite quantificar e monitorizar, praticamente em tempo real, o processo de invasão de uma espécie caducifólia no habitat de interesse, sem ter de recorrer a classificações supervisionadas complexas, que normalmente envolvem uma boa seleção de áreas de treino, a aplicação de um algoritmo de classificação adequado e a sua calibração, um processo de validação e uma correção pós-classificação do resultado. Tudo isto implica um *background* de conhecimento destas técnicas de deteção remota e de classificação, além de um conhecimento da área de estudo e suas coberturas do solo.

4. OUTRAS CONSIDERAÇÕES

Nesta última secção, será feita uma série de observações adicionais sobre as diferentes técnicas de deteção remota, os aspetos que cobrem, as limitações, os casos especiais a ter em conta e os recursos complementares.

- **Notas sobre a granularidade da análise**

O estudo da informação espectral clássica fornece informação muito valiosa sobre a quantidade de biomassa, o estado fisiológico da vegetação, o seu rendimento e atividade fotossintética e pode inclusive ajudar a distinguir unidades de vegetação importantes no território, além de ser uma técnica fundamental para classificações supervisionadas; tudo isto com informação proveniente de satélites e o cálculo posterior de índices de vegetação. Por outro lado, os dispositivos hiperespetrais (UAV) ou as imagens de muito alta resolução (e.g., *RapidEye* ou *Quickbird*) podem ajudar na elaboração de assinaturas espetrais por espécie, o que permite uma diminuição na granularidade da análise, desde grandes unidades de vegetação até ao mapeamento e estudo ao nível das comunidades e inclusive dos táxons e sua distribuição no espaço (Massetti et al., 2016). Por outro lado, se o objetivo do estudo for realizar inferências sobre outras características do ecossistema, como a maturidade, a estrutura, a complexidade vertical, a classificação dos estratos vegetais para a elaboração de modelos de combustível, etc., as opções de aplicação restringem-se a tecnologias como Laser Imaging Detection and Ranging (LiDAR, nas suas siglas inglesas) ou Synthetic Aperture Radar (SAR, nas suas siglas inglesas) (Parada-Díaz et al., 2022).

- **Efeito topográfico**

A topografia pode, por vezes, ser um problema quando se trabalha com imagens de satélite e deteção remota. É um fator limitante que é assumido pelos mesmos princípios em que estas técnicas se baseiam. A posição do sol (elevação solar) no momento da captura do cenário é um fator diferencial. Certas zonas não expostas e topograficamente complexas podem não estar cobertas e, por conseguinte, não apresentar refletância, o que faz com que se tornem sombras absolutas.

Em certas situações, a necessidade do estudo exige que os cenários sejam utilizados numa data específica, pelo que é necessário lidar com este tipo de problemas. Alguns especialistas sugerem o uso de cenários adquiridos durante o verão, pois é a estação do ano em que a incidência dos raios solares é mais vertical, o que neutraliza o efeito de certas sombras. Entretanto, devido à disposição do mar de nuvens nesse período, onde atinge sua maior frequência e acumulação nas encostas expostas aos ventos alísios, pode haver uma redução na disponibilidade de imagens de satélite sem interferência de nuvens. A aplicação de correções topográficas ficou demonstrada que inclusive melhoraram as classificações supervisionadas e semiautomatizadas. A solução para estas situações pode residir, em parte, em comparações entre bandas adquiridas em datas semelhantes mas em anos diferentes, que têm a mesma posição solar e, por conseguinte, o efeito da topografia será neutralizado. Por outro lado, para cenários adquiridos em diferentes épocas do ano, as diferenças de iluminação são um fator limitativo.

- **Métodos baseados em limiares**

Como salienta Chuvieco (2008), a maior parte das técnicas de deteção de mudanças devolvem superfícies de valores contínuos, em que as modificações entre cenários são apresentadas como uma escala gradual de alteração, em vez das desejadas categorias binárias de alteração/estabilidade. Em muitos casos, cabe ao intérprete distinguir as áreas de mudança/não mudança e corroborar, através do trabalho de campo, o sentido e o significado da mudança. Existem alternativas como a segmentação das imagens resultantes ou a natureza e a forma do histograma de valores para avaliar as alterações entre imagens. Teoricamente, com a obtenção de um perfil bimodal, o primeiro valor corresponde a píxeis estáveis, enquanto o segundo é atribuído a píxeis dinâmicos, embora a mudança de natureza seja geralmente gradual e não abrupta e a interpretação deste facto esteja geralmente sujeita à arbitragem do intérprete.

Um dos pontos que mais foi reforçado neste documento é a forma de encontrar um critério científico e quantitativo para esta questão, pelo que foi sublinhada a importância de dispor de uma boa cartografia da vegetação como ponto de partida. A escolha de um valor limiar deve aglutinar tanto a capacidade de acolher a variabilidade significativa dos valores do índice de vegetação proposto, como a capacidade de discriminar as coberturas do terreno desejadas, equilibrando o rácio de erros de omissão e de comissão. Esta última questão é difícil de abordar sem a identificação correta das zonas que correspondem ao habitat e das áreas que não correspondem.



5. REFERÊNCIAS

1. Barbosa AM, Real R, Munoz, AR, Brown, JA (2013) New measures for assessing model equilibrium and prediction mismatch in species distribution models. *Diversity and Distributions*: 19(10).
2. Caparrós-Santiago JA, Quesada-Ruiz LC, Rodríguez-Galiano V (2023) Can land Surface phenology from Sentinel-2 time-series be used as an indicator of Macaronesian ecosystem dynamics? *Ecological informatics* 77: 102239.
3. Chuvieco E (2008) *Teledetección Ambiental*. Ariel Ciencias. Barcelona. 597 pp.
4. del Arco MJ, Wildpret W, Pérez PL, Rodríguez-Delgado O, Acebes JR, García A, Martín-Osorio VE, Reyes-Betancort A, Salas-Pascual M, Díaz MA, Bermejo JA, González R, Cabrera MV, García S (2006) *Mapa de Vegetación de Canarias*. GRAFCAN SL, Santa Cruz de Tenerife, 552 pp.
5. del Arco MJ, Rodríguez O (2018) *The Vegetation of the Canary Islands*. Springer.
6. Devkota RS, Field R, Hoffmann S, Walentowitz A, Medina FM, Vetaas OR, Chiarucci A, Weiser F, Jentsch A, Beierkuhnlein C (2020) Assessing the Potential Replacement of Laurel Forest by a Novel Ecosystem in the Steep Terrain of an Oceanic Island. *Remote Sensing* 12(24):4013.
7. Fletcher R, Fortin MJ (2019) *Spatial Ecology and Conservation Modelling (Applications with R)*. Springer. 523 pp.
8. García-Álvarez D, Camacho-Olmedo MT, Paegelow M, Mas JF (2022) *Land Use Cover Datasets and Validation Tools. Validation Practices with QGIS*. Springer. 462 pp.
9. Garzón-Machado V, Otto R, del Arco MJ (2013) Bioclimatic and vegetation mapping of a topographically complex oceanic island applying different interpolation techniques. *International Journal of Biometeorology*
10. González-Montelongo C, Pérez-Vargas I (2021) Is an invasive alien tree able to sustain a similar lichen diversity as the native forest? The case of the sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) and the laurel forest in Macaronesia. *Forest Ecology and Management* 488: 119009.
11. Hijmans R (2023) *raster: Geographic Data Analysis and Modeling*. R package version 3.6-26
12. Hijmans RJ, Phillips S, Leathwick J, Elith J (2023) *dismo: Species Distribution Modeling*. R package version 1.3-14.
13. Ibarrola-Ulzurrun E, Marcello J, Gonzalo-Martín C, Martín JL (2019) Temporal dynamic analysis of a mountain ecosystem based on multi-source and multi-scale remote sensing data. *Ecosphere* 10 (6).
14. Hoffmann S, Schmitt T, Chiarucci A, Irl SDH, Rocchini D, Vetaas OR, Tanase MA, Mermoz S, Bouvet A, Beierkuhnlein C (2018) Remote sensing of beta-diversity: Evidence from plant communities in a seminatural system. *Applied Vegetation Science*: 1-14.
15. Leutner B, Wegmann M, Dechs S (2016) *Remote Sensing and GIS for Ecologists: Using Open Source Software*. Exeter: Pelagic Publishing, UK. 300 pp.
16. Massetii A, Menezes-Sequeira M, Pupo A, Figueredo A, Guiomar N, Gil A (2016) Assessing the effectiveness of RapidEye multiespectral imagery for vegetation mapping in Madeira Island (Portugal). *European Journal of Remote Sensing* 49: 643-672.

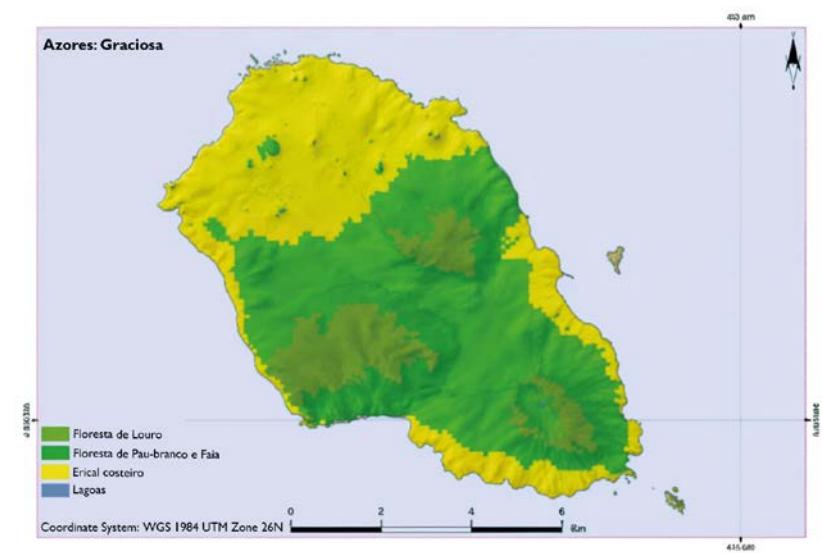
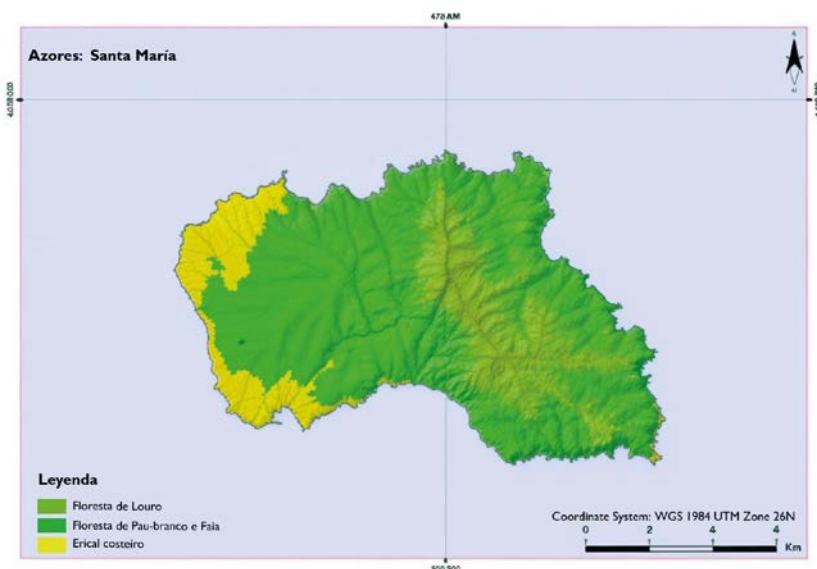
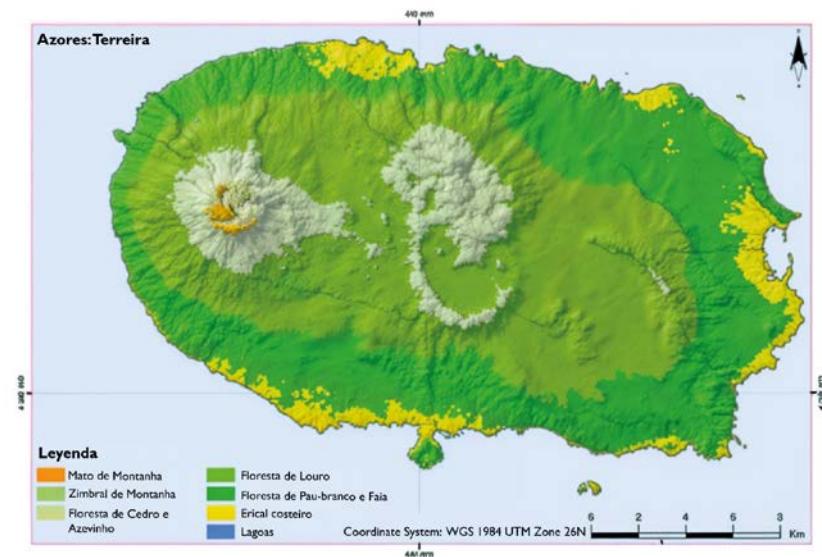
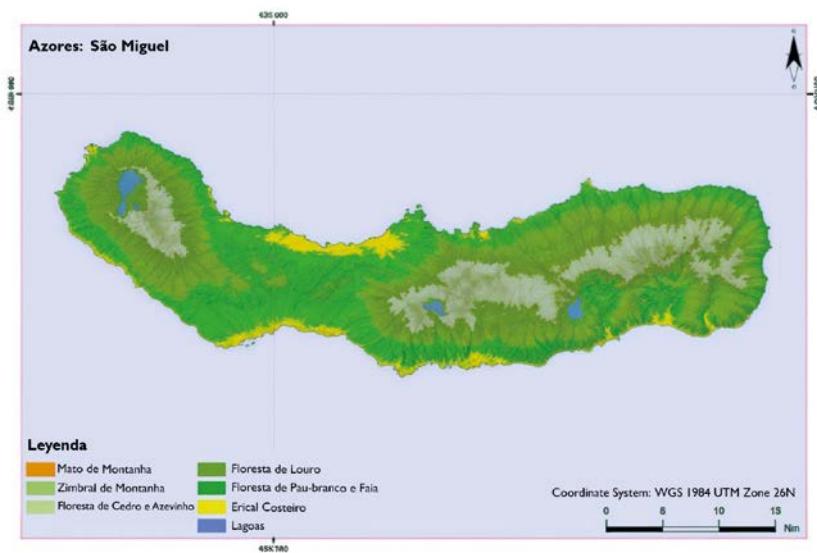
17. Parada-Díaz J, Fernández AB, Gómez LA, del Arco MJ, González-Mancebo JM (2022) Assessing the Usefulness of LiDAR for Monitoring the Structure of a Montane Forest on a Subtropical Oceanic Island. *Remote Sensing* 14: 994.
18. Puzzi A, Dyson K, Saah D, Clinton N (2024) Interpreting an image: Classification. In J.A. Cardille et al., (eds.), *Cloud-Based Remote Sensing with Google Earth Engine*, pp 115-134.
19. Ranghetti L, Boschetti M, Nutini F, Busetto L (2020).sen2r:An R toolbox for automatically downloading and preprocessing Sentinel-2 satellite data. *Computers & Geosciences* 139: 104473.
20. Santos-Guerra A (1983) Flora y Vegetación de La Palma. Editorial Interinsular Canaria. 340 pp.
21. Verbesselt J, Loew F, Wohlfart C, Wegmann M (2016) Time Series Analysis in (Leutner B & Wegmann M eds.) *Remote Sensing and GIS for Ecologists: Using Open Source Software*. Exeter: Pelagic Publishing, UK.
22. Wickham H (2016) *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York.

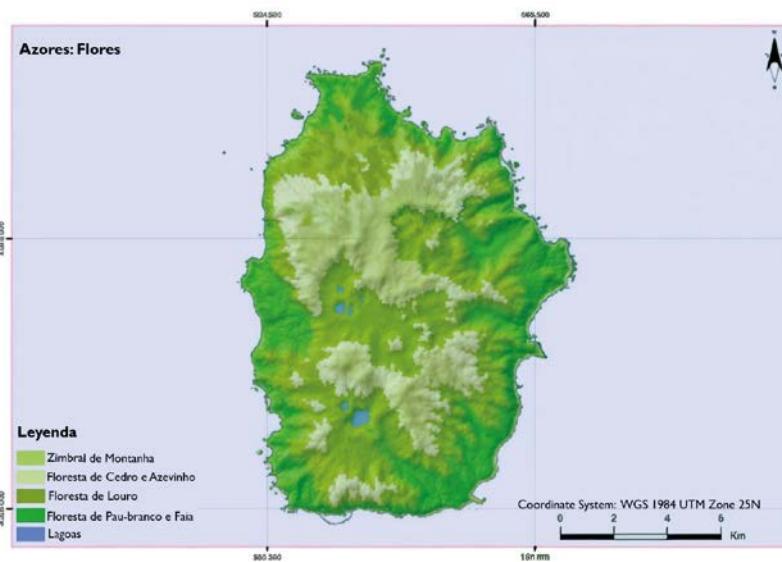
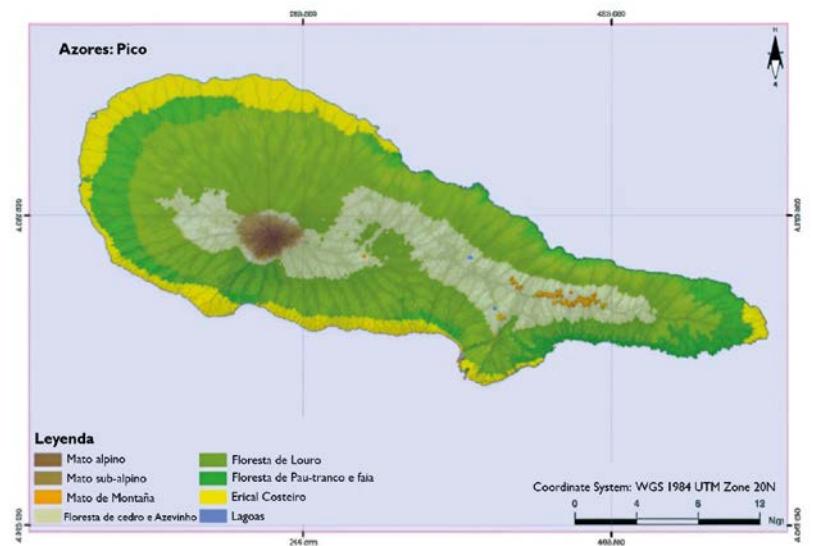
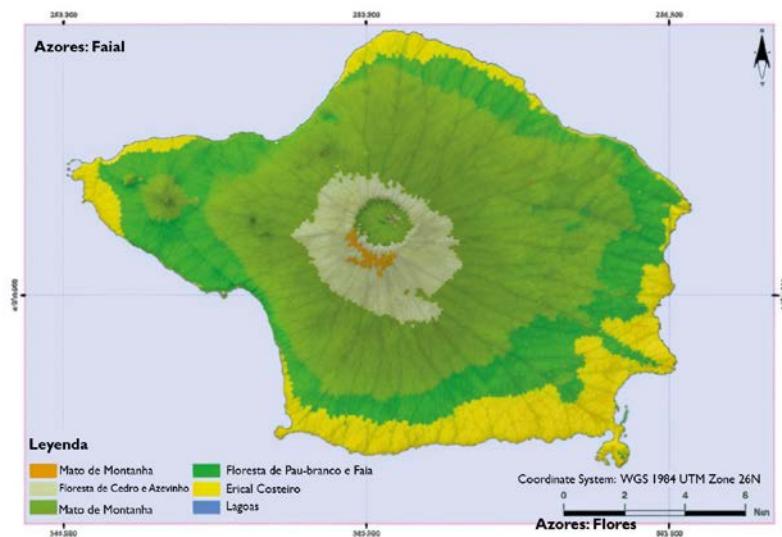
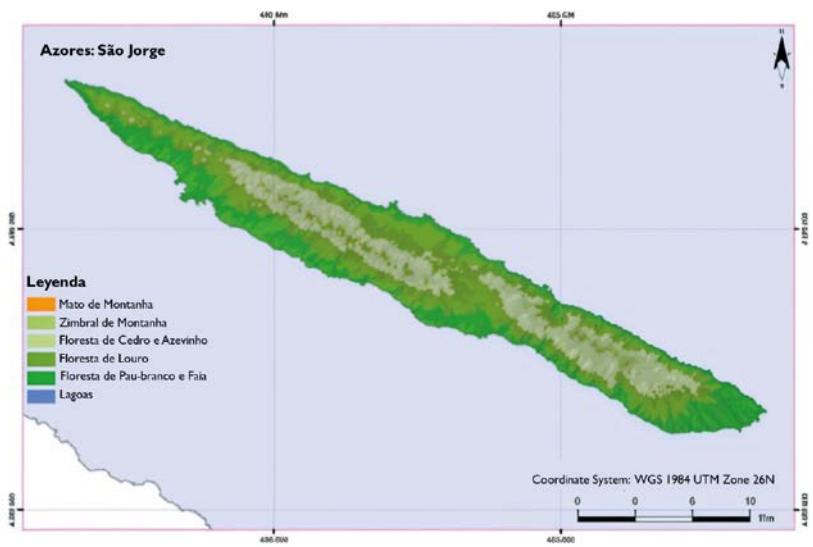
Recursos Web

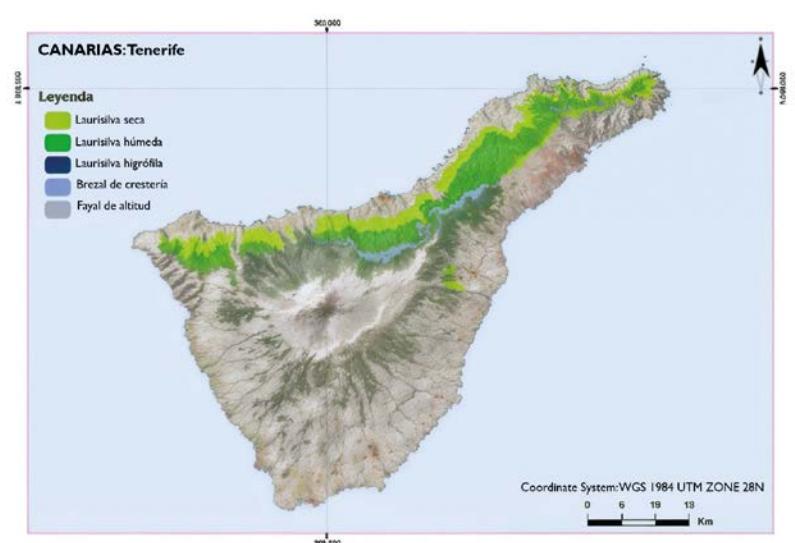
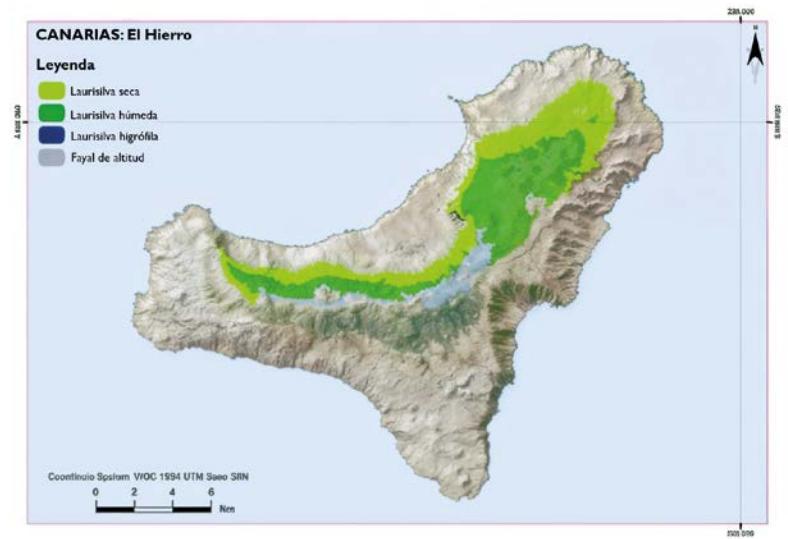
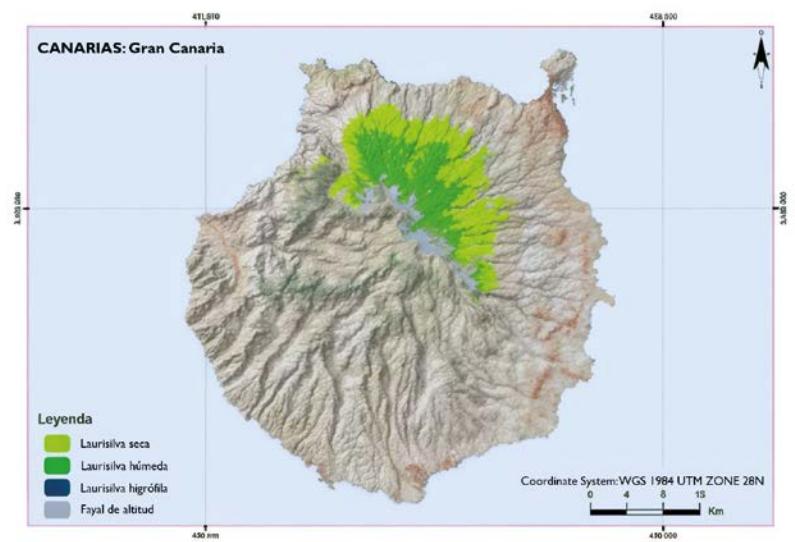
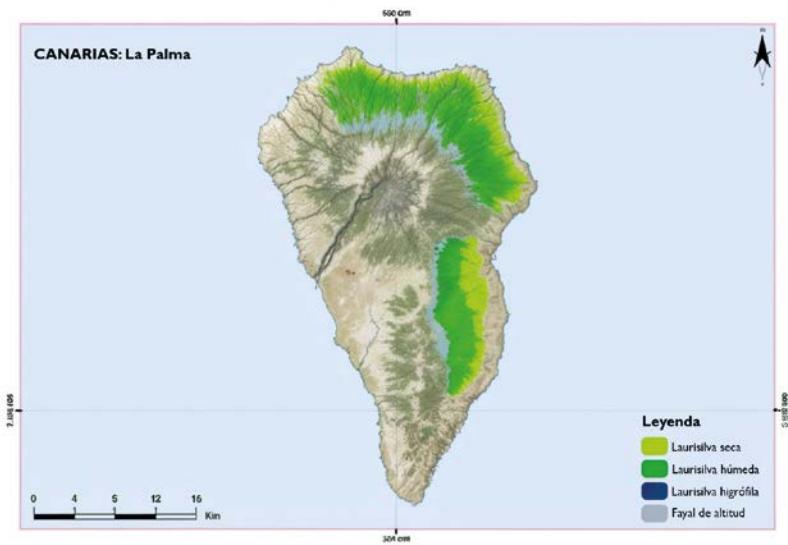
1. https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/9360_tcm30-197129.pdf. [Accedido 21/02/2024].
2. https://www.jolube.net/Habitat_Espana/documentos/9360.pdf. [Accedido 22/02/2024].
3. https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/4050_tcm30-197049.pdf. Accedido [21/02/2024].
4. <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>. [Accedido 17/02/20124].
5. <https://land.copernicus.eu/en/products/corine-land-cover/clc2018>. [Accedido 14/02/2024].
6. https://image.discomap.eea.europa.eu/arcgis/rest/services/Corine/CLC2018_WM/MapServer/legend. Accedido [14/02/2024].
7. <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi/resolutions/spatial>. [Accedido 03/03/2024].
8. https://browser.dataspace.copernicus.eu/?zoom=5&lat=50.16282&lng=20.78613&themeId=DEFAULT-THEME&visualizationUrl=https%3A%2F%2Fsh.dataspace.copernicus.eu%2Fogc%2Fwms%2Fa91f72b5-f393-4320-bc0f-990129bd9e63&datasetId=S2_L2A_CDAS&demSource3D=%22MAPZEN%22&cloudCoverage=30&dateMode=SINGLE [Accedido 13/02/2024].
9. <https://gdal.org/drivers/raster/index.html>. [Accedido 05/03/2024].
10. <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions/sentinel-2/instrument-payload/resolution-and-swath>. [Accedido 05/03/2024].
11. <https://grass.osgeo.org/grass83/manuals/r.regression.multi.html> [Accedido 13/03/2024].

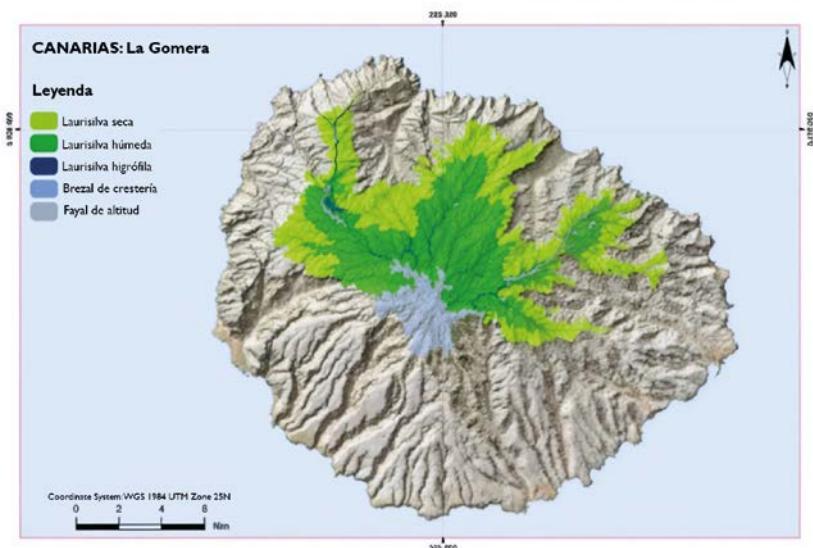
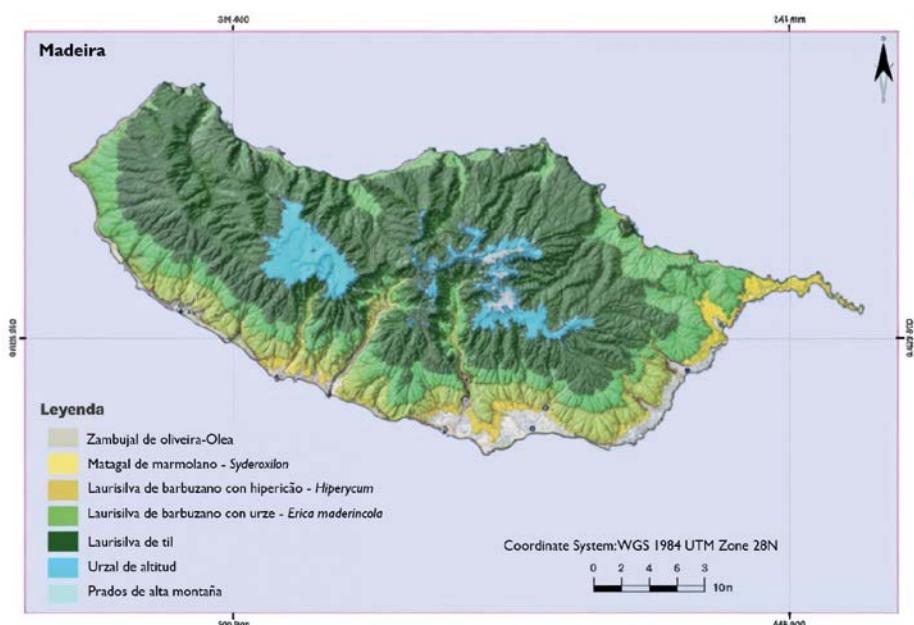
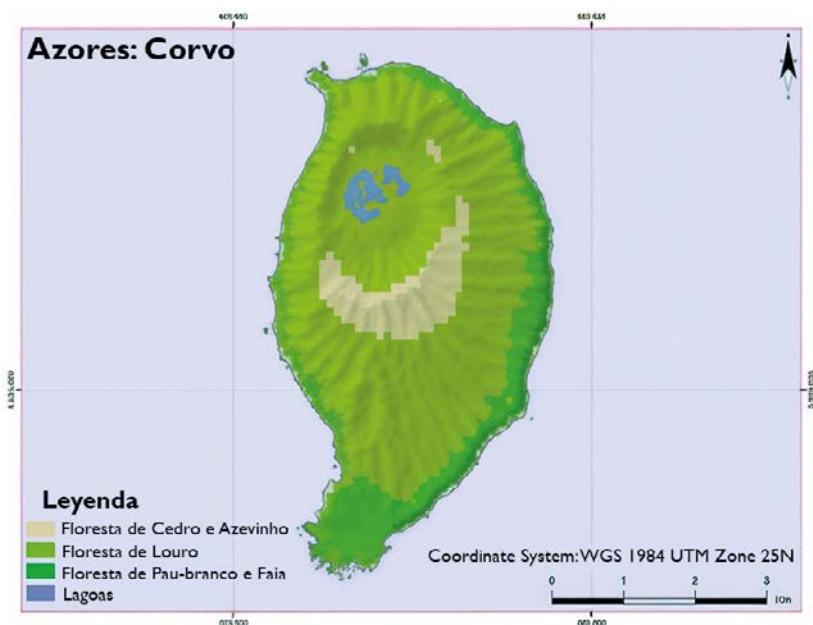
Anexo 4: Mapas da distribuição potencial do 9360 na Macaronésia

(Fonte: Fernández-Palacios et al., 2017)

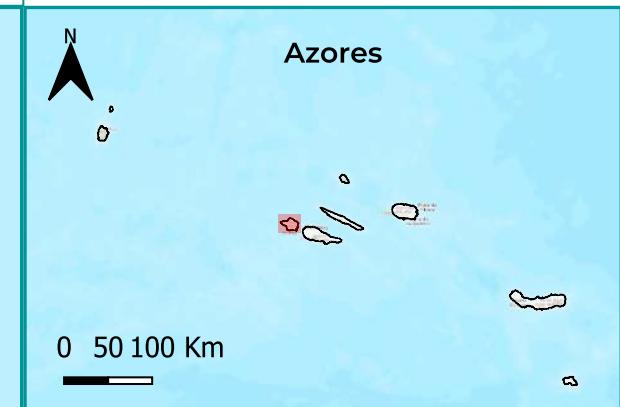
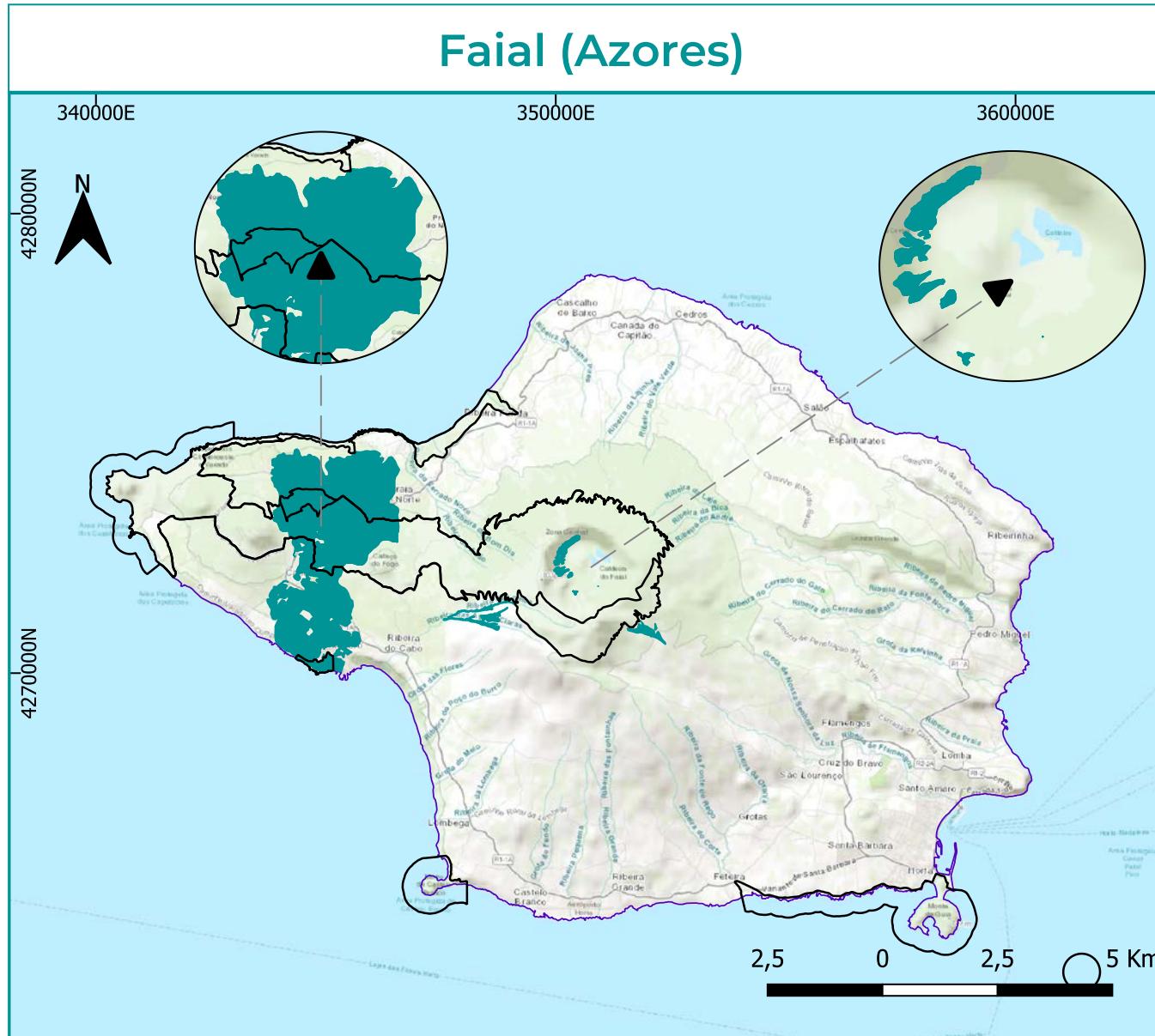








Anexo 5. Mapas da distribuição atual do 9360 e dos limites das áreas protegidas Natura 2000 na Macaronésia.



Projection: PTRA08 / UTM zone 26N

Name : Faial

Total Area (ha): 17305.53

Natura 2000 Network

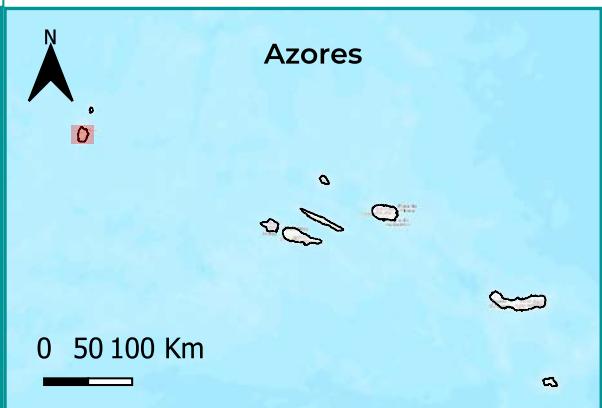
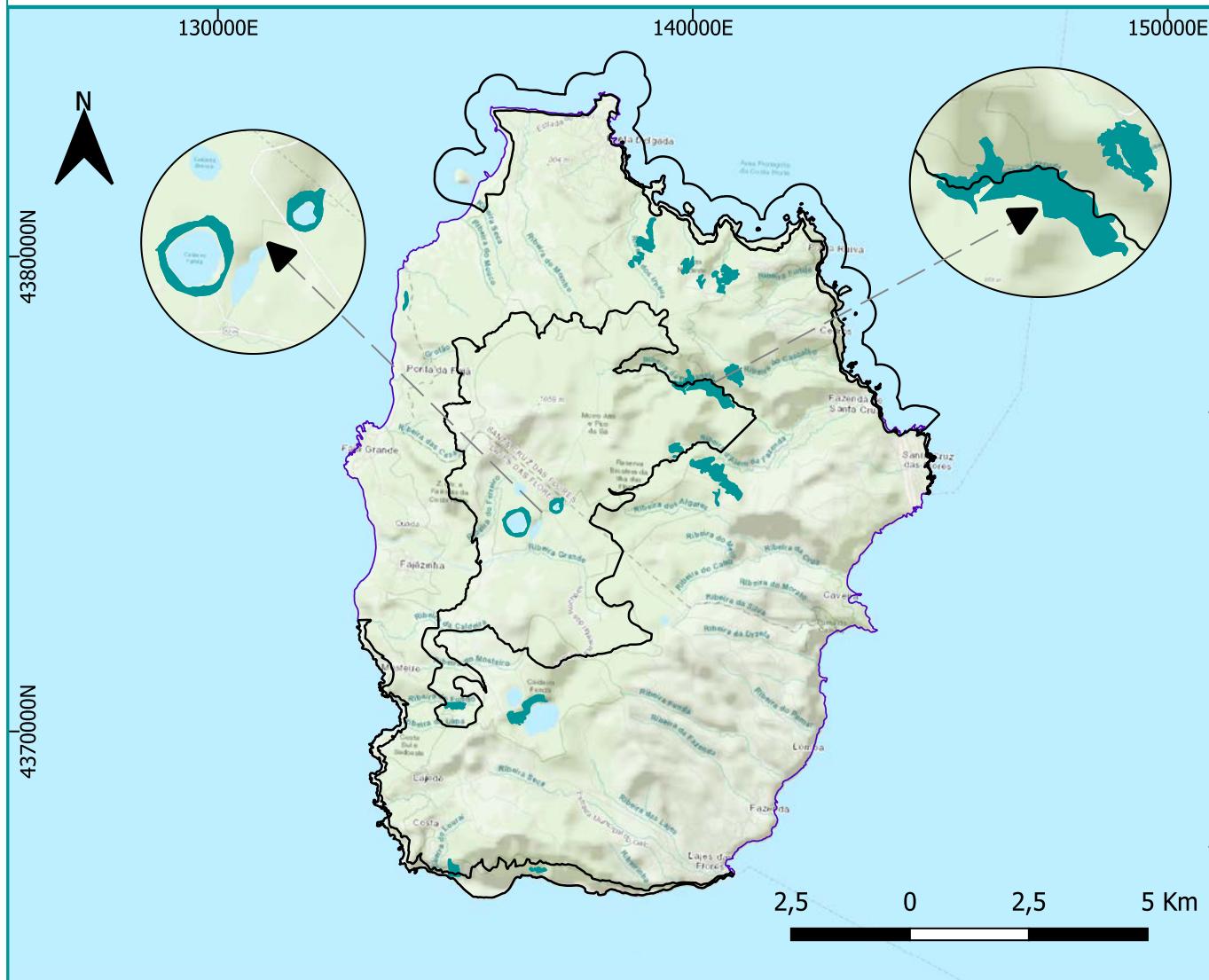


[https://natura2000.eea.europa.eu/
sitecode=PTFAI0004](https://natura2000.eea.europa.eu/sitecode=PTFAI0004)

- Natura 2000
- 9360* - Macaronesian laurel forests

| 9360 area protected (ha) in N2000 | Percentage of island 9360 protected | Contribution (%) to archipelago 9360 protected area |
|-----------------------------------|-------------------------------------|---|
| 300,89 | 34,38 | 5,3 |

Flores (Azores)



Name : Flores

Total Area (ha): 14096.22

Natura 2000 Network

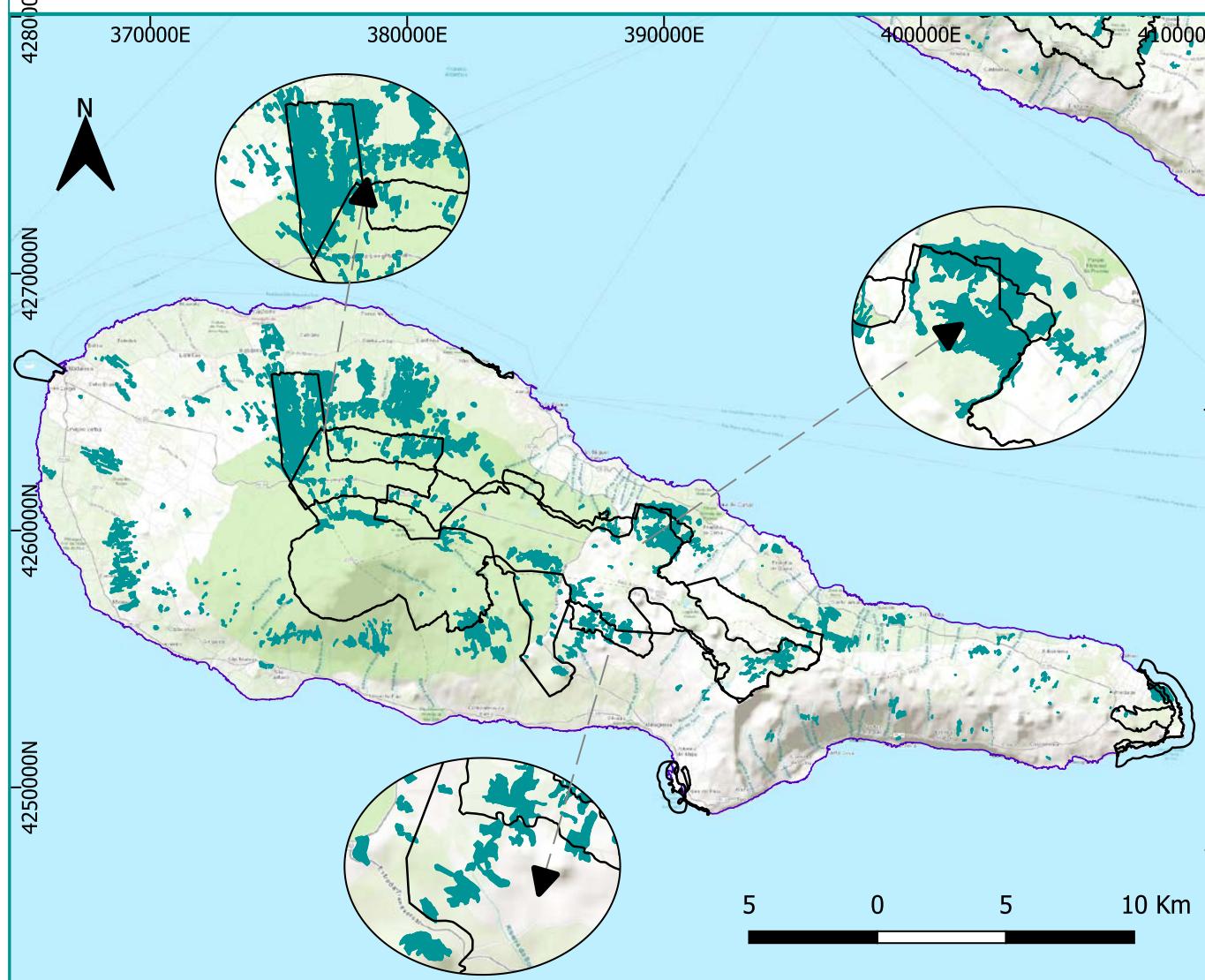


[https://natura2000.eea.europa.eu/
sitecode=PTFLO0002](https://natura2000.eea.europa.eu/sitecode=PTFLO0002)

- Natura 2000
- 9360* - Macaronesian laurel forests

| 9360 area protected (ha) in N2000 | Percentage of island 9360 protected | Contribution (%) to archipelago 9360 protected area |
|-----------------------------------|-------------------------------------|---|
| 45,73 | 31,95 | 0,81 |

Pico (Azores)



Projection: PT/RA08 / UTM zone 26N

Name : Pico

Total Area (ha): 44479.53

Natura 2000 Network

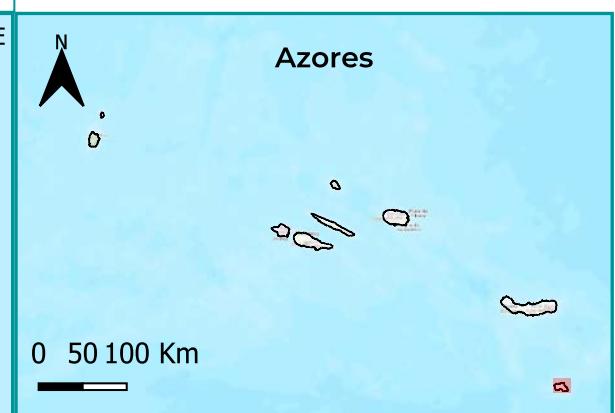
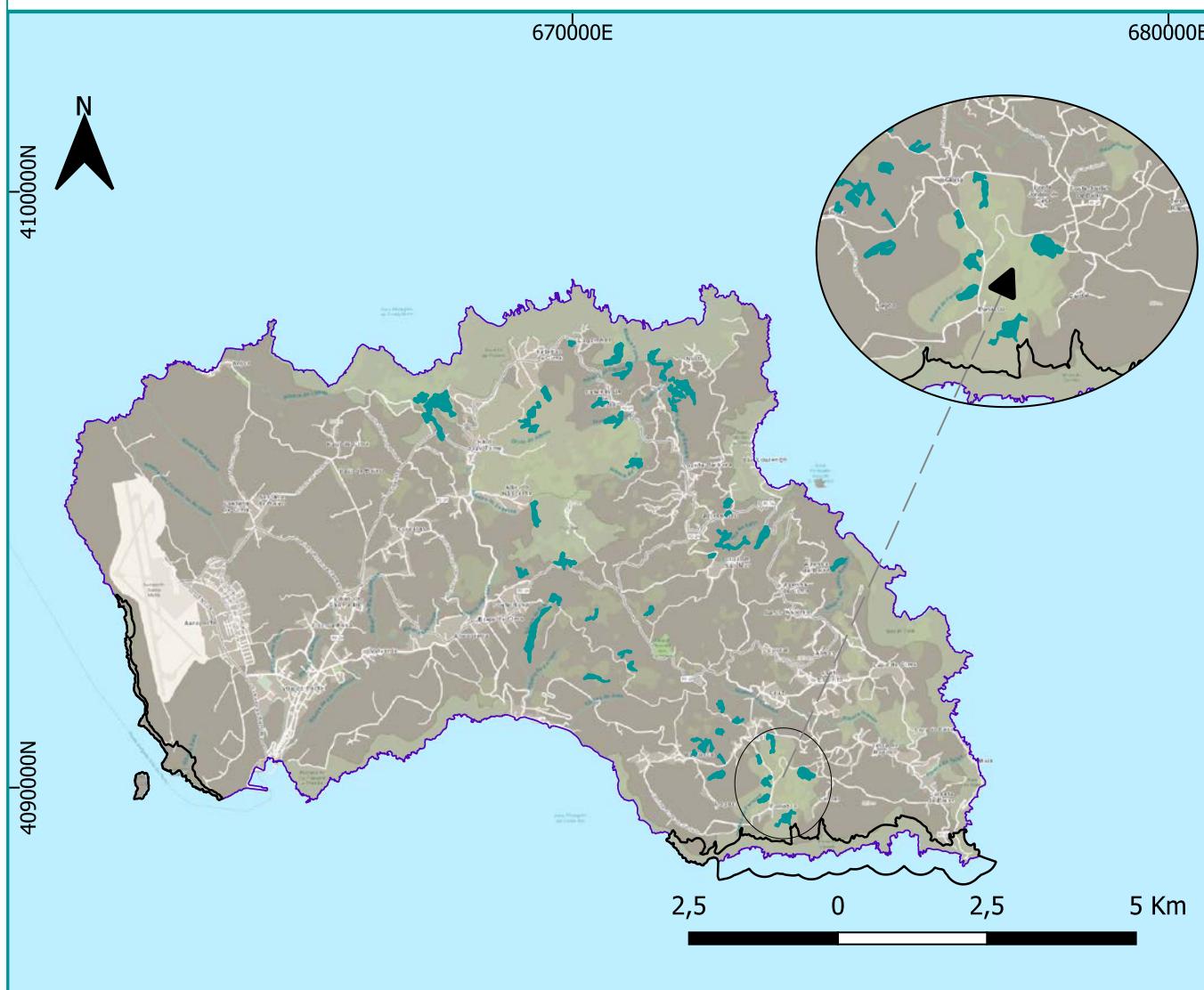


[https://natura2000.eea.europa.eu/
sitecode=PTPIC0009](https://natura2000.eea.europa.eu/sitecode=PTPIC0009)

- Natura 2000
- 9360* - Macaronesian laurel forests

| 9360 area protected (ha) in N2000 | Percentage of island 9360 protected | Contribution (%) to archipelago 9360 protected area |
|-----------------------------------|-------------------------------------|---|
| 1250,49 | 42,97 | 22,02 |

Santa Maria (Azores)



Projection: PTRA08 / UTM zone 26N

Name : Santa Maria

Total Area (ha): 9688.74

Natura 2000 Network



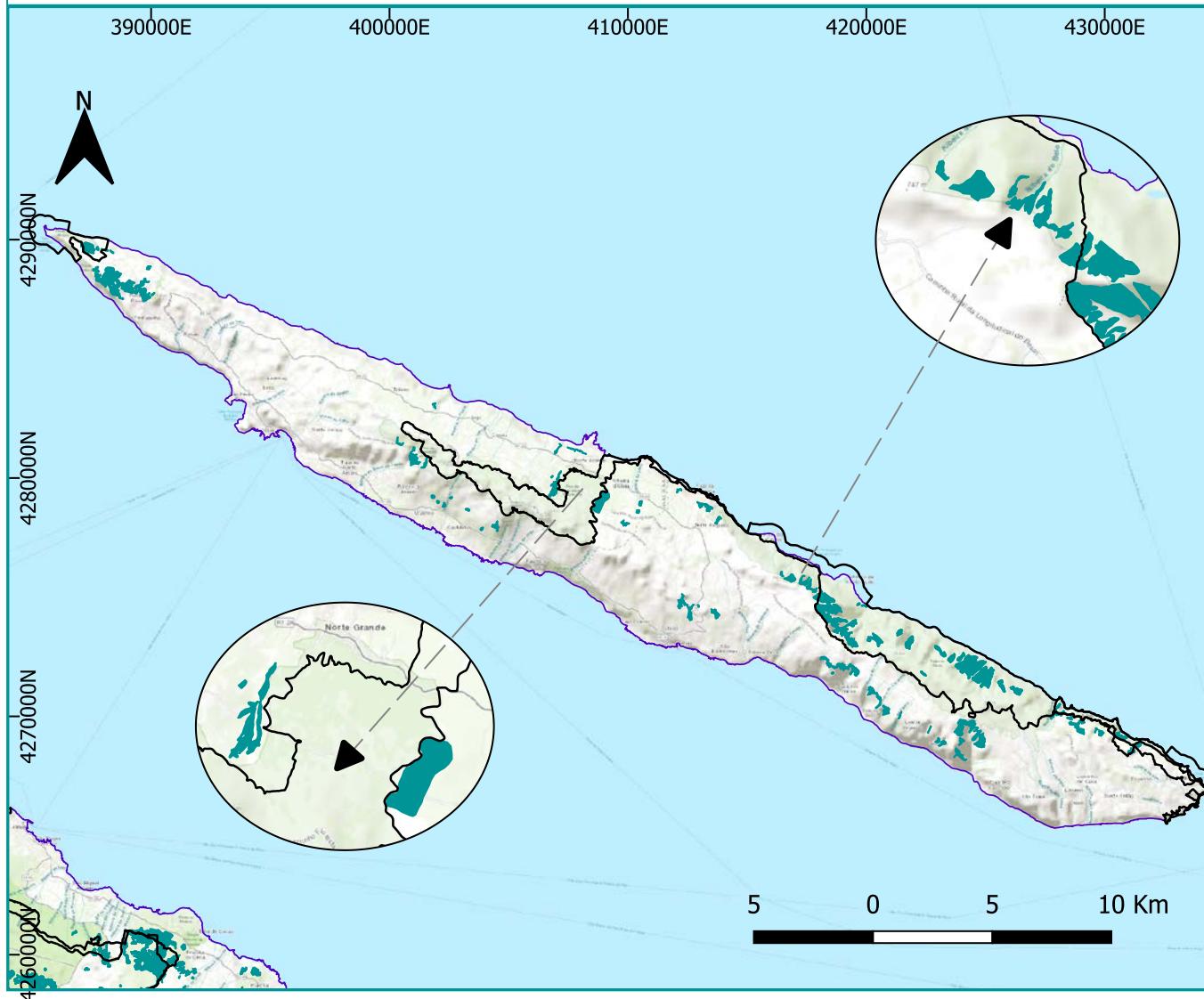
<https://natura2000.eea.europa.eu>
sitecode=PTSMA0022

Natura 2000

9360* - Macaronesian
laurel forests

| 9360 area protected (ha) in N2000 | Percentage of island 9360 protected | Contribution (%) to archipelago 9360 protected area |
|-----------------------------------|-------------------------------------|---|
| 0 | 0 | 0 |

São Jorge (Azores)



Projection: PTRA08 / UTM zone 26N

Name : São Jorge

Total Area (ha): 24364.78

Natura 2000 Network

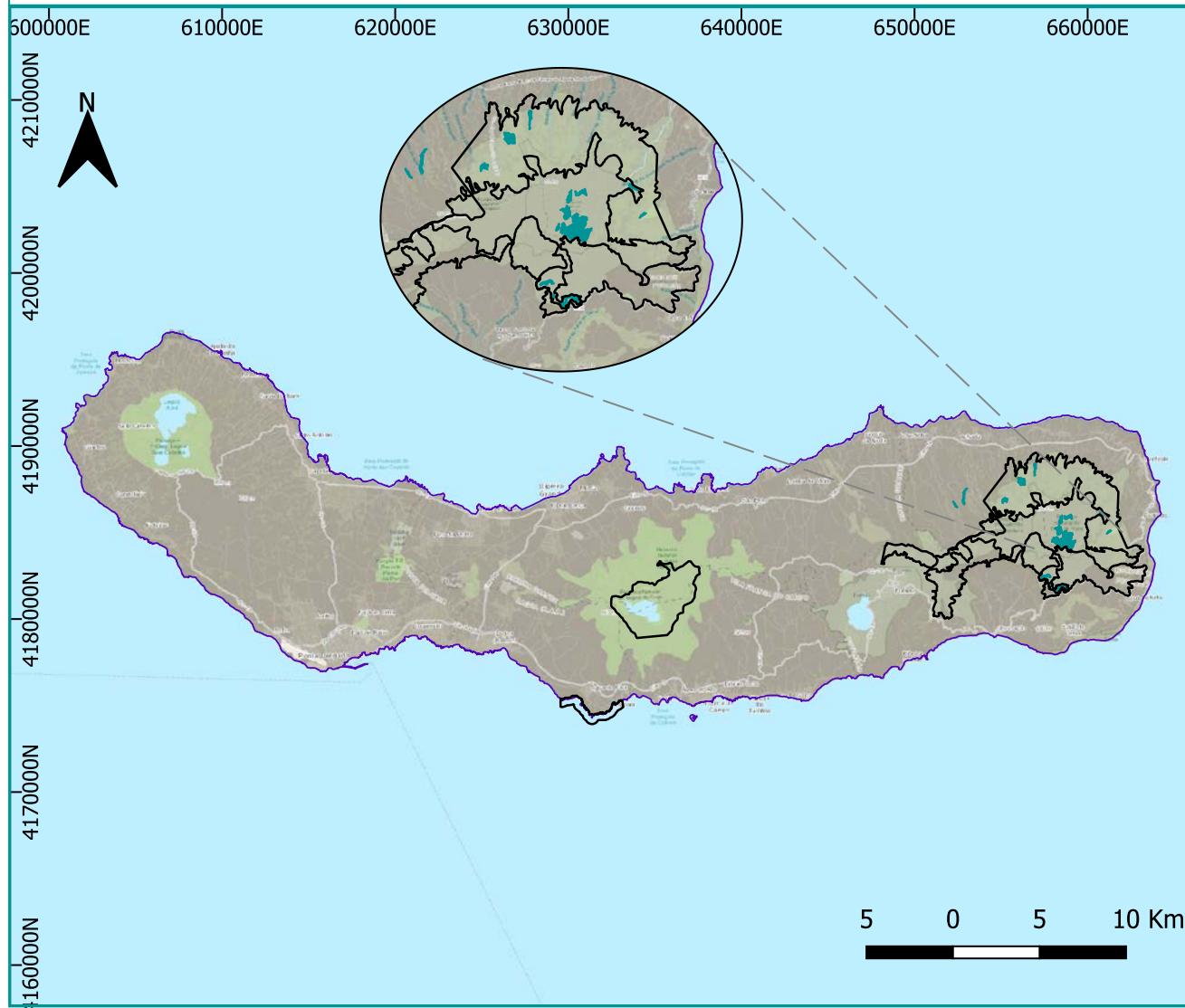


<https://natura2000.eea.europa.eu>
sitecode=PTJOR0014

- Natura 2000
- 9360* - Macaronesian laurel forests

| 9360 area protected (ha) in N2000 | Percentage of island 9360 protected | Contribution (%) to archipelago 9360 protected area |
|-----------------------------------|-------------------------------------|---|
| 278,06 | 42,77 | 4,9 |

São Miguel (Azores)



Name : São Miguel
Total Area (ha): 74457.5

Natura 2000 Network

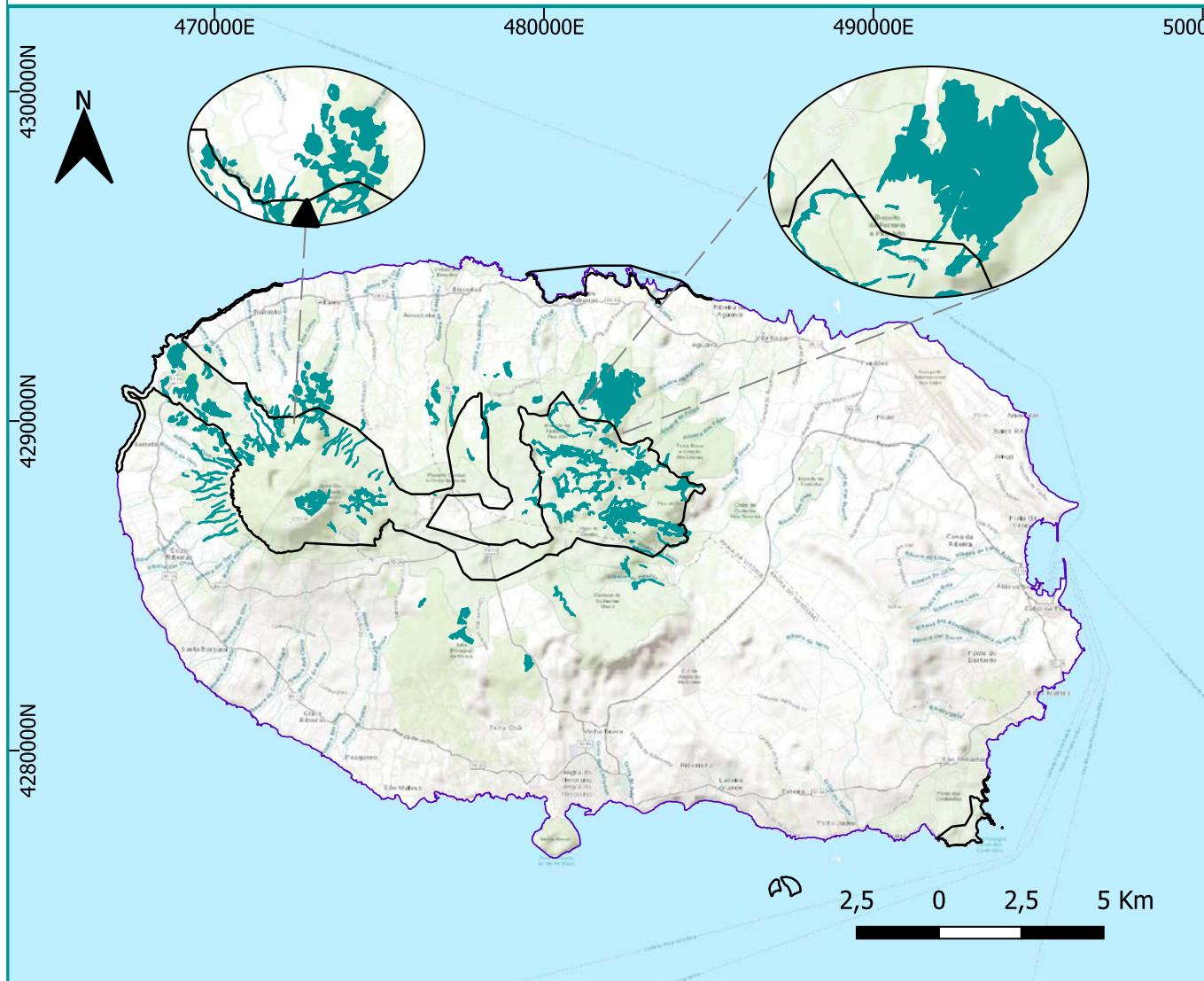


<https://natura2000.eea.europa.eu>
sitecode=PTMIG0024

Natura 2000
 9360* - Macaronesian laurel forests

| 9360 area protected (ha) in N2000 | Percentage of island 9360 protected | Contribution (%) to archipelago 9360 protected area |
|-----------------------------------|-------------------------------------|---|
| 132,6 | 93,14 | 2,33 |

Terceira (Azores)



Projection: PTRA08 / UTM zone 26N

Name : Terceira

Total Area (ha): 40026.72

Natura 2000 Network

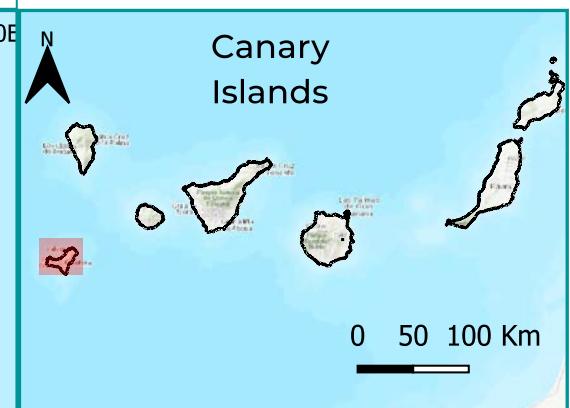
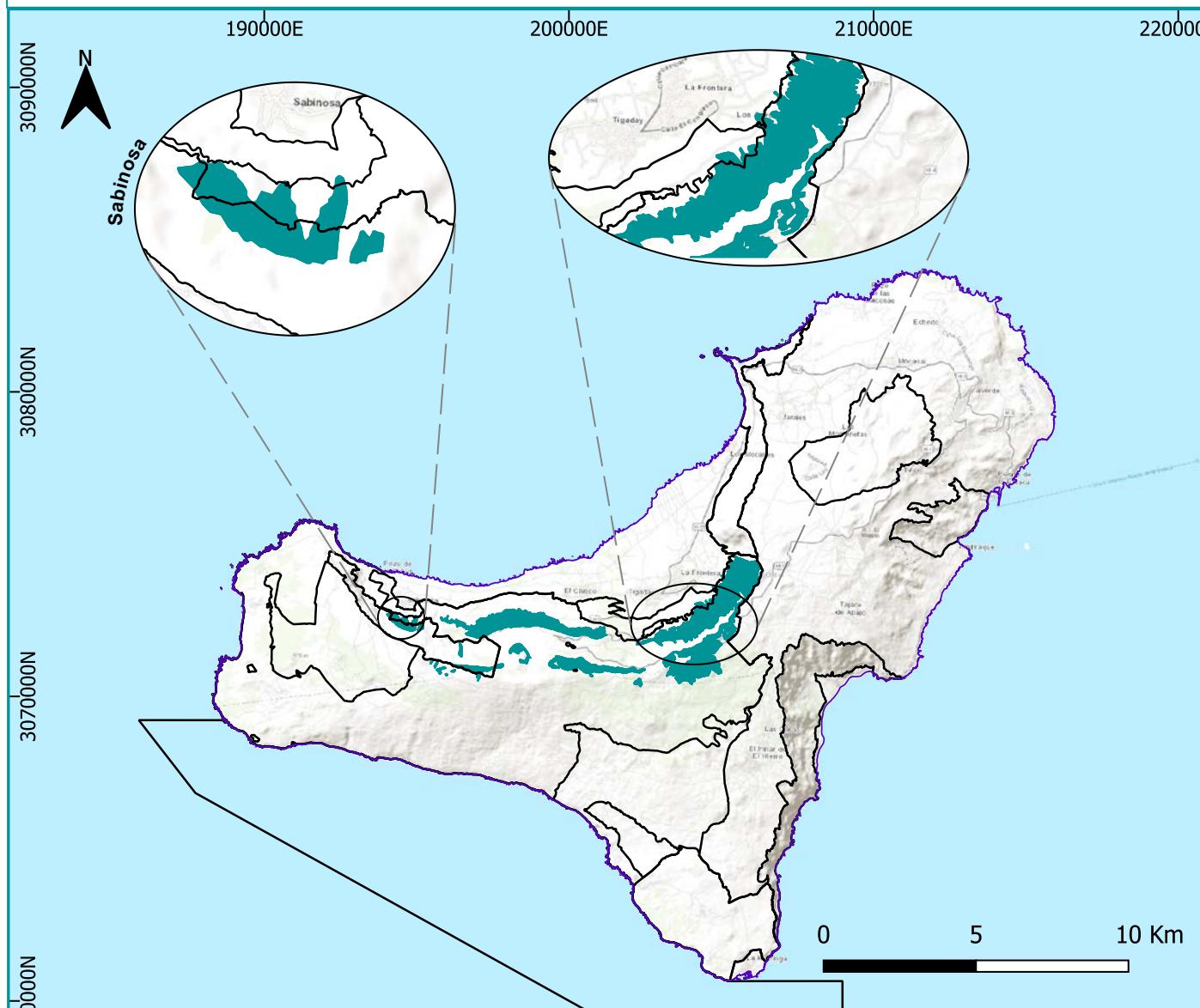


[https://natura2000.eea.europa.eu/
sitecode=PTTER0017](https://natura2000.eea.europa.eu/sitecode=PTTER0017)

- Natura 2000
- 9360* - Macaronesian laurel forests

| 9360 area protected (ha) in N2000 | Percentage of island 9360 protected | Contribution (%) to archipelago 9360 protected area |
|-----------------------------------|-------------------------------------|---|
| 436,08 | 51,4 | 7,68 |

El Hierro (Canary Islands)



Projection: WGS 84 / UTM zone 28N

Island name : El Hierro

Total Area (ha): 27800

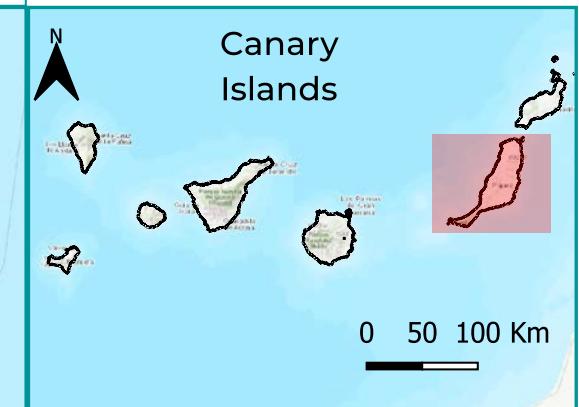
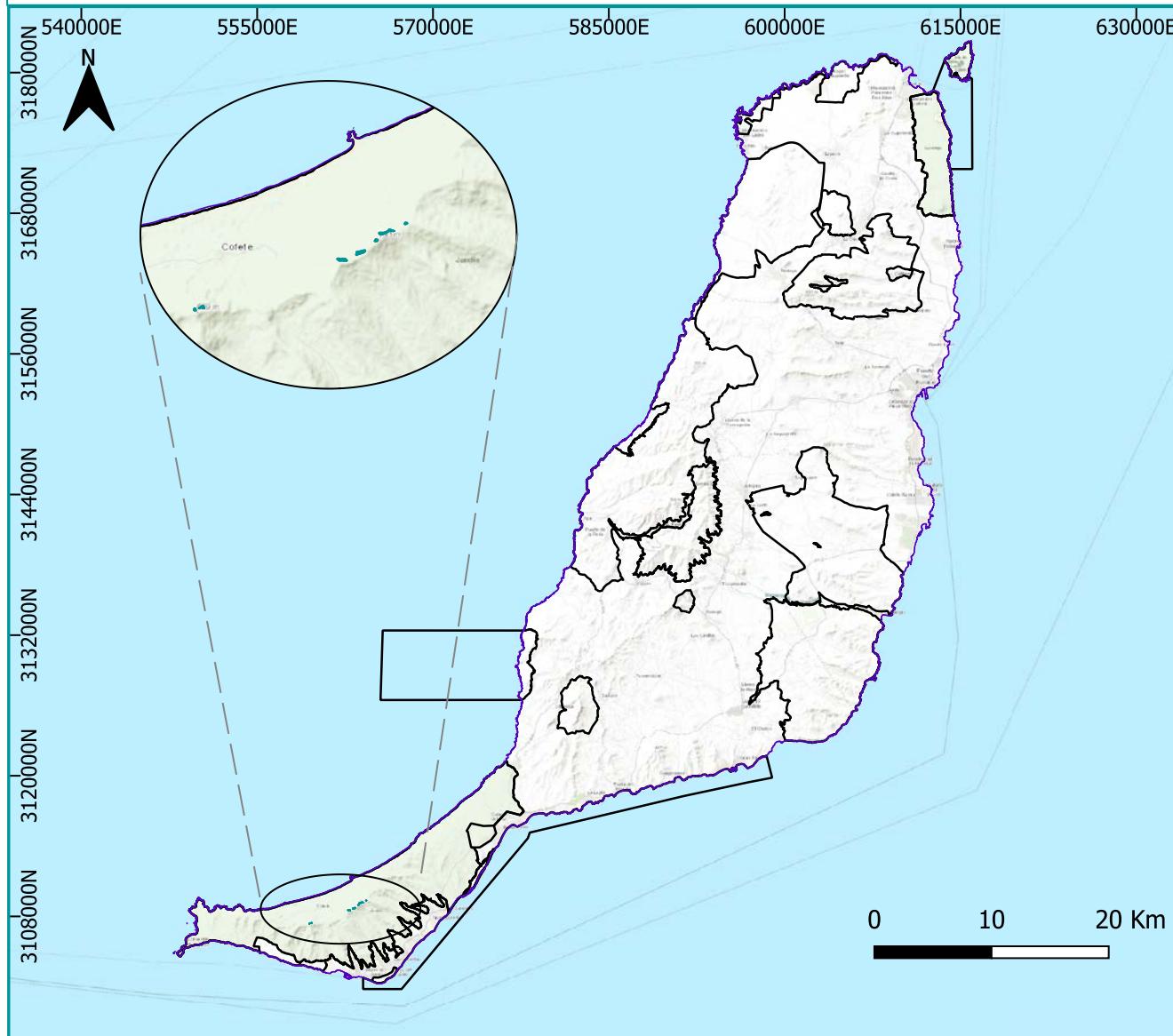
Natura 2000 Network



<https://natura2000.eea.europa.eu/?sitecode=ES7020001>

- | 9360 area protected (ha) in N2000 | Percentage of island 9360 protected | Contribution (%) to archipelago 9360 protected area |
|-----------------------------------|-------------------------------------|---|
| 794,52 | 99,72 | 7,72 |
- Natura 2000
■ 9360 * Macaronesian laurel forests

Fuerteventura (Canary Islands)



Projection: WGS 84 / UTM zone 28N

Island name : Fuerteventura

Total Area (ha): 166000

Natura 2000 Network



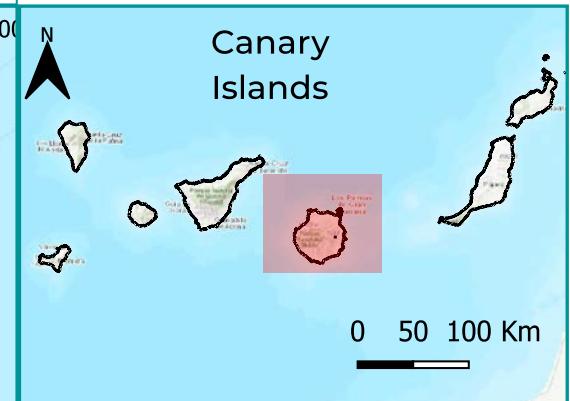
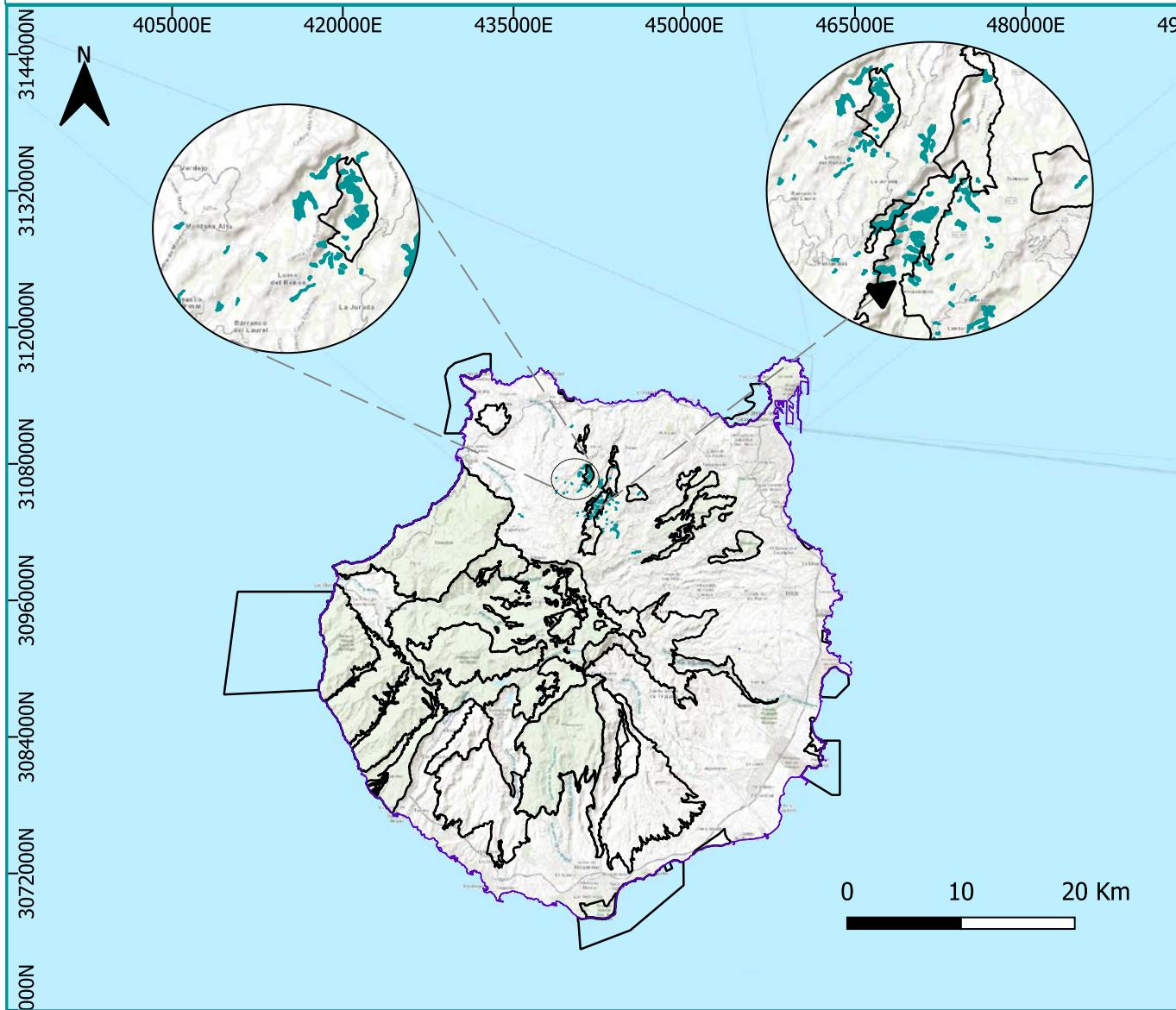
<https://natura2000.eea.europa.eu/?sitecode=ES0000039>

Natura 2000

9360 * Macaronesian laurel forests

| 9360 area protected (ha) in N2000 | Percentage of island 9360 protected | Contribution (%) to archipelago 9360 protected area |
|-----------------------------------|-------------------------------------|---|
| 4,51 | 100 | 0,04 |

Gran Canaria (Canary Islands)



Projection: WGS 84 / UTM zone 28N

Island name : Gran Canaria

Total Area (ha): 156000

Natura 2000 Network



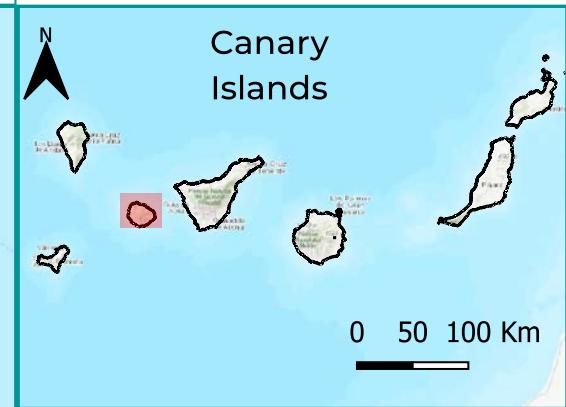
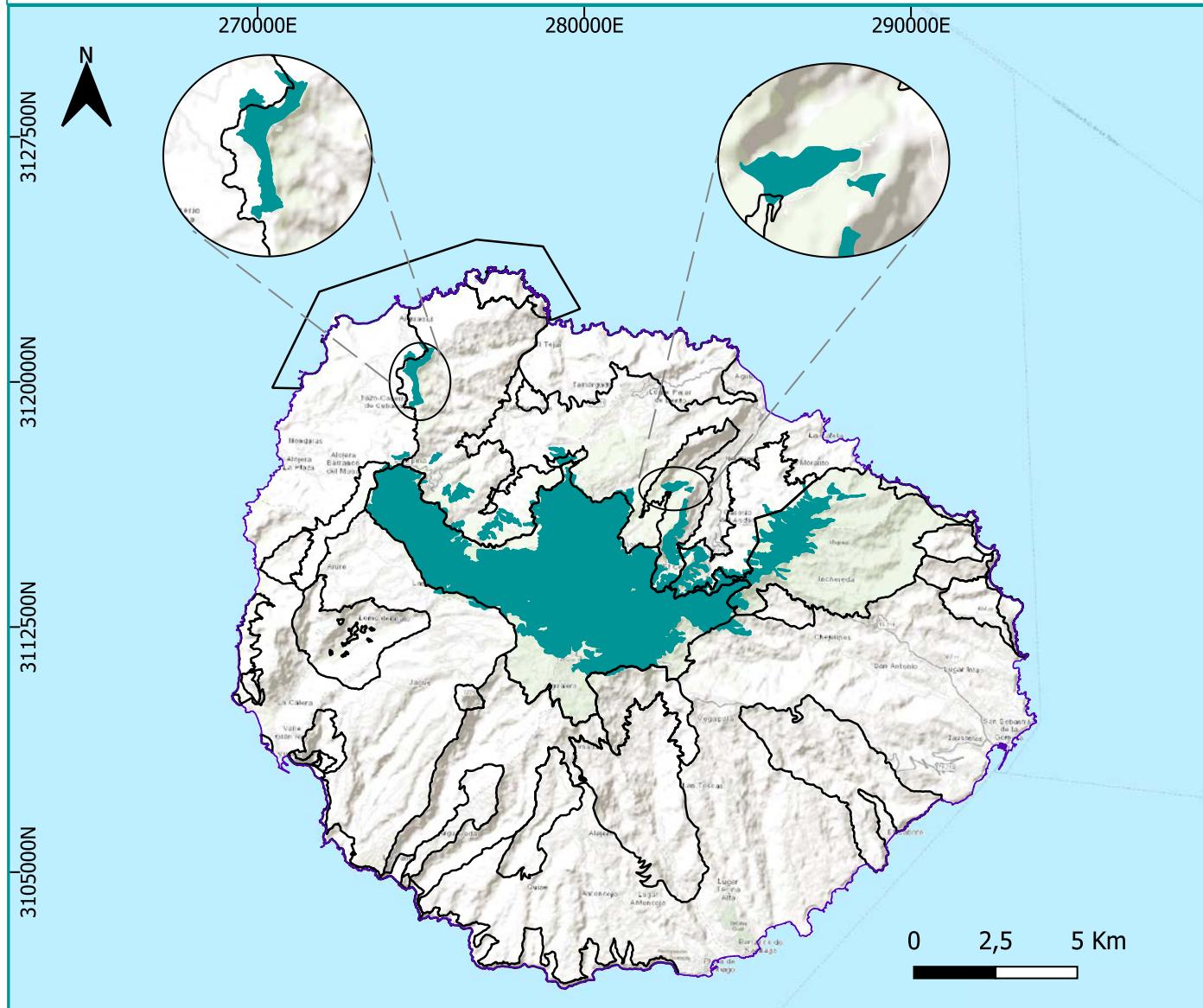
<https://natura2000.eea.europa.eu/?sitecode=ES7010004>

Natura 2000

9360 * Macaronesian laurel forests

| 9360 area protected (ha) in N2000 | Percentage of island 9360 protected | Contribution (%) to archipelago 9360 protected area |
|-----------------------------------|-------------------------------------|---|
| 75,49 | 45,7 | 0,73 |

La Gomera (Canary Islands)



Projection: WGS 84 / UTM zone 28N

Island name : La Gomera

Total Area (ha): 36980

Natura 2000 Network



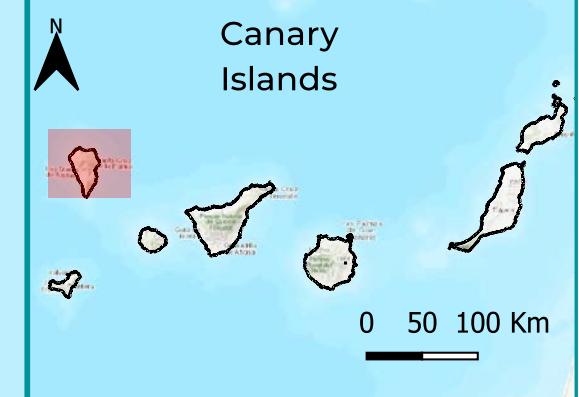
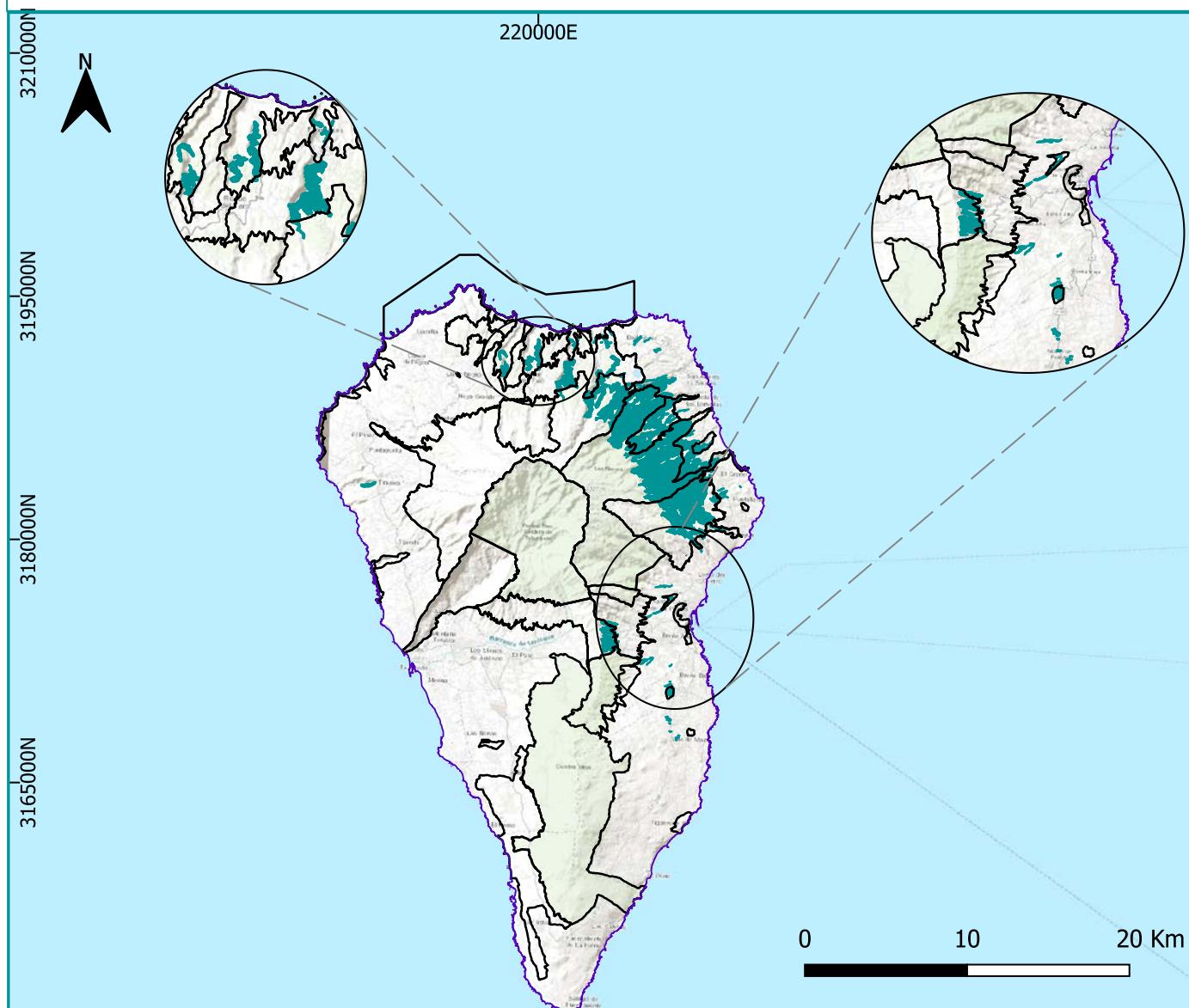
<https://natura2000.eea.europa.eu/?sitecode=ES0000044>

Natura 2000

9360 * Macaronesian laurel forests

| 9360 area protected (ha) in N2000 | Percentage of island 9360 protected | Contribution (%) to archipelago 9360 protected area |
|-----------------------------------|-------------------------------------|---|
| 3594,12 | 98,04 | 34,93 |

La Palma (Canary Islands)



Projection: WGS 84 / UTM zone 28N

Island name : La Palma

Total Area (ha): 70600

Natura 2000 Network



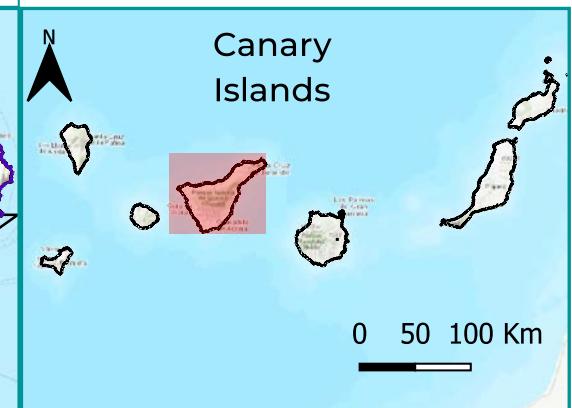
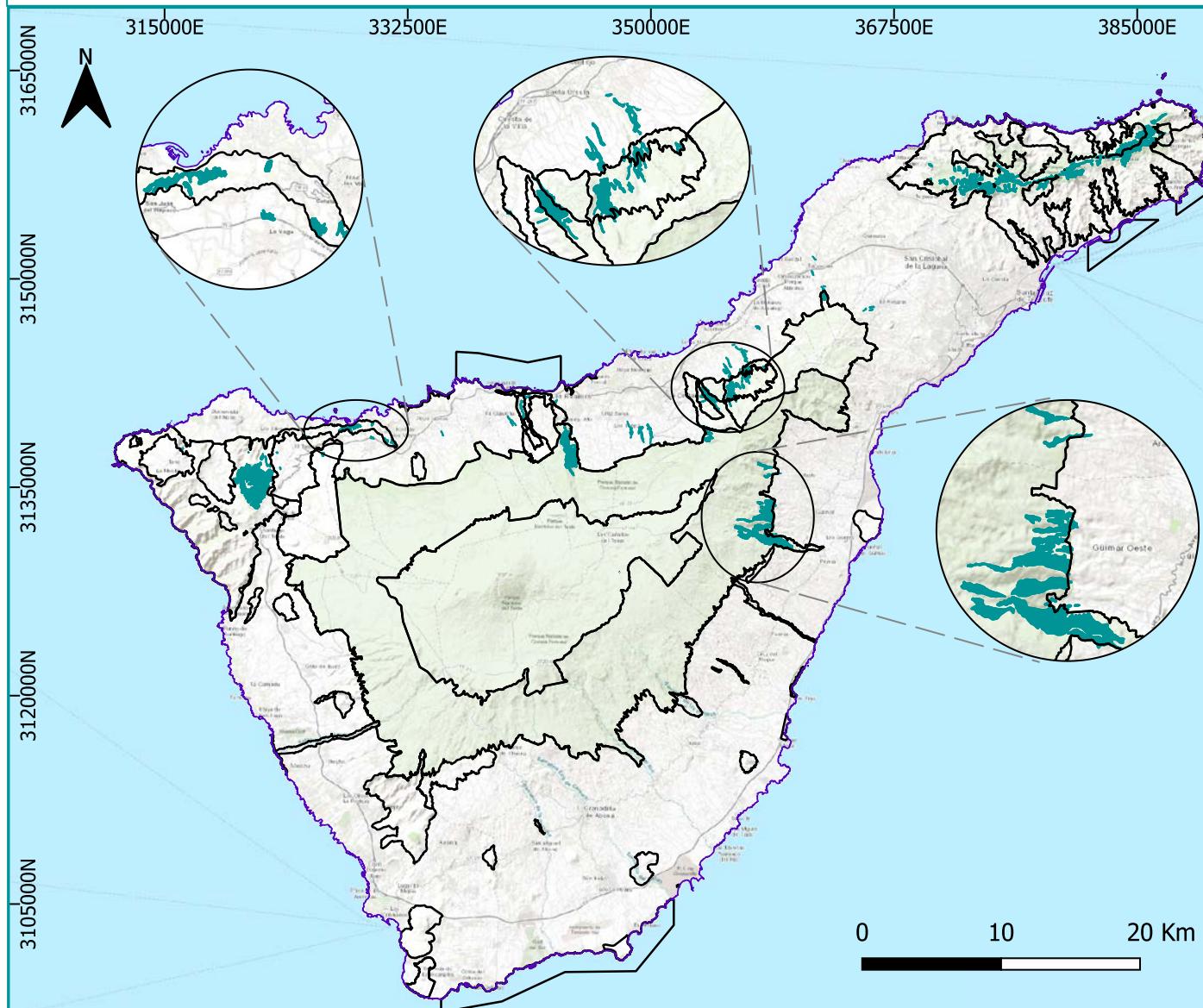
<https://natura2000.eea.europa.eu/?sitecode=ES0000114>

Natura 2000

9360 * Macaronesian laurel forests

| 9360 area protected (ha) in N2000 | Percentage of island 9360 protected | Contribution (%) to archipelago 9360 protected area |
|-----------------------------------|-------------------------------------|---|
| 3235,73 | 89,14 | 31,45 |

Tenerife (Canary Islands)



Projection: WGS 84 / UTM zone 28N

Island name : Tenerife

Total Area (ha): 203400

Natura 2000 Network



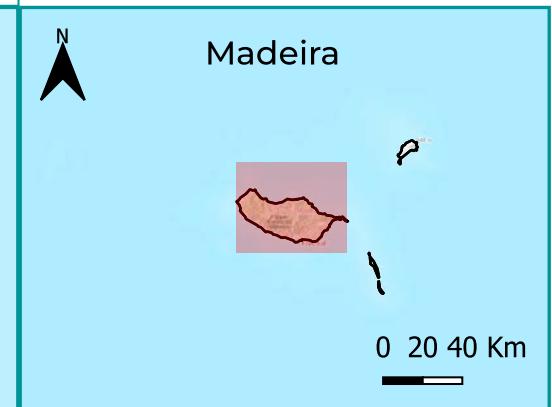
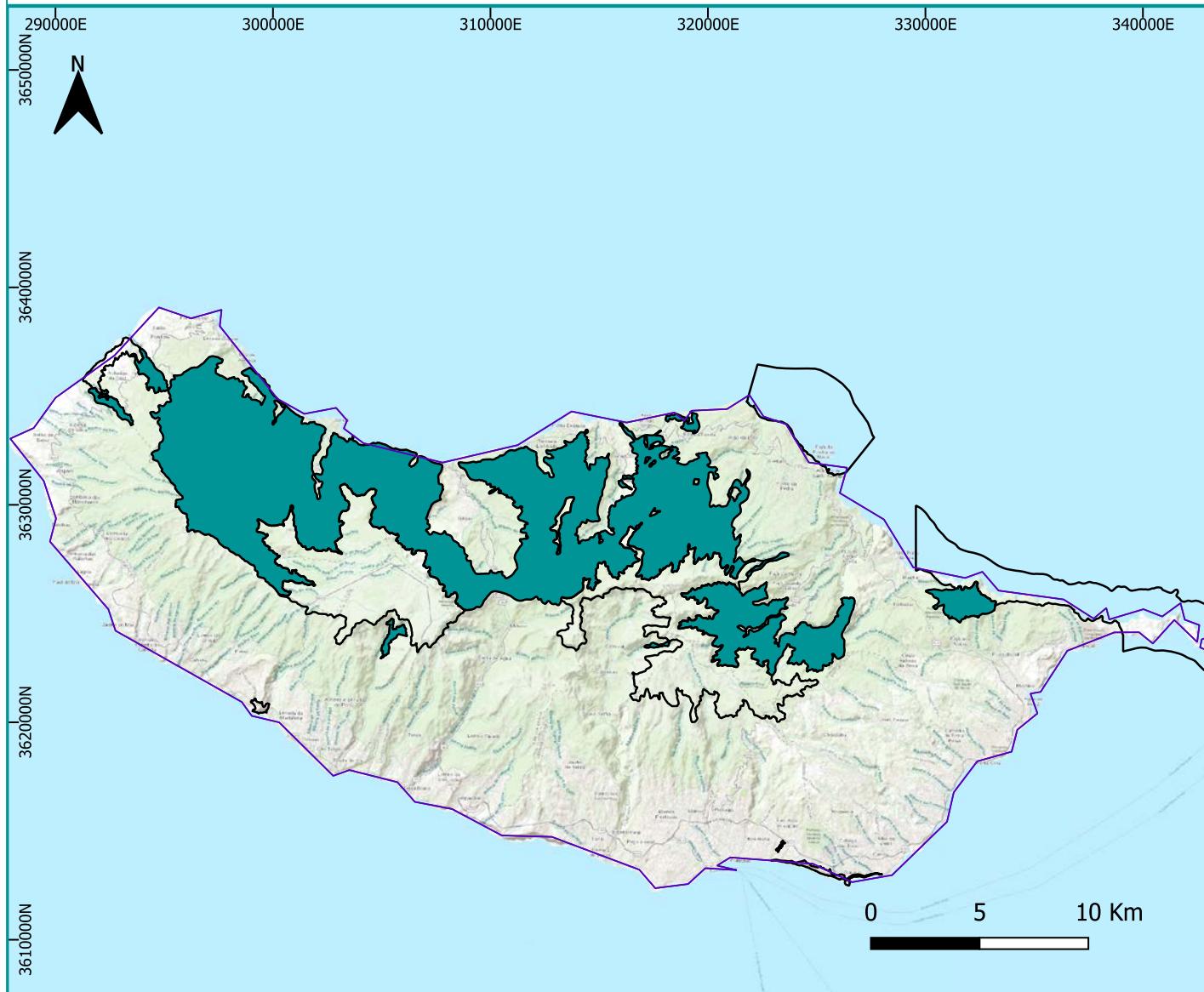
<https://natura2000.eea.europa.eu/?sitecode=ES0000109>

Natura 2000

9360 * Macaronesian laurel forests

| 9360 area protected (ha) in N2000 | Percentage of island 9360 protected | Contribution (%) to archipelago 9360 protected area |
|-----------------------------------|-------------------------------------|---|
| 1904,95 | 94,01 | 18,52 |

Madeira (Madeira)



Projection: WGS 84 / UTM zone 28N

Island name : Madeira

Total Area (ha): 15462

Natura 2000 Network



<https://natura2000.eea.europa.eu/?sitecode=PTMAD0001>

Natura 2000

9360* - Macaronesian laurel forests

| 9360 area protected (ha) in N2000 | Percentage of island 9360 protected | Contribution (%) to archipelago 9360 protected area |
|-----------------------------------|-------------------------------------|---|
| 15456,1 | 99,96 | 99,96 |

Anexo 6. Administrações do arquipélago ao questionário sobre como foi avaliada a área, a estrutura e a função do habitat 9360 para o relatório do artigo 17

| Pergunta | Administração de Acores | Administração de Madeira | Administração Canária |
|---|--|---|---|
| Quem respondeu? | Prof. Eduardo Dias | Carlos Lobo | Ángel Vera |
| Qual metodologia foi utilizada para mapear as áreas ocupadas pelo habitat 9360? | <p>A metodologia de cartografia utilizada para os últimos 3 relatórios, tem por suporte a base de dados ATLÂNTIDA@GEVA e respetivo projeto SIG, que reúne dados de campo, inventários geoposicionados e cartografia de campo desde o início de 1990. Esta informação histórica, não sendo coerente em todo o território, funciona como “semente” e base comparativa para as cartografias recentes. Assim, os locais conhecidos são visitados no campo, as fichas de capo atualizadas e atualizadas as cartografias das manchas, agora com meios mais precisos e atualizados, como deteção remota. De igual modo esta base de informação acumulativa serve igualmente para desenvolver modelos e padrões de distribuição que indicam novas áreas a procurar e cartografar. A evolução recente de meios técnicos permitiu avançar para novas áreas, principalmente de acesso difícil: o aumento de precisão nas imagens de satélite e a disponibilidade de drones, confirmando áreas de distribuição a que se seguiu prospeção no terreno e inventários de campo.</p> <p>Assim, e considerando um fluxo de trabalho típico, a uma nova área são realizados inventários de campo de acordo com uma ficha padronizada para responder aos critérios do relatório do Art.17 e que nos dá informações sobre a florística, estrutura e estado de conservação do HTCI. Informação aérea dos limites da formação 9360 é recolhida por drone, se possível de realizar voos, ou por imagens de satélite, que depois de trabalhadas nos darão uma primeira cartografia local; a distribuição no território e o grau de naturalidade é depois confirmado por índices de vegetação. Alterações na matriz informativa que possam indicar alterações na tipologia do habitat ou no grau de naturalidade são confirmadas, se possível, por novos inventários de campo.</p> | <p>A cartografia oficial do habitat 9360 na Madeira foi criada em 1997, e tem por base o trabalho desenvolvido por Costa Neves et al., (1996). Nesse projeto, trabalho de campo exaustivo e sistematizado, desenvolvido entre 1992 e 1995, permitiu a recolha de informação sobre a densidade, dominância, frequência e a importância de vários elementos que integram a composição florística da Laurissilva da Madeira. As informações recolhidas no campo foram transpostas para cartografia, recorrendo ao serviço do Atlas do Ambiente de Portugal da então Direção Geral do Ambiente (Costa Neves et al., 1997). Esta cartografia tem sido utilizada para representar a área e distribuição da Laurissilva da Madeira em vários projetos, incluindo os relatórios do Art. 17º da Diretiva Habitats. Mesquita et al., (2007) apresenta uma cartografia da vegetação atual da ilha da Madeira, onde são destacados dois subtipos da Laurissilva; a Laurissilva do Barbusano e a Laurissilva do Til. No entanto, essa cartografia é baseada em modelação e informações disponíveis na altura (cartografia anterior da floresta Laurissilva, mapas de ombrotípicos e termotípicos da Madeira, bem como de ocupação de solo), porém sem recurso para trabalho de campo adicional, atividade que os autores destacam como essencial para a produção de uma cartografia de vegetação precisa. A distribuição da Laurissilva na Madeira proposta por estes autores é, em termos gerais, semelhante à resultante do trabalho de Costa Neves et al., (1997), embora com uma área e range maior. Essa situação poderá dever-se à inclusão das orlas de urzais-das-vassouras na Laurissilva do Barbusano (<i>Erica platycodon</i>) e orlas de urzais-das-vassouras (<i>Erica platycodon maderincola</i>) e uveira-da-serra na Laurissilva do til (<i>Vaccinium padifolium</i>).</p> | <p>A cartografia utilizada baseia-se no Mapa de Vegetação das Canárias. Foram estabelecidas correlações entre associações fitossociológicas e tipos de habitats de interesse comunitário. Estas correlações foram revistas para situações anómalas, como é o caso das comunidades de leguminosas de Gran Canaria em áreas de distribuição potencial de bosques de pinheiro, dado que não faz sentido designar estas comunidades de substituição como hábitat 9360 para depois reconverte-las em hábitat 9550.</p> |
| Qual foi a escala do trabalho? | <p>Em resultado da metodologia anterior, a escala torna-se muito detalhada. Se a área pode ser coberta com fotografia de drone será de 100m², ou um pouco menos se com base em satélite (Sentinel 2). Na actualidade, dado a fragmentação do território, é o tamanho das manchas que se torna limitativo na sua cartografia, pelo efeito de bordo: muitas manchas identificadas não tem dimensão para se poder considerar a identidade do habitat no seu interior.</p> | <p>A partir dos dados qualitativos e quantitativos da floresta Laurissilva da Madeira, produzidos por Costa Neves et al., (1996), foi criada, juntamente com o Atlas Nacional do Ambiente, a cartografia da floresta Laurissilva na ilha da Madeira numa escala de 1:100 000 (Costa Neves et al., 1997).</p> | <p>A escala utilizada foi a escala de referência do I Mapa de Vegetación de Canarias, que é oficialmente de 1:20 000, mas foi trabalhada aproximadamente a 1:18 000.</p> |

| Pergunta | Administração de Acores | Administração de Madeira | Administração Canaria |
|--|---|---|---|
| Considerou os valores de referência para o alcance e a área ocupada? | Nos relatórios do Art 17º, Açores tem utilizado sempre a opção do operador para o VRF (valores de Referência); tanto para o Range como para a ocupação da área, sublinhando que os VRF deveriam ser maiores ou muito maiores do que a área atual. A elevada diversidade de tipos de florestas, a sua dispersão por 9 ilhas (7 na atualidade), a não existência de modelos para VRF para as laurissilvas e a dificuldade em encontrar amostras em bom estado de conservação para os tipos de baixas altitude, leva a uma elevada dificuldade em apontar estes valores de referência. | O trabalho desenvolvido por Costa Neves et al., (1996) visou a recolha de informação sobre a densidade, dominância, frequência e importância dos vários elementos que integram a composição florística da Laurissilva da Madeira e permitiram inferir o estado de conservação da floresta. Com raras exceções, os valores de referência definidos nesse trabalho são os utilizados na actualidade. Para os relatórios do habitat Laurissilva da Madeira do Art 17º da Diretiva Habitats, os VRF de Range e Área são definidos com base na cartografia do habitat existente, desenvolvida com base no trabalho de Costa Neves et al., 1996. Importa notar que, frente à antiguidade desses dados, é importante reavaliar a área do habitat com meios mais atuais e precisos, para o relatório do Art. 17º, é assumido que os VRF do Range e a Área apresentados são baseados em extrações a partir de dados limitados. | O valor da área de ocorrência, correspondente a esta cartografia, é de 102,94 km ² . Considerou-se que o valor de referência favorável (VRF) para o HTCI 9360 é esta área, e assim foi reportado no relatório 2013-2018 . Esta superfície corresponde à distribuição actual do HTCI 9360 nas Canárias, e considerando a sua importância e caráter prioritário, não No entanto, deve-se considerar que a estimativa da área de distribuição com uma resolução de malla de 1 km de lado resulta numa superfície de 438 km ² , o que significa que o VRF deve ser correlacionado com uma resolução específica. |
| Sobre estrutura e função | | | |

Pergunta

Administração de Acores

Administração de Madeira

Administração Canaria

Quais metodologias está a utilizar atualmente para a avaliação da estrutura e função do 9360 e quais foram utilizadas para o relatório do Art. 17 de 2018?

A estrutura vertical e organização espacial foram estabelecidas através de medições quantitativas para cada um dos tipos de 9360 identificados. Esta medições foram feitas tendo por base cerca de 45 inventários de biovolume por espécie (Dias, 1996), estabelecendo o padrão médio por cada tipo de floresta dos Açores. Para os inventários mais recentes, tem sido medido com base em inventários de campo, a altura máxima das espécies do copado superior.

A estrutura horizontal, que tem projeção na composição do copado superior da floresta, tem sido medida em algumas florestas como forma de monitorização do estado de conservação, por fotogrametria em quadrados permanentes, a partir de amostragens padrão.

Os processos dinâmicos tem sido estudados principalmente em tipos de laurissilva de montanha (Elias R. B. & Dias E. 2008, 2009), associado a fenómenos naturais climáticos e vulcânicos. Nas áreas de distribuição a mais baixa altitude, tem sido estudados fenómenos de avanço de invasoras arborescentes, como *Pittosporum undulatum* e *Clethra arborea* que pelo efeito de destruição da floresta natural são a maior ameaça das manchas ainda existentes nesta faixa. Para o relatório Art.17 foram utilizados métodos de deteção remota para estudo do avanço e o impacto do *Pittosporum undulatum* nas florestas 9360 dos Açores. Para esta avaliação foi desenvolvido um modelo de identificação da invasora por assinatura espectral que permitiu quantificar a presença e cobertura desta espécie no copado superior destas florestas. De igual modo, foi usado como indicador para o estado de naturalidade, índices de vegetação, em particular o NDVI, utilizando de forma comparativa a partir de referências de manchas consideradas em bom estado de conservação.

Considerando estes parâmetros e os do ponto seguinte (espécies dominantes) os inventários de campo são classificados por grau de naturalidade, num índice que pretende avaliar o estado de conservação tendo por base os estudos ecológicos de formações padrão. Para os primeiros relatórios foi utilizado um índice de naturalidade (IN) desenvolvido para o efeito, tendo por base as tipologias e as ameaças que se detetaram para as florestas dos Açores, de 0 a 4 (sendo 4 as formas mais naturais). Recentemente este índice foi melhorado, introduzindo uma valoração quantitativa em alguns parâmetros (como os enunciados acima) e recrutando outros indicadores de um antigo índice de Machado (2004), numa escala de 1 a 10 (sendo 10 o mais natural).

No último relatório do Art 17º, os parâmetros de estrutura e função foram submetidos sem dados.

Em 2018, não dispunha de novas informações para este parâmetro, pelo que decidimos manter os valores anteriores. Atualmente, estão a ser realizadas novas tarefas para obter, através de teledeteção, indicadores indiretos do estado funcional dos habitats. Este trabalho centra-se na utilização de índices de vegetação (como NDVI, EVI, etc.), especialmente na forma como estes variam ao longo do tempo (tanto mensal como anualmente). Esperamos poder contar com um sistema que contribua com análises que gerem e detetem alterações abruptas nas tendências (alertas). Esta metodologia está em fase de desenvolvimento.

No que diz respeito à estrutura, foram realizados inventários de campo que fornecem informações sobre a cobertura por estratos e o número de indivíduos das espécies presentes nas comunidades analisadas. No caso do habitat 9360, também realizámos uma análise preliminar de fragmentação, que pode servir como projeto piloto para outros habitats naturais de interesse comunitário.

Pergunta**Administração de Acores****Administração de Madeira****Administração Canaria**

As manchas da floresta cartografadas são classificadas usando o grau de naturalidade a partir de inventários no terreno ou a partir do coberto de invasoras (imagens satélite ou drone) quando o valor da sua cobertura é tão elevado que domina sobre outros potenciais fatores

Selecionou espécies típicas?
Em caso afirmativo, quais foram os critérios para essa seleção?

A seleção de espécies típicas é um problema complexo, em particular neste tipo de formação de grande diversidade de tipologias. Na clássica abordagem, ficamos entre as duas escolas de fitossociologia que defendem utilizar as espécies dominantes ou as espécies indicadoras. No entanto teremos aqui um problema maior dado que teremos vários tipos de floresta, em meios insulares. Os meios insulares tem, tipicamente, espécies de elevada amplitude ecológica e, por isso de baixo valor indicativo. Por outro lado a diversidade de tipologias destas florestas leva a que não se possa considerar só um pacote de espécies. Assim, optou-se, para o relatório do Art. 17º, por fazer uma conjugação destas duas abordagens, colocando as espécies dominantes como típicas (em termos de cobertura, serão sempre as arbóreas que são igualmente as mais comuns aos diferentes tipos) e reunindo aquelas que poderiam ser consideradas como indicadoras das subtipologias destas florestas nos Açores.

Os cenários de referência tem com base as tipologias da floresta para os Açores determinada por dados quantitativos (Dias 1996) e as tabelas sintaxonómicas que os suportam com base florística, a que se vão atualizando com os dados dos inventários de campo para as diferentes manchas cartografadas. Como se referiu, estes inventários, com base numa ficha normalizada, incluem um inventário florístico tipo relevé. A sua análise permite extrair de acordo com a estratégia acima descrita, as espécies típicas.

No último relatório do Art 17º, os parâmetros de estrutura e função foram submetidos sem dados.

Não foram selecionadas espécies típicas por parte da administração regional devido à falta de critérios com um sólido respaldo científico.

Anexo 7. Resposta da administração ao questionário sobre pressões e ameaças para o habitat 9360

| Pergunta | Administração de Acores | Administração de Madeira | Administração Canaria |
|---|---|---|--|
| Quem respondeu? | Prof. Eduardo Dias | Carlos Lobo | Ángel Vera |
| Que metodologia utilizaram no último relatório do artigo 17 para detetar e medir as pressões e ameaças sobre a laurissilva? | <p>Seguimos uma metodologia de múltiplas fontes de informação, ajustadas às diversas pressões potenciais, que são reunidas numa base de dados central ao longo do período de monitorização e são depois conciliadas e sintetizadas para a elaboração final do relatório. Esses programas de recolha, são ajustados a cada um dos parâmetros, podendo, em alguns casos resultar quantificação da intensidade, em cada mancha de vegetação, ou podem, pelo menos, ser avaliada a sua frequência à escala dos Açores. Estes valores, ponderados pela área, são depois conciliados com os da Madeira, para dar os resultados finais, dado que o relatório Nacional de Portugal inclui os dois arquipélagos e este habitat é comum aos dois.</p> <p>Algumas das pressões são bem conhecidas, pelo que tem metodologias dedicadas para avaliar a sua dimensão, mas mantém-se um programa aberto, no sentido de avaliar e ponderar novas possíveis pressões.</p> <p>A pressão sobre a dimensão das áreas de floresta, como a alteração do uso dos solos, quer por meios mecanizados, quer por meios de abate de árvores, é mantido por cartografia com base em deteção remota.</p> <p>Sobre o estado global da qualidade do habitat, é seguido através de deteção remota, em cada mancha, em que se tem estabelecido o estado padrão para diferentes índices como o NDVI de cada mancha. Variações neste estado são potenciais indicadores de alterações a serem prospectadas no terreno.</p> <p>A deteção remota, como a assinatura espectral associada a algumas espécies dominantes, como o Laurus, são utilizadas para avaliar alterações na copa. De igual modo, são utilizadas a assinatura espectral de algumas das invasoras que chegam ao copado exterior (como o Pittosporum), como forma de avaliar a sua presença e evolução no tempo.</p> <p>Nos inventários à escala do local são recolhidos novas informações – algumas quantitativas – em ficha normalizada, sobre as pressões, seguindo como discriminação de base a lista de pressões descriminadas na BD do relatório do Art 17º: é feito inventário quantitativo das espécies invasoras, é feito uma análise estrutural para avaliar alterações estruturais (geralmente por presença de gado bovino) e são avaliadas sinais de presença de animais - como vacas, cabras, coelhos – pro contagem de dejetos e a presença de pragas por recolha de folhas.</p> | <p>A seleção de pressões e ameaças para a Laurissilva não se baseou numa metodologia específica, mas no conhecimento de campo de especialistas e técnicos, combinado com informações de diversas publicações. Este conhecimento foi fundamental para enumerar as principais pressões e ameaças que afetam a Laurissilva no relatório.</p> | <p>A Comunidade Autónoma das Canárias ainda não desenvolveu um registo geral e sistemático das pressões e ameaças que afetam os habitats naturais e as espécies no arquipélago. Esta situação representa uma fraqueza para a administração pública em termos do potencial uso e aproveitamento da informação sobre este tema, especialmente no que diz respeito a como poderia apoiar a planificação e gestão das áreas que fazem parte da Natura 2000 no arquipélago.</p> <p>Existe alguma informação sobre este tema, obtida a partir de diversas metodologias, referente a diferentes áreas geográficas, relacionada com diversas fontes e com referências cronológicas heterogéneas. No entanto, ainda não se abordou a sistematização desta informação nem a homogeneidade nos aspectos mencionados: método, áreas e periodicidade. Atualmente, esta situação dificulta em grande medida a gestão e utilização da informação existente.</p> |

| Pergunta | Administração de Acores | Administração de Madeira | Administração Canaria |
|---|--|--------------------------|-----------------------|
| | <p>No local de cada inventário são também avaliados alterações do regime hídrico, por avaliação da mata morta, e sinais de cheias nas margens da linhas de água. Questões funcionais e do estado geral de conservação – pistas para presença de pressões não identificadas – são procuradas em comunidades particularmente sensíveis, como a estrutura e distribuição dos hepífilos.</p> <p>Evidentemente que alterações detetáveis são anotadas, como abertura de caminhos ou trilhos, construção de estruturas ou abate de árvores, por inventário dedicado a essas pressões.</p> <p>Para impactos mais globais e de alterações menos perceptíveis, como as alterações climáticas, são mantidos desde há 15 anos, 9 quadrados permanentes, em 3 ilhas, que são monitorizados de 6 em 6 anos para comparação de resultados com situação de referência (2006), com quantificação da estrutura florística, estrutura do solo, avanço de invasoras, queda de ramos estrutura do copado exterior.</p> | | |
| Existe algum documento ou referência bibliográfica que descreva esta metodologia? | <p>Todos os períodos para os quais fomos contratados para implementar a metodologia resultaram na entrega de relatórios descritivos sobre as metodologias aplicadas à Direção Regional do Ambiente.</p> <p>Cardoso, P., Rigal, F., Fattorini, S., Terzopoulou, S. & Borges, P.A.V. (2013). Integrating Landscape Disturbance and Indicator Species in Conservation Studies. PLoS ONE, 8: e63294. DOI:10.1371/journal.pone.0063294</p> | Não | Não |

| Pergunta | Administração de Acores | Administração de Madeira | Administração Canaria |
|---|--|---|--|
| Conhecem alguma outra metodologia ou experiência de avaliação de pressões e ameaças que seja útil para a Laurissilva? | Não foi feito trabalho nesse sentido dado a singularidade e especificidade deste habitat nos Açores. Algumas das pressões identificadas como maior impacto, não são consideradas como negativas em áreas continentais, como a presença de grandes vertebrados ou o herbivorismo do coelho, nestas florestas. | <p>Embora a Laurissilva da Madeira ainda não fosse objeto de um estudo específico que permitisse classificar e mapear as suas pressões e ameaças, existem alguns trabalhos que permitem avaliar a importância de algumas circunstâncias como pressões e ameaças:</p> <p>Rodrigues, A. A. F. (2013). Assessing Impacts from Future Climatic Scenarios on the Distribution of Flora and Vegetation at Madeira Island (Doctoral dissertation, Universidade de Coimbra (Portugal))</p> <p>Gouveia, C. S. A. (2014). Predicting the impacts of climate change on the distribution and conservation of endemic forest land snails of Madeira Island (Master's thesis).</p> <p>CLIMAAT, I. (2006). Estudo Detalhado Sobre o Clima do Arquipélago da Madeira, Produção de Cartografia Climática, Construção de Cenários Climáticos Futuros e Realização de Estudos de Impacte e Medidas de Adaptação às Alterações Climáticas em Vários Sectores de Actividade.[FD Santos e R. Aguiar, Eds.]. Projecto CLIMAAT II—Clima e Meteorologia dos Arquipélagos Atlânticos II, Programa de Iniciativa Comunitária INTERREG III B, Espaço Açores—Madeira—Canárias. ICAT, Lisboa.</p> <p>Agrela, S. A. M. D. (2017). Carta de risco de incêndio florestal para o Parque Natural na Ilha da Madeira (Master's thesis).</p> <p>PROF-RAM (2015). Plano Regional de Ordenamento Florestal da Região Autónoma da Madeira. Direção Regional de Florestas e Conservação da Natureza, Funchal, Madeira.</p> | <p>PLANOS DE GESTÃO PARA AS ÁREAS ESPECIAIS DE CONSERVAÇÃO (AEC)</p> <p>Entre estas fontes, destacam-se os planos de gestão. No momento da sua redação, foi recolhido e avaliado o conjunto de pressões e ameaças que afetam cada habitat ou espécie sujeita a conservação em cada AEC. Até agora, os planos de gestão aprovados incluíram uma seção sobre “Avaliação e estado de conservação dos tipos de habitats de interesse comunitário e espécies Natura 2000”. Esta seção aborda cada habitat e espécie separadamente, enumerando as pressões e ameaças e a sua importância em cada área coberta por estes planos de gestão. Para facilitar a padronização, a classificação das pressões e ameaças é realizada de acordo com a Decisão de Execução da Comissão 2011/484/UE de 11 de julho de 2011 sobre o formulário de informação dos locais da Rede Natura 2000 [DO L 198, 30 de julho de 2011]. A desvantagem da informação recolhida nos planos de gestão é a sua antiguidade, já que data da redação destes planos, cerca de 2015. Requer atualização.</p> <p>USO PÚBLICO EM ÁREAS COSTEIRAS</p> <p>Para analisar o impacto do uso público em espécies protegidas e habitats de interesse comunitário nas áreas costeiras das Ilhas Canárias, foi lançado um projeto cofinanciado com fundos FEDER. Foi recolhida informação sobre o fluxo de pessoas, atividades e impactos detetados em 20 localidades costeiras de cada ilha (10 no caso de El Hierro, La Gomera e La Palma). O trabalho foi realizado ao longo de três linhas de ação: recolha de dados de campo, análise do estado de conservação de habitats e espécies, e, finalmente, proposta de medidas de gestão.</p> |

| Pergunta | Administração de Acores | Administração de Madeira | Administração Canária |
|----------|-------------------------|--|---|
| | | <p>Mota, L., Franco, M., & Santos, R. (2021). Island tourism carrying capacity in the UNESCO Site Laurisilva of Madeira. <i>Island Studies Journal</i>, 16(2), 255-269.</p> <p>Vasconcelos, F. R. E.V.D. (2015). Avaliação da vulnerabilidade da biodiversidade terrestre às alterações climáticas e proposta de medidas de adaptação para o Arquipélago da Madeira (Master's thesis).</p> | <p>Para a coleta de dados, foram realizadas 640 amostragens de duas horas cada uma a cada localidade, em horas de manhã, tarde e noite. Utilizando uma aplicação de software, foram registados dados gerais das áreas de estudo, presença de espécies e habitats de interesse comunitário, atividades realizadas (pesca, desportos, acampamento, veículos, etc.), número de pessoas, bem como registo fotográfico e impactos georreferenciados (resíduos, despejos, espécies exóticas, pisoteio, etc.).</p> <p>O estudo dos dados recolhidos permitiu realizar uma análise detalhada do estado de conservação dos habitats de interesse comunitário presentes, por localidade e ilha. Com base nisso, foram desenvolvidas medidas e propostas de gestão para cada área de estudo, priorizadas conforme os problemas, orientadas para reverter situações desfavoráveis. O projeto começou em 2018 com as ilhas de Tenerife, Gran Canaria e Fuerteventura, Lanzarote foi adicionada em 2019, e o trabalho para El Hierro, La Gomera e La Palma foi realizado no período de 2020-2021.</p> |

| Pergunta | Administração de Acores | Administração de Madeira | Administração Canaria |
|--|--|--|--|
| Quais são as pressões e ameaças mais importantes que afetam a Laurissilva nas vossas ilhas/ arquipélago? | <p>Obviamente que a maior pressão, que se continua a verificar é a ocupação por terras agrícolas nas áreas de floresta natural. A segunda maior pressão e ameaça, que provavelmente levará à destruição de todas as manchas no futuro, é o avanço de espécies invasoras arbóreas como o Pittosporum. A terceira, como fortes impactos na biodiversidade e estrutura da floresta é a presença de coelhos e o seu impacto nas espécies palaventis. Tem igualmente importância pressões resultantes das anteriores, como a fragmentação, a perca de diversidade biológica e mesmo a extinção de tipologias.</p> <p>Fragmentação, espécies invasoras e alterações climáticas. Ferreira, M.T., Cardoso, P., Borges, P.A.V., Gabriel, R., Azevedo, E.B., Reis, F., Araújo, M.B. & Elias, R.B. (2016). Effects of climate change on the distribution of indigenous species in oceanic islands (Azores). <i>Climatic Change</i>, 138: 603-615. DOI:10.1007/s10584-016-1754-6</p> <p>Ferreira, M.T., Cardoso, P., Borges, P.A.V., Gabriel, R., Azevedo, E.B. & Elias, R.B. (2019). Implications of climate change to the design of protected areas: the case of small islands (Azores). <i>PlosOne</i>, 14(6): e0218168. DOI: 10.1371/journal.pone.0218168</p> <p>Aparício, B.A., Cascalho, J., Cruz, M.J., Borges, P.A.V., Azevedo, E.B., Elias, R.B. & Ascensão, F. (2018). Assessing the landscape functional connectivity using movement maps: a case study with endemic Azorean insects. <i>Journal of Insect Conservation</i>, 22: 257-265. DOI:10.1007/s10841-018-0059-7</p> | <p>De acordo com o último relatório do artigo 17, as pressões e ameaças que mais afetam a Laurissilva são as seguintes:</p> <p>Pressões:</p> <p>Classificação: Alta</p> <ul style="list-style-type: none"> • Espécies exóticas invasoras de interesse da União (I01) • Relações interespecíficas (competição, predação, parasitismo, patógenos) (L06) <p>Classificação: Média</p> <ul style="list-style-type: none"> • Modificação do fluxo hidrológico ou alteração física dos corpos de água para agricultura (excluindo desenvolvimento e operação de barragens) (A33) • Desenvolvimento e operação de barragens para agricultura (A32) • Abstrações ativas de águas subterrâneas, superficiais ou mistas para agricultura (A30) <p>Ameaças:</p> <p>Classificação: Alta</p> <ul style="list-style-type: none"> • Espécies exóticas invasoras de interesse da União Europeia (I01) • Modificação do fluxo hidrológico ou alteração física dos corpos de água para a agricultura (excluindo desenvolvimento e operação de barragens) (A33) • Extrações ativas de águas subterrâneas, superficiais ou mistas para a agricultura (A30) • Seca e diminuição da precipitação devido às alterações climáticas (N02) | <p>MONITORIZAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO</p> <p>Baseado na metodologia utilizada na iniciativa anterior, foi lançado em 2020 o “Projeto Experimental para a Monitorização e Registo da Informação sobre o Estado de Conservação de Hábitats de Interesse Comunitário e Hábitats de Espécies de Interesse Comunitário, com Especial Atenção à Rede Natura 2000”. Este projeto também está enquadrado no Programa Operativo FEDER para as Ilhas Canárias (2014-2020). Desta vez, o objetivo não foi apenas compreender os impactos associados às atividades humanas no meio ambiente natural, mas também detectar mudanças que ocorrem em habitats e espécies como consequência das alterações climáticas. Foram realizados estudos de campo utilizando transectos georreferenciados e inventários em parcelas de 20x20 metros que são repetidos periodicamente para acompanhar a sua evolução ao longo do tempo.</p> <p>O projeto tem como objetivo cobrir não apenas áreas costeiras, mas também a maior superfície possível de cada ilha, desde a costa até ao cume e ao longo de todas as ladeiras, tanto dentro como fora da rede Natura 2000. Com esta coleta de dados iniciada nas ilhas periféricas e continuada em 2023 com a incorporação de Tenerife e Gran Canaria, estabelece-se uma linha base de conhecimento que servirá como referência para a monitorização futura.</p> <p>A intenção do Governo das Canárias é implementar e desenvolver estes sistemas sob padronização, seguindo a lista de referência de ameaças, pressões e atividades disponíveis no Portal de Referência Natura 2000 (de acordo com a Decisão de Execução da Comissão de 11 de julho de 2011, sobre o formulário de informação do sítio Natura 2000 [notificado sob o documento número C (2011) 4892]). Deve-se promover a participação de todos os gestores de sítios Natura 2000 (conselhos insulares e parques nacionais não delegados) e a implementação de sistemas de deteção fora da rede europeia que afetem os valores naturais de interesse comunitário. Desta forma, seria possível uma coleta padronizada de pressões e ameaças com expressão cartográfica e informação alfanumérica associada disponível publicamente.</p> |

| Pergunta | Administração de Acores | Administração de Madeira | Administração Canaria |
|---|--|--|--|
| ¿Tienes algún mapa relacionado con las presiones y amenazas existentes? | Foram produzidas cartografia de algumas variáveis sim, como a alteração do uso e a distribuição de algumas invasoras. Noutros casos a distribuição é pontual, embora tenham sido cartografadas a sua ocorrência. Em outros casos não, ou não são cartografáveis. | <p>Classificação: Média</p> <ul style="list-style-type: none"> •Desenvolvimento e operação de barragens para a agricultura (A32) •Relações interespecíficas (competição, predação, parasitismo, patógenos) (L06) •Alterações de temperatura (por exemplo, aumento da temperatura e extremos) devido às alterações climáticas (N01) | <p>TENDÊNCIAS EM HÁBITATS ARBÓREOS E ARBUSTIVOS</p> <p>Nos últimos anos, foi desenvolvido um processo paralelo para analisar as tendências dos habitats naturais de tipo arbóreo e arbustivo utilizando indicadores remotos, especificamente o Índice de Vegetação Melhorado (EVI). Isto facilitará a deteção de alterações na atividade vegetativa de certos habitats arbóreos e arbustivos, e consequentemente, os possíveis efeitos das pressões e ameaças sobre eles. Para abordar esta capacidade de deteção, foram analisados os valores médios e a variação deste índice por subtipos de habitats, períodos sazonais e grupos de períodos anuais para áreas de referência. Desta forma, cada subtipo de habitat analisado possui limites que distinguem os valores correspondentes a situações normais dos de situações anómalas. Embora bastante avançado, este processo ainda está em desenvolvimento.</p> |

