

## **Implementação exploratória dos métodos desenvolvidos no procedimento na cadeia de processamento da DGT**

Relatório com definição de áreas de estudo, resultados obtidos e  
dificuldades tecnológicas de implementação na cadeia de processamento  
da DGT

António Tomás Oruguela Sequeira

janeiro de 2025

## **Nota prévia**

Este relatório foi realizado no âmbito do contrato Nº 24IN10150012, enquadrado no contrato de cooperação Nº 3044, celebrado entre a Direção-Geral do Território (DGT) e o Instituto Superior de Agronomia (ISA). O presente documento corresponde ao Entregável E3.1. que integra a Tarefa 3, e tem a seguinte descrição: “Relatório com definição de áreas de estudo, resultados obtidos e dificuldades tecnológicas de implementação na cadeia de processamento da DGT”.

Juntamente com este documento, segue o seguinte anexo:

- CCDC\_Mask\_dissolve.gpkg

# Índice

|  |    |
|--|----|
| 1. Enquadramento e objetivos .....                             | 3  |
| 2. Dados.....  | 4  |
| 2.1. COS .....   | 4  |
| 2.2. CPV .....   | 5  |
| 2.3. BDR.....  | 6  |
| 3. Métodos .....   | 8  |
| 3.1. Determinação de área de aplicação do CCDC.....            | 8  |
| 3.2. Escolha de áreas de estudo .....                          | 8  |
| 4. Resultados .....  | 9  |
| 4.1. Área de aplicação do CCDC e respetivas estatísticas ..... | 9  |
| 4.2. Municípios selecionados como área de estudo .....         | 12 |
| 5. Dificuldades e limitações.....                              | 13 |

## 1. Enquadramento e objetivos

A DGT e o ISA, no âmbito do contrato de cooperação Nº 3044, colaboram no desenvolvimento de um produto bimestral de mapeamento de perdas de vegetação. A técnica adotada é baseada na aplicação do algoritmo *Continuous Change Detection and Classification* (CCDC). O CCDC é utilizado com frequência na deteção e classificação de alterações no coberto vegetal ao longo de uma série temporal de imagens de satélite adquiridas em intervalos regulares de tempo. O princípio fundamental do seu funcionamento é a modelação de séries temporais que permitem capturar a variabilidade sazonal e as mudanças a longo prazo, sendo esse processo baseado na combinação de técnicas de modelos de estatística e modelos de regressão.

A utilização de um algoritmo com as características do CCDC exige uma definição precisa da área de aplicação, sobre a qual será processado, que terá de estar em coerência com a restante gama de produtos disponibilizados pela DGT. Para além disso, devido à exigente parametrização, à necessidade de testes e ao elevado esforço computacional que o seu processamento implica, a determinação de áreas de estudo que sejam representativas da realidade de Portugal Continental e para a qual existam dados de validação é uma necessidade.

Desta forma, o trabalho descrito neste relatório, foi realizado com dois objetivos: 1. Definir e caracterizar, com base nos produtos da DGT, a área sobre a qual o algoritmo CCDC deve ser processado e 2. Com base no uso e ocupação do solo, na frequência de perdas de vegetação e na disponibilidade de dados de referência, seleccionar os municípios de Portugal Continental que devem servir de área de teste do algoritmo.

A definição da área de aplicação do CCDC foi baseada na Carta de Uso e Ocupação do Solo de 2018 (COS2018), tendo sido utilizada uma conjugação de duas versões, a COS2018V2 que se encontra disponível no Sistema Nacional de Informação Geográfica (SNIG) e a COS2018V3, que ainda não se encontra disponível para visualização nem para descarregamento. Esta versão apresenta uma unidade mínima cartográfica de 0,5 ha e novas especificações técnicas ao nível da nomenclatura.

A escolha das áreas de teste foi feita ao nível dos municípios a partir de análises estatísticas com base na gama de produtos disponíveis na cartografia nacional e nas bases de dados da DGT e do ISA. Estas análises estatísticas permitiram avaliar o cumprimento de vários critérios definidos como fundamentais para avaliar o desempenho do CCDC. Foram seleccionados 20 municípios como área de estudo.

Assim, este relatório inclui a descrição da metodologia, dos critérios aplicados e dos resultados obtidos na determinação da área de aplicação do algoritmo CCDC, bem como a definição dos municípios em que idealmente o algoritmo deve ser testado e os motivos da sua escolha.

## **2. Dados**

Na execução deste trabalho foram utilizados os seguintes produtos cartográficos:

1. Carta de Uso e Ocupação do Solo (COS);
2. Carta de perdas de Vegetação em Floresta e Matos (CPV);
3. Base de Dados de Referência (BDR);
4. Cartas das Áreas Ardidas do ICNF (AA).

O horizonte temporal definido para ser analisado neste trabalho corresponde aos anos agrícolas de 2019 a 2023, ou seja, o período entre outubro de 2018 e setembro de 2023. Como tal foram utilizadas as edições dos referidos produtos que cobrem este horizonte temporal.

### **2.1.COS**

A COS é o principal produto de referência em Portugal no que diz respeito ao uso e ocupação do solo. Constitui, neste domínio, o produto com maior detalhe temático e com a maior série temporal disponível. O seu sistema de classificação hierárquica possui 4 níveis e conta com um total de 83 classes (2018), tendo já sido disponibilizadas 5 cartas (1995, 2007, 2010, 2015 e 2018).

É um produto vetorial com uma unidade mínima cartográfica de 1 ha, e com uma exatidão temática superior a 85% (COS2018V2). A COS é produzida pela DGT através de fotointerpretação de imagens digitais ortorretificadas e de ortofotomapas. Este produto integra o Sistema de Monitorização da Ocupação do Solo (SMOS) e segue uma política de dados abertos, sendo disponibilizado gratuitamente.

Encontra-se neste momento a ser produzida uma nova versão da COS2018, a COS2018V3, que vai contar com uma unidade mínima cartográfica de 0,5 ha e que possui uma nova legenda com maior detalhe temático (104 classes e 2 atributos complementares, que permitem identificar espécies florestais em povoamentos mistos).

Na execução deste trabalho foi utilizada uma conjugação entre a COS2018V2, disponível no SNIG, e os estratos da COS2018V3 que já se encontram disponíveis nas bases de dados internas da DGT. A COS serviu para determinar a área de aplicação do CCDC e auxiliou o processo de decisão das áreas de estudo.

## **2.2. CPV**

A CPV consiste num produto vetorial de deteção de perdas de vegetação para Portugal Continental que tem uma unidade mínima cartográfica de 0,5 ha e é atualizado bimestralmente. Cada versão publicada da carta, cobre um horizonte temporal correspondente aos 12 meses anteriores ao da publicação, para os quais são assinaladas e datadas as perdas de vegetação.

A CPV é produzida com base em séries temporais de NDVI obtidas a partir de imagens dos satélites Sentinel-2, e noutros dados auxiliares. Para cada mapa que cobre um horizonte temporal de 12 meses, são utilizados 24 compósitos de mediana mensal de NDVI: 12 meses referentes aos meses que constam no mapa e 12 meses anteriores a estes (meses homólogos do ano anterior). Complementarmente são utilizadas a Carta de Ocupação do Solo Conjuntural (COSc) e as Unidades de Paisagem de Portugal Continental (UP) usadas na produção da COSc.

Apesar do produto só estar disponível no SNIG desde junho de 2024, foi gerada internamente na DGT uma série temporal que cobre o período entre os anos agrícolas de 2018 e 2023, que foi utilizada no âmbito deste trabalho. Esta camada contém 743 134 polígonos de perda de vegetação que no total cobrem 440 423 ha (Figura 1).

No âmbito deste trabalho, a CPV será utilizada para avaliar o dinamismo de uma dada área florestal, permitindo avaliar se um determinado município tem uma predisposição mais ou menos elevada a eventos de perdas no coberto vegetal.



*Figura 1 - Série temporal da CPV entre outubro de 2018 e setembro de 2023. As áreas assinaladas a preto correspondem às áreas de potencial alteração no coberto vegetal.*

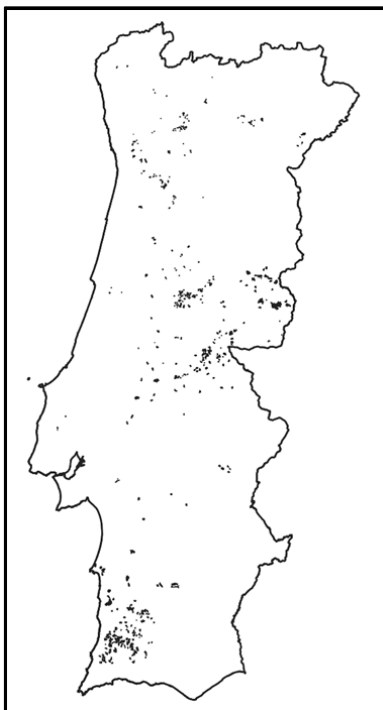
### **2.3. BDR**

Para validar o algoritmo CCDC foi utilizada a “Base de dados de referência para validação de produtos de deteção de perdas de vegetação” (BDR) produzida pelo ISA no âmbito do contrato de cooperação Nº 3044 entre o ISA e a DGT. A BDR foi baseada em dados fornecidos pela *The Navigator Company* que posteriormente foram adaptados pelo ISA de forma a permitir a sua utilização para validar produtos de perdas de vegetação.

A BDR cobre o território de Portugal Continental e compreende 13 418 polígonos em formato vetorial Geopackage projetados no sistema de coordenadas CRS: EPSG: 3763 – ETRS89 / PTM06 (Figura 2). Os polígonos correspondem a povoamentos florestais da *The Navigator Company*. Para cada um desses polígonos existem informações sobre a ocupação do solo e as operações de exploração realizadas nos povoamentos.

No momento da seleção dos municípios que serão utilizados como área de estudo, é importante garantir que algumas das áreas florestais estejam cobertas por esta base de dados, motivo pelo qual a área coberta pela BDR constituiu um dos principais critérios para a seleção

dos municípios de teste. Neste trabalho só foram consideradas para validação as áreas que tenham sido cortadas entre 10/2018 e 09/2023 e que coincidam com áreas de floresta ou de matos da COS2018. Assim, a área considerada para validação foi de 6 005 ha divididos em 4 493 polígonos de corte.



*Figura 2 - Área coberta pela BDR*

#### **2.4. Cartas das Áreas Ardidas do ICNF**

As AA são produzidas desde 1975 pelo Instituto de Conservação da Natureza e Floresta (ICNF) e são o produto português de referência no que diz respeito à cartografia de áreas ardidas. Estas áreas são mapeadas a partir de imagens de satélite e com recurso a levantamentos no terreno a cargo da Guarda Nacional Republicana ou dos gabinetes técnicos florestais. As AA são disponibilizadas anualmente em formato vetorial e contam com uma tabela de atributos com várias informações sobre cada incêndio, como a data (início e fim), a área ardida, a tipologia do incêndio, etc.

Neste trabalho foram utilizadas as áreas ardidas disponibilizadas pelo ICNF para os anos civis de 2018 a 2023 para avaliar a ocorrência de fogos nos municípios em análise. Relembrar que estas cartas podem ser usadas para validar o desempenho do CCDC na identificação de áreas ardidas.



### **3. Métodos**

#### **3.1. Determinação de área de aplicação do CCDC**

A área de aplicação do CCDC corresponde às florestas e matos de Portugal Continental. A sua delimitação foi baseada na COS2018. Como forma de definir com a melhor qualidade possível as áreas de aplicação do CCDC, foram conjugadas áreas das duas edições da COS2018.

Apesar de ainda estar em produção, foi dada prioridade à utilização da COS2018V3, por ser uma versão melhorada da COS2018V2, que inclui um maior detalhe temático, uma unidade mínima cartográfica menor e a correção de erros da COS2018V2. Deste modo, as áreas de interesse da COS2018V3 que se encontram disponíveis a quando da execução deste trabalho foram utilizadas. São elas, as áreas classificadas como floresta na COS2018V2, que se mantiveram como floresta ou passaram a ser classificadas como matos.

A restante área de interesse, que corresponde às áreas de matos da COS2018V2 que ainda não foram atualizadas para a COS2018V3, foi baseada na COS2018V2.

As áreas de interesse das duas versões foram conjugadas, resultando daí a área de aplicação do CCDC.

#### **3.2. Escolha de áreas de estudo**

A seleção dos municípios para testar o desempenho do CCDC foi baseada em vários critérios:

1. Disponibilidade de dados de validação para corte raso: foi contabilizada, para cada município, a área da BDR que sofreu um corte raso no período de estudo definido (10/2018 – 09/2023);
2. Área do município com uso florestal: com recurso à COS2018 foi contabilizada a área e a percentagem de floresta e matos em cada município;
3. Dinamismo das áreas florestais (ocorrência de fogos e cortes): foram utilizadas as Áreas Ardidas do ICNF e a CPV entre 10/2018 e 09/2023, para contabilizar a área que sofreu perdas de vegetação;
4. Localização no território: para garantir uma distribuição homogénea no território de Portugal Continental, a escolha dos municípios foi dividida em função das NUTS II.

Com base nos critérios apresentados foram selecionados os 20 municípios mais adequados para testar o CCDC. Esses municípios foram distribuídos em função da área de estudo presente em cada NUTS II. Na Tabela 1 estão contabilizadas as áreas de aplicação do CCDC por cada NUTS II (as NUTS do Centro e de Lisboa foram agregadas), a percentagem de cada uma face à área total de aplicação e o número de municípios a selecionar por cada NUTS II de forma a manter a proporção.

*Tabela 1 - Área de aplicação do CCDC por NUTS II e consequente distribuição dos municípios a testar por NUTS II*

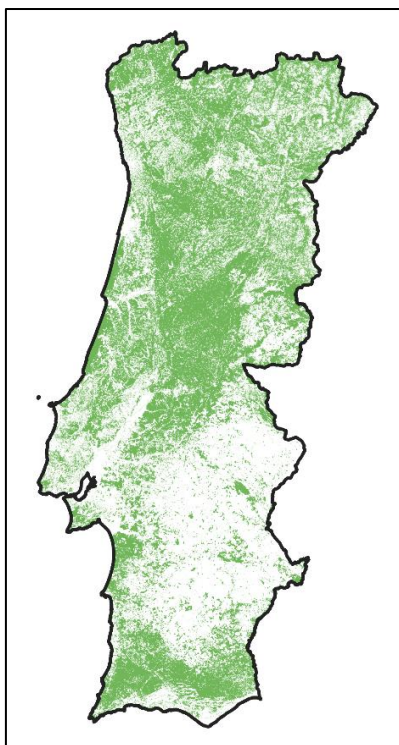
| <b>NUTS II</b>  | <b>Área de aplicação do CCDC</b> | <b>% de área</b> | <b>Nº de municípios a selecionar</b> |
|-----------------|----------------------------------|------------------|--------------------------------------|
| Norte           | 12 472                           | 29,3             | 6                                    |
| Centro e Lisboa | 17 596                           | 41,4             | 9                                    |
| Alentejo        | 8 635                            | 20,3             | 4                                    |
| Algarve         | 3 007                            | 7,1              | 1                                    |
| <b>Total</b>    | <b>42 547</b>                    | <b>100</b>       | <b>20</b>                            |

A aplicação dos critérios de seleção de uma forma absoluta e meramente estatística levaria à seleção de vários municípios contíguos e com características muito semelhantes, o que tornaria a área de teste menos representativa das várias realidades das áreas de floresta e matos de Portugal Continental. Por esse motivo, a seleção final dos municípios também teve em consideração a distribuição geográfica dos municípios.

#### **4. Resultados**

##### **4.1. Área de aplicação do CCDC e respetivas estatísticas**

A área para a qual o CCDC deverá ser processado corresponde a 42 547 km<sup>2</sup> (Figura 3) e segue como anexo deste relatório em formato GeoPackage.



*Figura 3 - Área em que o CCDC deve ser processado*

Na Tabela 2 estão as áreas de cada classe da COS na área de aplicação do CCDC.

*Tabela 2 - Classes da COS2018 na área de aplicação do CCDC*

| <b>Classe</b>                 | <b>Área (ha)</b> | <b>% área</b> |
|-------------------------------|------------------|---------------|
| Florestas de sobreiro         | 411 262          | 9,7           |
| Florestas de azinheira        | 79 572           | 1,9           |
| Florestas de outros carvalhos | 163 194          | 3,8           |
| Florestas de castanheiro      | 14 684           | 0,3           |
| Florestas de alfarrobeira     | 80               | 0,0           |
| Florestas de eucalipto        | 946 667          | 22,2          |
| Florestas de acácias          | 16 386           | 0,4           |
| Florestas de outras folhosas  | 223 970          | 5,3           |
| Florestas de pinheiro bravo   | 873 848          | 20,5          |
| Florestas de pinheiro manso   | 181 897          | 4,3           |
| Florestas de outras resinosas | 3 3453           | 0,8           |
| Matos                         | 1 309 721        | 30,8          |
| <b>Total Geral</b>            | <b>4254734</b>   | <b>100,0</b>  |

As tabelas 3 e 4, representam os 20 municípios com maior área de aplicação e com maior percentagem de área de aplicação.

*Tabela 3 - Lista dos 20 municípios com maior área florestal e de matos.*

| <b>Município</b> | <b>Área de aplicação do CCDC</b> |
|------------------|----------------------------------|
| Odemira          | 97 702                           |
| Castelo Branco   | 81 816                           |
| Bragança         | 68 509                           |
| Idanha-a-Nova    | 60 572                           |
| Alcácer do Sal   | 56 593                           |
| Montalegre       | 56 237                           |
| Abrantes         | 52 151                           |
| Chamusca         | 52 085                           |
| Mértola          | 49 669                           |
| Ponte de Sor     | 47 062                           |
| Sabugal          | 46 479                           |
| Loulé            | 45 224                           |
| Vinhais          | 44 707                           |
| Coruche          | 44 341                           |
| Guarda           | 43 417                           |
| Oleiros          | 42 979                           |
| Pombal           | 42 492                           |
| Alcoutim         | 41 401                           |
| Tavira           | 41 005                           |
| Grândola         | 40 471                           |
| <b>Total</b>     | <b>4 254 700</b>                 |

*Tabela 4 - Lista dos 20 municípios com maior percentagem de coberto florestal e de matos.*

| <b>Município</b>                  | <b>% de área de aplicação do CCDC</b> |
|-----------------------------------|---------------------------------------|
| Gois                              | 93,7                                  |
| Pampilhosa da Serra               | 91,8                                  |
| Monchique                         | 91,5                                  |
| Oleiros                           | 91,2                                  |
| Castanheira de Pera               | 90,0                                  |
| Vila de Rei                       | 88,8                                  |
| Figueiró dos Vinhos               | 87,6                                  |
| Arganil                           | 86,6                                  |
| Mortágua                          | 86,3                                  |
| Mação                             | 86,2                                  |
| Pedrogão Grande                   | 83,8                                  |
| Arouca                            | 83,5                                  |
| São Pedro do Sul                  | 82,6                                  |
| Marinha Grande                    | 81,8                                  |
| Sertã                             | 81,1                                  |
| Mondim de Basto                   | 81,1                                  |
| Lousã                             | 80,3                                  |
| Penacova                          | 80,3                                  |
| Proença-a-Nova                    | 80,2                                  |
| Vila Nova de Paiva                | 79,7                                  |
| <b>Média Portugal Continental</b> | <b>49,1</b>                           |

#### 4.2. Municípios selecionados como área de estudo

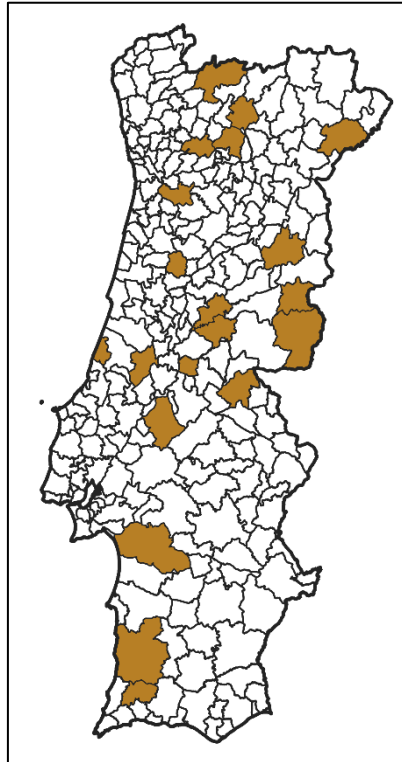
Os municípios selecionados para testar o CCDC foram os seguintes (Figura 4):

**Norte:** Amarante, Arouca, Mogadouro, Montalegre, Vila Pouca de Aguiar e Vila Real.

**Centro e Lisboa:** Guarda, Mortágua, Penamacor, Idanha-a-Nova, Oleiros, Pampilhosa da Serra, Vila de Rei, Ourém, Marinha Grande.

**Alentejo:** Chamusca, Nisa, Alcácer do Sal e Odemira.

**Algarve:** Monchique.



*Figura 4 - Municípios selecionados como área de estudo.*

A Tabela 5 apresenta as estatísticas dos vários critérios que levaram à seleção destes municípios para área de estudo. Os fatores determinantes na seleção foram diferentes para cada município. Em alguns casos foi dada primazia à área e percentagem de coberto florestal, noutros à disponibilidade de dados da BDR e noutros à ocorrência de fogos e cortes.

*Tabela 5 – Lista de municípios selecionados como área de estudo e respetivas estatísticas dos critérios de seleção. Note-se que: os valores expressos nas colunas BDR, CPV – Cortes e AA dizem respeito apenas às áreas contidas na floresta e nos matos da COS; na coluna CPV - Cortes os valores referem-se apenas às áreas da CPV que não sobreponham com as AA do ICNF; no cálculo dos valores da coluna AA, as áreas que tenham sido consumidas pelo fogo mais do que uma vez, só foram consideradas uma vez.*

| NUTS II                | Concelho             | Área Florestal (ha) | % de área florestal | BDR (ha)     | CPV – Cortes (ha) | AA (ha)       |
|------------------------|----------------------|---------------------|---------------------|--------------|-------------------|---------------|
| <b>Norte</b>           | Montalegre           | 56 237              | 70                  | 0            | 4 133             | 7 069         |
|                        | Vila Pouca de Aguiar | 31 524              | 72                  | 0            | 937               | 4 030         |
|                        | Mogadouro            | 38 568              | 51                  | 43           | 2 500             | 1 393         |
|                        | Vila Real            | 24 368              | 64                  | 0            | 595               | 5 054         |
|                        | Amarante             | 20 222              | 67                  | 47           | 1 245             | 1 668         |
|                        | Arouca               | 27 468              | 83                  | 17           | 1 516             | 1 107         |
| <b>Centro e Lisboa</b> | Guarda               | 43 417              | 61                  | 0            | 742               | 8 825         |
|                        | Mortágua             | 21 677              | 86                  | 3            | 1 872             | 0             |
|                        | Penamacor            | 39 517              | 70                  | 287          | 5 126             | 277           |
|                        | Pampilhosa da Serra  | 36 412              | 92                  | 259          | 1 785             | 186           |
|                        | Idanha-a-Nova        | 60 572              | 43                  | 677          | 7 246             | 376           |
|                        | Oleiros              | 42 979              | 91                  | 48           | 1 114             | 11 601        |
|                        | Marinha Grande       | 15 318              | 82                  | 0            | 2 708             | 0             |
|                        | Ourém                | 26 293              | 63                  | 0            | 917               | 5 602         |
|                        | Vila de Rei          | 17 012              | 89                  | 0            | 180               | 3 164         |
| <b>Alentejo</b>        | Nisa                 | 30 258              | 53                  | 249          | 5 017             | 248           |
|                        | Chamusca             | 52 085              | 70                  | 103          | 8 712             | 26            |
|                        | Alcácer do Sal       | 56 593              | 38                  | 169          | 4 536             | 11            |
|                        | Odemira              | 97 702              | 57                  | 1 329        | 14 285            | 6166          |
| <b>Algarve</b>         | Monchique            | 36 174              | 92                  | 603          | 1 761             | 978           |
| <b>Total</b>           |                      | <b>774 396</b>      | <b>-</b>            | <b>3 834</b> | <b>66 927</b>     | <b>57 780</b> |

## 5. Dificuldades e limitações

1. Na área de aplicação determinada para o CCDC, encontram-se incluídas áreas de uso florestal que estão temporariamente desarborizadas, o que pode afetar o desempenho do algoritmo.
2. A validação do desempenho do CCDC em áreas cortadas terá fortes limitações. A BDR, que é até ao momento a única base de dados com cobertura da totalidade do território de Portugal Continental, só inclui cortes rasos em áreas de eucalipto geridas com finalidades industriais. Desta forma, as áreas cortadas de outras espécies florestais e de outros regimes de exploração, não constam da BDR e por isso não poderão ser validadas com recurso a estes dados. Para além disso, a disponibilidade de áreas da BDR para

algumas regiões de Portugal Continental é muito reduzida. A NUTS II mais afetada por esta limitação é a do Norte que conta apenas com 265 ha de área de validação, o que corresponde a 4,4% da área total da BDR (Tabela 6).

*Tabela 6 - Áreas da BDR disponíveis para validar áreas cortadas no período entre 10/2018 e 09/2023 por NUTS II.*

| <b>NUTS II</b> | <b>Área de validação</b> | <b>% área de validação</b> |
|----------------|--------------------------|----------------------------|
| Alentejo       | 2 671                    | 44,5                       |
| Algarve        | 853                      | 14,2                       |
| Centro         | 2 216                    | 36,9                       |
| Norte          | 265                      | 4,4                        |
| <b>Total</b>   | <b>6 005</b>             | <b>100</b>                 |