

Relatório previsto na tarefa 1 do contrato DGT/ISA 2141/2023

José Miguel Cardoso Pereira e Manuel Campagnolo

Centro de Estudos Florestais, ISA, Lisboa

Índice

1	O conceito de interface linear e princípios gerais.....	1
2	Produtos DGT de uso e ocupação do solo, áreas edificadas e de interfaces	3
3	Limitações dos produtos atuais dos quais depende o produto de interface.....	5
3.1	Existência de coberto perigoso no interior da área edificada	5
3.2	Bordadura de edifícios	6
3.3	Distinção entre o interior e o exterior das áreas edificadas	7
4	Algumas limitações dos produtos atuais de interface	7
4.1	Frente e verso da IUR	7
4.2	Perigo proveniente do verso da IUR	8
4.3	Inconsistência entre produtos de interface	9
5	Proposta de redefinição do algoritmo para a interface	9
6	Referências.....	11

1 O conceito de interface linear e princípios gerais

Há numerosas definições de interface urbano-rural (IUR), mas todas elas contêm três elementos essenciais: o espaço edificado, a vegetação e uma medida da distância entre elas, que quantifica a sua interação potencial (Stewart et al., 2007). Pode estabelecer-se uma correspondência entre estes elementos e os conceitos de *matriz*, *mancha* e *orla* usados em ecologia da paisagem. Define-se matriz como o(s) tipo(s) de ocupação do solo prevalente(s), caracterizado(s) pelas suas elevadas extensão e conectividade. As manchas são áreas que, pela sua natureza e aparência, diferem do espaço que as envolve e correspondem ao espaço urbano edificado e a orla é a porção de uma classe de ocupação do solo próxima do seu perímetro, na qual as condições ambientais podem diferir das localizações mais interiores (Turner and Gardner, 2015). No espaço rural, a matriz é constituída por classes nas quais o solo está coberto por algum tipo de vegetação, as manchas correspondem ao espaço edificado e a extensão da orla equivale à distância entre a matriz e as manchas.

Em paisagens com um longo historial de transformação resultante da atividade humana é frequente as manchas, nomeadamente os campos agrícolas e as áreas urbanas, terem formas geométricas simples e delimitadas por segmentos lineares (Forman, 2008; Bogaert et al., 2011; Turner and Gardner, 2015). Este tipo de paisagem tem ecótonos com gradientes muito acentuados, podendo mesmo não exibir uma zona de transição, como é comum em áreas rurais da Europa (Farina, 2006; Forman, 2008). Assim sendo, a geometria da IUR aproxima-se da definição genérica de interface, por exemplo no Webster's Third New International Dictionary (Gove, 1961): “um plano ou outra superfície que formam uma fronteira comum entre dois corpos ou espaços”. A transposição deste conceito para as duas dimensões de um mapa sugere que a IUR possa ser demarcada através de um conjunto de linhas posicionadas entre as manchas edificadas e a matriz vegetada (Pereira et al., 2018).

O conceito de IUR tem sido amplamente usado no contexto de avaliação do risco que os incêndios representam para os espaços edificados (Johnson et al., 2020). A definição proposta de IUR como conjunto de linhas de fronteira entre o espaço edificado e a vegetação potencialmente problemática do ponto de vista do fogo articula-se bem com a conceptualização de risco como produto dos fatores perigo, exposição e vulnerabilidade (UNISDR, 2009; Oliveira et al., 2021). Nesta perspetiva, a matriz vegetada constitui o perigo, que se define como “um fenômeno, substância, atividade humana, ou condição capaz de causar perda de vida, ferimentos ou outros impactos sobre a saúde, danos à propriedade, perda de meios de existência e de serviços, disruptão económica e social, ou dano ambiental.” (UNISDR, 2009). O espaço edificado representa a exposição: “as pessoas, propriedades, sistemas ou outros elementos presentes nas zonas de perigo e, portanto, sujeitos a perdas potenciais.” (UNISDR, 2009). A vulnerabilidade, entendida como “as características ou circunstâncias de uma povoação, sistema, ou ativo que o tornem suscetível aos efeitos danosos de um perigo” (UNISDR, 2009) é influenciada pela distância à orla (Turner and Gardner, 2015). Essa distância à orla deve ser entendida como a distância no sentido do interior da mancha urbana, no pressuposto de que o edificado mais próximo da IUR (i.e. da orla) é mais vulnerável do que o edificado mais afastado da IUR.

Dado que a orla se situa fora da mancha urbana, então a linha de fronteira envolvente das manchas tem uma “frente” (o lado da orla) e um “verso” (o lado oposto, ou seja, o lado da mancha urbana). Em consequência, a IUR, que é composta pelas linhas de fronteira expostas ao perigo, partilha também essa característica (ver Figura 1). Por isso, uma implementação de IUR consistente com os princípios acima descritos deverá permitir identificar a “frente” e o “verso” de cada segmento de IUR.

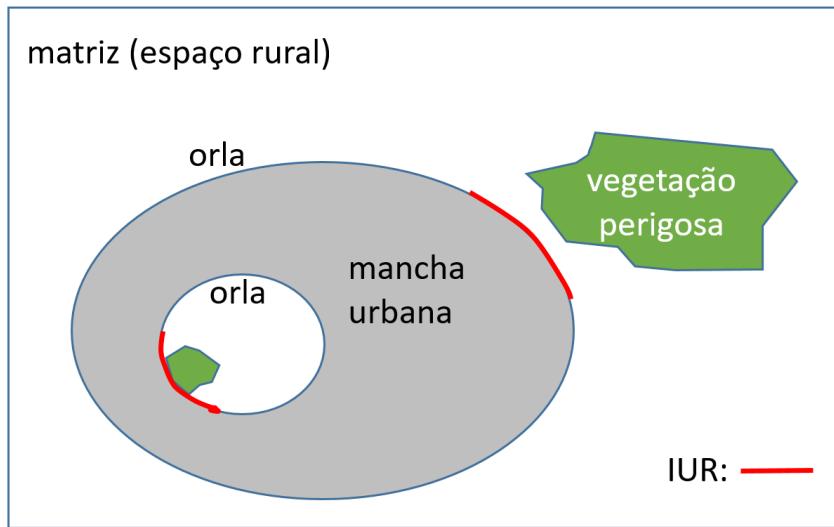


Figura 1. Representação esquemática dos conceitos de matriz, mancha e orla. A interface corresponde às linhas de fronteira entre o espaço edificado e a vegetação potencialmente problemática do ponto de vista do fogo. A matriz tem uma cobertura diversificada, na qual se destacam as áreas de vegetação perigosa que constituem o fator “perigo”. Cada segmento de IUR tem uma “frente”, do lado da orla, e um “verso” do lado da mancha urbana.

A definição linear de IUR é, portanto, especialmente adequada às características geométricas da matriz de vegetação e das manchas de ocupação urbana das paisagens dos territórios rurais em Portugal e apropriada para uma das principais motivações para a sua cartografia, que é a redução do risco de incêndio rural. Deste modo, encontra-se alinhada com o Programa Nacional de Ação do Plano Nacional de Gestão Integrada de Fogos Rurais (Resolução do Conselho de Ministros n.º 71-A/2021), sobretudo com a sua Orientação Estratégica nº2, “Cuidar dos Espaços Rurais”.

2 Produtos DGT de uso e ocupação do solo, áreas edificadas e de interfaces

Correntemente a DGT disponibiliza dois produtos IUR para Portugal Continental, sob a designação " CIAE - Cartas de Interfaces de Áreas Edificadas (Estrutural e Conjuntural)". Esses produtos constituem versões provisórias de:

1. Carta IUR estrutural, associado a uma matriz que representa o **uso do solo**, com uma área unidade mínima cartográfica entre 0.5 e 1 ha, e com uma resolução temporal de aproximadamente 3 anos
2. Carta IUR conjuntural, associado a uma matriz que representa a **ocupação do solo**, com uma resolução espacial de aproximadamente 10 metros e uma resolução temporal de aproximadamente 1 ano.

Ambos esses produtos são enquadrados pelo SMOS – Sistema de Monitorização da Ocupação do Solo. O **SMOS** inclui três famílias de produtos: cartografia de base, cartografia de uso e ocupação do solo e produtos cartográficos específicos (<https://smos.dgterritorio.gov.pt/familias-de-produtos>), organizados de forma **hierárquica**:

1. Cartografia de Base (<https://smos.dgterritorio.gov.pt/cartografia-de-base>), constituída por cartografia topográfica e por cartografia de imagem. A cartografia de imagem é por sua vez constituída por
 - a. Ortofotomaps de resolução entre 25 cm e 1 m e de resolução temporal variável;
 - b. Mosaicos Sentinel-2
2. Cartografia de Uso e Ocupação do Solo (<https://smos.dgterritorio.gov.pt/cartografia-de-uso-e-ocupacao-do-solo>), que inclui:
 - a. **COS** - Carta de Uso e Ocupação do Solo: cartografia de referência a nível nacional e com utilização mais generalizada para questões relacionadas com o uso do solo. É um produto vetorial atualizado a cada 3 anos que representa 83 classes temáticas com uma unidade mínima cartográfica de 1 hectare com base na interpretação visual de ortofotomaps. Estão disponíveis cinco edições (1995, 2007, 2010, 2015, e 2018) temporalmente consistentes.
 - b. **COSc** - Carta de Ocupação do Solo Conjuntural: representa a ocupação do solo num ano específico. É um produto *raster* anual com *pixels* de 10 metros que representa 15 classes temáticas com base em classificação automática de imagens de satélite Sentinel-2 e outros dados auxiliares com algoritmos de Inteligência Artificial com *machine learning* e regras de conhecimento pericial. Estão disponíveis três edições (2018, 2020 e 2021) temporalmente consistentes.
3. Produtos Cartográficos Específicos (<https://smos.dgterritorio.gov.pt/produtos-cartograficos-especificos>):
 - a. MIAEV - Mapas Intra-Anuais do Estado da Vegetação
 - b. MACAT - Mapa Anual de Culturas Agrícolas Temporárias
 - c. **CAE** - Carta de Áreas Edificadas: representa as áreas edificadas de Portugal Continental com recurso à Base de Dados de Edifícios Residenciais Clássicos 2011-2019 do Instituto Nacional de Estatística e em classes de artificializado selecionadas da Carta de Uso e Ocupação do Solo (COS) de 2018. É um produto vetorial de polígonos e classifica as áreas edificadas em categorias segundo o número e o tipo de edifícios que incluem.
 - d. **CIAE** - Cartas de Interfaces de Áreas Edificadas (Estrutural e Conjuntural): representam a classificação das interfaces das áreas edificadas (CAE de 2018), em função da sua proximidade a manchas de coberto combustível. Existem duas CIAE: a estrutural e a conjuntural. As CIAE são produtos vetoriais de linhas e diferem nos dados e metodologia usados para avaliar o coberto combustível e definir a sua distância à interface. Na CIAE estrutural, as manchas de combustível são derivadas da COS, e na conjuntural, da COSc.

A cartografia de base é usada para criar os produtos do nível 2, que por sua vez são usados como input para a criação dos produtos do nível 3. Adicionalmente, dentro do mesmo nível, pode haver uma sub-hierarquia: por exemplo a COSc usa informação da COS, e o CIAE depende de CAE.

Assim, a linha de produção da carta de interfaces é a que se esquematiza na Figura 2.

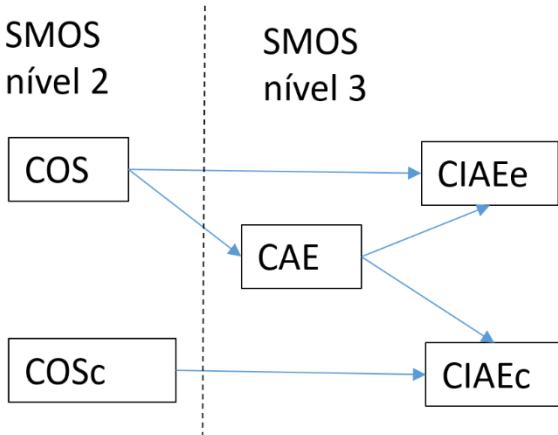


Figura 2. Linha de produção dos produtos CIAE

Assim, os inputs dos produtos de interface, são COS e COSc respetivamente, e o produto CAE.

3 Limitações dos produtos atuais dos quais depende o produto de interface

Os produtos SMOS de nível 2 (COS e COSc) devem permitir caracterizar a matriz para efeito de quantificação do fator perigo. Para a resolução espacial e temporal de cada produto, a legenda deve ser suficientemente detalhada para se poder quantificar de forma razoavelmente precisa e desagregada o perigo associado a cada classe. Um dos aspetos que condiciona a qualidade da quantificação do perigo com base nessas cartas é naturalmente a sua qualidade, medida geralmente em termos de precisão.

A qualidade dos produtos COS e COSc é discutida em (Costa et al 2022a, Costa et al 2022b, Moraes et al 2021). A qualidade de um produto IUR estará dependente da resolução espacial, temporal e temática dos produtos de uso e ocupação disponíveis, que por sua vez dependem da qualidade dos produtos base e dos recursos e metodologias usados para derivar os produtos de uso e ocupação a partir desses produtos base.

O produto CAE atual apresenta algumas limitações e deverá ser corrigido por forma a ser compatível com a definição da IUR seguindo os princípios propostos neste relatório. Em seguida, apresentam-se alguns exemplos que ilustram limitações do CAE.

3.1 Existência de coberto perigoso no interior da área edificada

As áreas edificadas, tal como estão atualmente cartografadas, podem conter coberto perigoso como ilustrado na Figura 3. É necessário uma definição clara do que é a mancha urbana pois essa possibilidade é inconsistente com os princípios da IUR. A CAE deveria respeitar esse princípio, não contendo vegetação perigosa para efeitos da definição da IUR, o que pode ser garantida de uma das seguintes formas:

- a. A CAE pode ser redefinida por forma a que seja reduzida a envolvência do edificado, reduzindo a mancha urbana; ou
- b. A CAE pode ser definida como a zona potencialmente limpa de vegetação perigosa, como previsto pelas regras vigentes que estipulam (ver n.º 2 do artigo 15.º da Lei n.º 76/2017, de 17 de agosto que altera a Lei 124/2006) que

“os proprietários, arrendatários, usufrutuários ou entidades que, a qualquer título, detenham terrenos confinantes a edifícios inseridos em espaços rurais, são obrigados a proceder à gestão de combustível, de acordo com as normas constantes no anexo do presente decreto-lei e que dele faz parte integrante, numa faixa com as seguintes dimensões: (a) Largura não inferior a 50 m, medida a partir da alvenaria exterior do edifício, sempre que esta faixa abranja terrenos ocupados com floresta, matos ou pastagens naturais; (b) Largura definida no PMDFCI, com o mínimo de 10 m e o máximo de 50 m, medida a partir da alvenaria exterior do edifício, quando a faixa abranja exclusivamente terrenos ocupados com outras ocupações.” A legislação também inclui o Decreto-Lei n.º 82/2021 SGIFR, com as definições dos vários espaços.



Figura 3: Exemplo de área edificada no produto CAE na zona de Reguengos, em que ocorre coberto perigoso (neste caso vegetação herbácea espontânea) no interior da área edificada.

3.2 Bordadura de edifícios

Este problema relaciona-se com o anterior. Dado que a CAE usa uma delimitação que é uma envolvência do edificado propriamente dito, pode existir material considerado combustível no interior da mancha urbana. No entanto, a mancha urbana, que deveria ser mapeada pela CAE, não deveria conter vegetação perigosa no contexto da IUR.



Figura 4. Ilustração de uma situação em que a carta de áreas edificadas inclui uma orla envolvente à mancha urbana, possivelmente contendo vegetação perigosa.

3.3 Distinção entre o interior e o exterior das áreas edificadas

Partindo do princípio que a área edificada é do tipo polígono, de acordo com as normas de SIG, cada elemento (*feature* ou parte de *feature*) é formado por um único “ring” exterior, e por um ou mais “rings” interiores, que delimitam “buracos” na *feature*. No entanto, do ponto de vista da IUR, os “buracos” fazem parte da matriz, e podem potencialmente incluir cobertos com vegetação perigosa na orla da mancha urbana (ver Figura 1).

A terminologia da IUR diverge da terminologia dos SIGs, o que pode dar origem a interpretação errada dos produtos, dado que o ring interior (ou “buracos”) na terminologia de SIG corresponde a parte da matriz rural que ficou envolvida por manchas urbanas. A Figura 5 ilustra uma situação em que não é claro qual é o critério para definição da orla, numa situação em que a mancha urbana apresenta “buracos”.



Figura 5. Exemplo em que não é claro como o produto CAE representa o “interior” e o “exterior” da mancha urbana. Note-se que o “exterior” da mancha urbana inclui toda a área que não está no CAE. Nesta figura, o “buraco” (ou ‘ring interior’ na terminologia de SIGs) no polígono que delimita a mancha urbana (coberto por olival) é “exterior” a essa mancha e deve ser considerado como potencialmente perigoso para a mancha urbana. A perigosidade efetiva do coberto existente nesse “buraco” depende da composição desse coberto.

Note-se que a legislação refere o conceito de “interior” como por exemplo no DL82/2021 (SGIFR): 9 — “No interior das áreas edificadas, a gestão de combustível é executada nos termos de regulamento municipal.” Para a CAE refletir os conceitos da legislação, é necessário que o “interior das áreas edificadas” corresponda sempre à CAE, e que o “exterior das áreas edificadas” corresponda aos ‘rings interiores’ ou às áreas fora do ‘ring exterior’ das *features* da CAE.

4 Algumas limitações dos produtos atuais de interface

Os produtos CIAE atuais apresentam inconsistências e limitações, sendo algumas delas resultantes de limitações dos produtos COS, COSc e CAE (discutido acima), e outras das metodologias de derivação da carta de interface a partir desses produtos.

4.1 Frente e verso da IUR

Para efeitos de redução do peso computacional do delineamento da IUR, foi introduzida uma simplificação na implementação do algoritmo proposto por Pereira et al. (2018), a qual levou, inadvertidamente, à sua desvirtuação. Uma das consequências dessa simplificação foi ter-se perdido no produto CIAE a distinção entre lados (frente e verso) de cada segmento linear da interface, relativamente à localização do perigo de incêndio potencialmente representado por

algumas classes de ocupação do solo. Daqui resultaram situações de erro de comissão no delineamento da IUR, que é preciso corrigir.

As figuras seguintes ilustram o problema que é comum CIAE estrutural e à CIAE conjuntural.



Figura 6. (Interface conjuntural). Ilustração de uma situação em que a mancha de edificado está exposta a uma área de vegetação perigosa apenas na direção Norte e marginalmente Nordeste mas em que a interface em CIAE envolve totalmente a área edificada, não havendo conceito de frente e de verso da interface. Nesta situação, apenas a secção Norte-Nordeste da linha em CIAE deveria ser considerada IUR, e deveria ser caracterizada em termos de “frente” e de “verso”.



Figura 7 (Interface estrutural). Um exemplo de interface estrutural (indireta) em que a vegetação perigosa se situa apenas a Leste, mas em que toda a linha de fronteira é classificada como interface. Apenas a secção cuja “frente” está direcionada para a vegetação perigosa deveria ser considerada interface.

4.2 Perigo proveniente do verso da IUR

Da combinação da não existência do conceito de “frente” e de “verso” da interface e da possibilidade de existir vegetação perigosa na CAE (ver Secção 3.1), a CIAE apresenta frequentemente situações em que o fator perigo é proveniente do interior da mancha edificada, correspondente ao verso de eventuais segmentos de interface como se ilustra na Figura 8. Esta situação corresponde uma inconsistência na utilização do conceito de interface, pois o perigo deve estar sempre localizado no orla da mancha urbana, associada à “frente” da IUR.

Uma possível solução para o problema ilustrado pela Figura 8 consiste em redefinir a CAE por forma a que coincida com o limite das edificações, o que coloca a vegetação perigosa na orla, criando condições para uma eventual ocorrência de IUR.



Figura 8. Ilustração de uma situação em que a combinação da ausência de definição da “frente” e “verso” da interface com a ocorrência de vegetação perigosa na mancha urbana origina uma interface espúria.

4.3 Inconsistência entre produtos de interface

Os produtos atuais de CIAE (estrutural e conjuntural) usam dados de input parcialmente distintos (ver Figura 2), o que é uma consequência das resoluções que cada produto tem. Adicionalmente, os produtos CIAE são derivados dos produtos de entrada usando metodologias muito diferentes como reconhecido na documentação: << Uma vez que a Carta de Interface de Áreas Edificadas Estrutural 2018 e a Carta de Interface de Áreas Edificadas Conjuntural 2021 assentam em metodologias de produção diferenciadas e utilizam informação de base distinta (COS 2018 e COSe 2021), os seus resultados não devem ser comparados. A utilização destas cartas requer que o utilizador tenha conhecimento prévio das definições de Interface Estrutural e de Interface Conjuntural, e dos aspetos que as diferenciam.>> (DGT, 2022).

O desenvolvimento de uma metodologia de produção comum, seguindo princípios claramente estabelecidos, por forma a as diferenças entre as interfaces estrutural e conjuntural refletam as diferenças entre os dados de input e não a metodologia, deverá facilitar a interpretação desses produtos pelos utilizadores.

5 Proposta de redefinição do algoritmo para a interface

Inputs:

1. COSe ou COSe, a partir dos quais é preciso caracterizar a matriz vegetada em termos de perigo
2. Carta de área edificada revista
3. Parâmetros, que podem refletir a legislação vigente e pesos atribuídos às classes, representando a sua propensão para arder, i.e. o seu potencial de perigosidade, tal como calculado por exemplo em Oliveira et al. (2021) .

Outputs:

1. Mapa de perigo. Com base na COSe ou COSe, é criado um mapa de perigo em função do coberto, à semelhança da metodologia atual. A diferença principal é que cada coberto não tem apenas uma classificação binária (combustível ou não combustível), mas pode ter associado um “score” que descreve a sua propensão para arder (ver Oliveira et al 2021). Assim, é possível descrever de forma mais precisa as manchas de

- perigosidade no interior na matriz urbana do que uma simples distinção entre combustível e não combustível. Sendo essa classificação simplesmente dependente da legenda, o mapa de perigo será vetorial para a COS e raster (10 m) para a CОС. No caso da CОС pode eventualmente ser considerada algum pré-processamento com eliminação de manchas de muito pequena dimensão, mas apenas se esse processo não eliminar informação relevante como por exemplo padrões espaciais resultantes combinações de culturas agrícolas com coberto de Sobre, Azinho e Pinheiro Manso.
2. Interface linear, constituída por troços com uma dimensão máxima (25 m atualmente). Este produto identifica os troços de interface urbano-rural expostos a uma acumulação de perigo acima de um certo limiar. A quantidade de perigo a que está exposto um troço depende, como nos produtos atuais, da dimensão e distância das manchas de vegetação perigosa. Em alternativa a serem considerados limiares de distância rígidos (10 m, 100 m, 500 m) e limiares de dimensão das manchas rígidos (0.1 ha, 1 ha), a alteração proposta da metodologia consiste em determinar o perigo acumulado de forma contínua no espaço, sem limiares de distância e dimensão pré-estabelecidos, e usar apenas um limiar de perigo acumulado para decidir se o segmento pertence ou não à interface. No seguimento da discussão acima sobre “frente” e “verso” da interface, a exposição ao perigo para um segmento de interface considera apenas o perigo na “frente” da área edificada cuja delimitação inclui esse segmento.
 3. Cada troço de interface é classificado numa classe de exposição ao perigo. Essa classificação é o análogo à classificação atual em interface “direta”, “indireta” e “nula”, no produto atual CIAE. A diferença nesta proposta é que em alternativa a serem usadas distâncias fixas, serão consideradas isolinhas de perigosidade acumulada para determinar as classes de exposição ao perigo.

A Tabela 1 resume as principais diferenças entre a metodologia atual da produção da CIAE e a metodologia proposta.

Tabela 1. Descrição das alterações propostas na metodologia de produção dos produtos de interface

	Metodologia atual	Metodologia proposta
Inputs	COS ou CОС CAE	COS ou CОС CAE revista
Parâmetros	Tamanho do segmento de interface Limiares fixos de distância (10 m, 100 m e 500 m) e de dimensão (0.1 ha, 1 ha) das manchas	Tamanho do segmento de interface Limiar de perigosidade acumulada
Mapa de perigo da vegetação	Combustível ou não combustível	Scores numéricos de perigosidade que dependem do coberto
Classes mistas	Pré-processamento para determinar se é SAF (não combustível) ou floresta aberta ou densa (combustível). A metodologia atual dá origem a distorções.	Não há necessidade de pré-processamento para classes mistas pois a perigosidade é acumulada ao longo do espaço

“frente” e “verso” da interface	Não. A exposição não tem em conta a posição da orla. Apenas considera a distância ao combustível.	Sim. Apenas vegetação na “frente” é potencialmente perigosa
Tipologia das interfaces	Sim, baseada em distâncias rígidas entre interface e manchas combustíveis.	Sim, baseada em isolinhas de perigo acumulado.
Metodologia para CIAE estrutural e conjuntural	Distintas	Mesma metodologia, adaptada a COS ou a COSc

6 Referências

Bogaert, J., Barima, Y. S. S., Ji, J., Jiang, H., Bamba, I., Mongo, L. I. W., ... & Koedam, N. (2011). A methodological framework to quantify anthropogenic effects on landscape patterns. *Landscape ecology in Asian cultures*, 141-167.

Costa, H., Benevides, P. J., Moreira, F. D., & Caetano, M. R. (2022a). Detection and classification of changes in agriculture, forest, and shrublands for land cover map updating in Portugal. Em C. M. Neale & A. Maltese (Eds.), *Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology XXIV* (p. 19). SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.2636127>

Costa, H., Benevides, P., Moreira, F. D., Moraes, D., & Caetano, M. (2022b). Spatially Stratified and Multi-Stage Approach for National Land Cover Mapping Based on Sentinel-2 Data and Expert Knowledge. *Remote Sensing*, 14(8), 1865.
<https://doi.org/10.3390/rs14081865>

DGT (2022). Carta de áreas edificadas e cartas de interfaces de áreas edificadas para Portugal Continental
https://geo2.dgterritorio.gov.pt/info/CartografiaAreasEdificadas2021_DGT_POSEUR_Visualizador_junho2022.pdf. Acedido em 24/4/2023

Farina, A. (2006). Emerging patterns in the landscape. *Principles and methods in landscape ecology: Toward a Science of Landscape*, 179-228.

Forman, RTT (2008) *Urban Regions - Ecology and Planning Beyond the City*. Cambridge University Press, 478 pgs.

Johnston, L., R. Blanchi, and M. Jappiot (2020). Wildland-Urban Interface. In S.L. Manzello (Ed.) *Encyclopedia of Wildfires and Wildland-Urban Interface (WUI) Fires* (pp.1167-1179). Springer Nature. Cham, Switzerland. 1195 pgs.

Moraes, D., Benevides, P., Costa, H., Moreira, F. D., & Caetano, M. (2021). Influence of Sample Size in Land Cover Classification Accuracy Using Random Forest and Sentinel-2 Data in Portugal. *2021 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium IGARSS*, 4232–4235. <https://doi.org/10.1109/IGARSS47720.2021.9553924>

- Oliveira, S., Rocha, J., & Sá, A. (2021). Wildfire risk modeling. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 23, 100274.
- Oliveira, S., Goncalves, A., & Zezere, J. L. (2021). Reassessing wildfire susceptibility and hazard for mainland Portugal. *Science of the Total Environment*, 762, 143121.
- Pereira, Jose M. C.; Alexandre, Patricia M.; Campagnolo, Manuel L.; Bar-Massada, A; Radeloff, VC; Silva, PC. (2018). Defining and mapping the wildland-urban interface in Portugal. *Advances in Forest Fire Research* 2018: 742-749.
- Stewart, S. I., Radeloff, V. C., Hammer, R. B., & Hawbaker, T. J. (2007). Defining the wildland–urban interface. *Journal of Forestry*, 105(4), 201-207.
- Turner, MG and RH Gardner (2015) *Landscape Ecology in Theory and Practice – Pattern and Process*. Springer-Verlag, New York.
- United Nations International Strategy for Disaster Reduction. (2009). *UNISDR terminology on disaster risk reduction*. Geneva: United Nations.