



ORIENTAÇÃO TÉCNICA

CÁLCULO DAS CABECEIRAS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

GT REN, junho de 2024

ORIENTAÇÃO TÉCNICA PARA APOIO AO CÁLCULO DAS CABECEIRAS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

Nota Prévia

O presente documento constitui uma Orientação Técnica da Comissão Nacional do Território para apoio ao cálculo das Cabeceiras das Bacias Hidrográficas (CBH), não tendo a sua utilização carácter obrigatório. Os resultados obtidos devem ser sempre objeto de uma análise crítica em função das características fisiográficas e geomorfológicas de cada território municipal.

Salvaguarda-se que, nos casos em que exista conhecimento pericial específico detalhado e já tenha sido disponibilizada informação aos municípios por parte das CCDR e ARH territorialmente competentes, os trabalhos em curso devem seguir as orientações já estabelecidas.

Introdução

Na sua atual redação da Portaria n.º 336/2019, de 26 de setembro, foram reconhecidos constrangimentos no cumprimento do previsto no Regime Jurídico da Reserva Ecológica Nacional (REN), estabelecido pelo Decreto-Lei n.º 166/2008, de 22 de agosto, republicado pelo Decreto-Lei n.º 124/2019, de 28 de agosto (doravante designado por novo regime jurídico da REN), nomeadamente nas alterações aprovadas pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 81/2012, de 3 de outubro, com as retificações constantes da Declaração de Retificação n.º 71/2012, de 30 de novembro, que estabeleceram as Orientações Estratégicas de Âmbito Nacional e Regional (doravante designadas por novas OENR) para a delimitação das novas REN.

Neste sentido, e dando resposta ao novo regime jurídico da REN que visa, entre outros aspetos, reintegrar as cabeceiras de linhas de água enquanto áreas estratégicas de infiltração de água no solo, o presente documento vem complementar as orientações estabelecidas para a delimitação da tipologia Áreas Estratégicas de Infiltração e de Proteção e Recarga de Aquíferos (AEIPRA), com vista à salvaguarda das seguintes funções: "Assegurar condições naturais de receção e máxima infiltração das águas pluviais nas cabeceiras das bacias hidrográficas e contribuir para a redução do

escoamento e da erosão superficial." (subalínea vii) do n.º 3 da alínea d) da Secção II, dedicada às tipologias que constituem áreas relevantes para a sustentabilidade do ciclo hidrológico).

Assim, e indo ao encontro do exposto nas novas OENR (alínea 2.4 do ponto 2 da Secção III, dedicada aos critérios para a delimitação) que refere: "Para a delimitação das áreas de receção e infiltração das águas pluviais devem ser delimitadas as cabeceiras das bacias hidrográficas, partindo das linhas de festo principais e abrangendo áreas planas e convexas adjacentes e áreas côncavas até à interseção com a linha de água principal. A identificação dos festos a considerar para a delimitação das cabeceiras no âmbito municipal deve ser efetuada ao nível regional, tendo em conta as bacias hidrográficas dos cursos de água principais da região." e em complemento ao ponto 2 da Secção IV dedicado à definição de "índices e critérios para a delimitação das AEIPRA", são seguidamente apresentadas orientações para apoio à delimitação das cabeceiras das bacias hidrográficas (CBH).

1. LINHAS DE FESTO À ESCALA NACIONAL

- a. De acordo com o artigo 3.º da Portaria n.º 336/2019, de 26 de setembro, cabe à Agência Portuguesa do Ambiente, I.P. proceder à identificação das linhas de festo principais que servem de referência à delimitação das CBH. Devem ser consideradas as linhas de festo obtidas nos trabalhos de Pena, S. B., disponíveis no geoportal *EPIC WebGIS* (http://geoportal.epic-webgis-portugal.isa.ulisboa.pt/catalogue/#/dataset/8);
- A delimitação das linhas de festo acima apontadas (doravante designadas por LF nacionais), obtidas para Portugal Continental, teve por base cartografia à escala 1:25.000, produzida pelo antigo Instituto da Água, I. P. (INAG), com a designação BACCOD_25_PTCONT, coincidindo com os limites das bacias de massas de água codificadas;
- c. A explicação detalhada para a determinação técnica das LF nacionais pode ser consultada no RELATÓRIO DO PROJECTO PTDC/AUR-URB/102578/2008 -Estrutura Ecológica Nacional Proposta de Delimitação e de Regulamentação – Lisboa, agosto de 2013, do Centro de Estudos de Arquitetura Paisagista Professor Caldeira Cabral;
- d. As linhas de festo foram hierarquizadas em 4 níveis, de acordo com as respetivas
 BH e em correspondência com a rede hidrográfica hierarquizada no âmbito do mesmo projeto. Os níveis 1 e 2 representam os limites das principais bacias

hidrográficas identificando as linhas de cumeada principais de Portugal Continental, com maior expressão territorial. Foram ainda hierarquizadas as linhas de festo de 3º e 4º nível.

- e. Para a obtenção do resultado apresentado, houve a necessidade de recuar as linhas de festo na aproximação ao ponto de interseção com a rede hidrográfica. Os critérios usados para este recuo, à escala nacional, foram:
 - i. recuo automático de 100 metros em relação ao ponto de interseção (Figura 1);
 - ii. exclusão de linhas de festo em áreas sobrepostas com cursos de água, planos de água e zonas húmidas;
 - iii. exclusão de linhas de festo até à curva de nível dos 10 metros de modo eliminar o conflito entre linhas de festo e as fozes dos maiores rios e os vales mais largos localizados próximos da linha de costa.

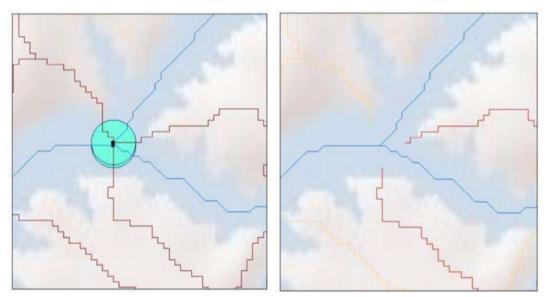


Figura 1 | imagens retiradas do «RELATÓRIO DO PROJECTO PTDC/AUR-URB/102578/2008 - Estrutura Ecológica Nacional Proposta de Delimitação e de Regulamentação – Lisboa, agosto de 2013, do Centro de Estudos de Arquitetura Paisagista Professor Caldeira Cabral» exemplificativas do corte aplicado na interseção dos limites das bacias hidrográficas com a rede hidrográfica.

f. A informação disponibilizada, calculada a uma escala nacional, deve servir como referencial para os trabalhos, sendo de ajustar em função da geomorfologia local e considerando informação de base, de maior detalhe, disponível em cada município.

2. AJUSTE DAS LINHAS DE FESTO À ESCALA LOCAL

a. Não é objetivo da presente Orientação Técnica determinar métodos específicos para a correção das linhas de festo indicadas. As orientações apresentadas não invalidam a utilização de outros modelos para o ajuste das linhas de festo, desde que devidamente suportados e justificados na Memória Descritiva e Justificativa. O cálculo das CBH não tem obrigatoriamente de fazer uso direto de linhas de festo,

- nesses casos a sua utilização será também detalhada na presente Orientação Técnica.
- b. A utilização das linhas de festo sem o devido ajuste pode resultar no prolongamento das CBH para zonas de vale ou zonas planas, onde as condições do terreno podem não se adequar à definição de CBH ou devolver uma densidade excessiva de CBH que não reflete as diferenças geomorfológicas presentes no local;
- c. <u>O ajuste das linhas de festo, com um desenho mais adequado ao relevo local, pode ser realizado manualmente</u> ou, preferencialmente, através da aplicação de métodos automáticos, ou outros que se mostrem adequados, sempre devidamente justificados na respetiva memória descritiva e justificativa (MDJ);
- d. Essas correções passam pela adequação das linhas de festo à geomorfologia local,
 como se pretende ilustrar na Figura 2;

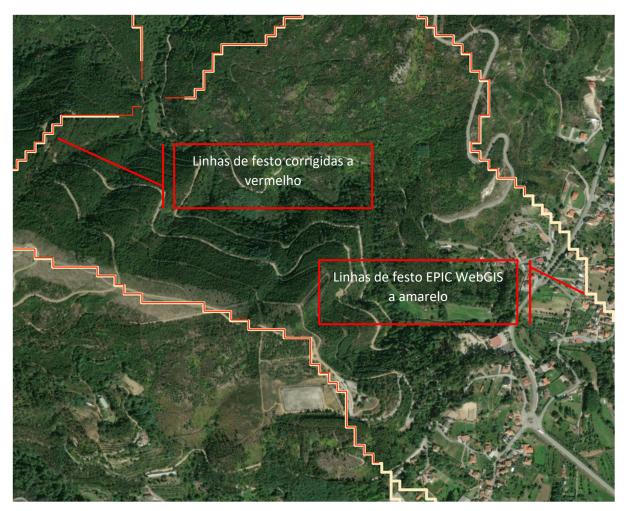


Figura 2 | Exemplo de resultado obtido no ajuste das LF nacionais (amarelo) através da ferramenta automáticas (vermelho) – recurso ao método TPI (*Landforms*), descrito mais abaixo.

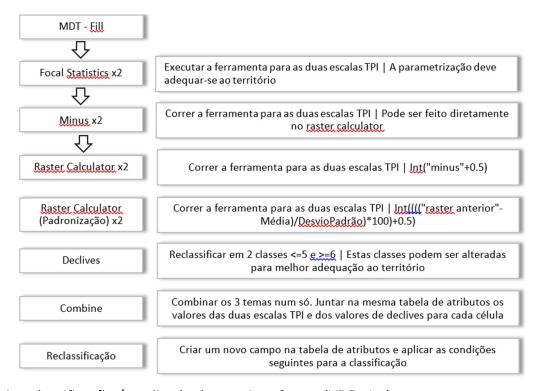
e. O método seguidamente proposto consiste em identificar as formas de relevo locais e usar algumas dessas formas como molde de corte aos limites das bacias

hidrográficas. (de notar que, tanto os limites das bacias hidrográficas como a rede hidrográfica geocodificada, ambos produzidos a uma escala nacional, podem ser extraídas do portal SNIAmb https://sniamb.apambiente.pt/);

f. Foram usadas duas formas diferentes de classificação do relevo com base no método Topographic Position Index (TPI), a «Landforms» e a «Slope Position». Podem, no entanto, ser usadas outras formas de classificação como o método «Geomorphons». Correção das Linhas de festo através do método TPI | Landforms

A classificação do relevo através do método «Landforms» combina um TPI de grande escala e com um TPI de pequena escala, permitindo distinguir formas de relevo locais dentro de formas de relevo com importância regional.

a. De uma forma sucinta, e partindo do Modelo Digital de Terreno (MDT) produzido para a generalidade das tipologias REN, executam-se os seguintes passos (A titulo de exemplo e em software Esri | ArcMap):



b. A reclassificação é realizada da seguinte forma (VBScript):

If ([TPI>DETALHE] > -100 and [TPI>DETALHE] < 100 and [TPI<DETALHE] > -100 and [TPI<DETALHE] < 100 and [DECLIVES] <=5) Then val=5 Elseif ([TPI>DETALHE] > -100 and [TPI>DETALHE] < 100 and [TPI<DETALHE] > -100 and [TPI<DETALHE] < 100 and [DECLIVES]>=6) Then val=6

Elseif ([TPI>DETALHE] > -100 and [TPI>DETALHE] < 100 and [TPI<DETALHE] >= 100) Then val = 7 Elseif ([TPI>DETALHE] > -100 and [TPI>DETALHE] < 100 and [TPI<DETALHE] <= -100) Then val = 4 Elseif ([TPI>DETALHE] <= -100 and [TPI<DETALHE] > -100 and [TPI<DETALHE] < 100) Then val = 2

```
Elseif ([TPI>DETALHE] >= 100 and [TPI<DETALHE] > -100 and [TPI<DETALHE] < 100) Then val = 9

Elseif ([TPI>DETALHE] <= -100 and [TPI<DETALHE] >= 100) Then val = 3

Elseif ([TPI>DETALHE] <= -100 and [TPI<DETALHE] <= -100) Then val = 1

Elseif ([TPI>DETALHE] >= 100 and [TPI<DETALHE] >= 100) Then val = 10

Elseif ([TPI>DETALHE] >= 100 and [TPI<DETALHE] <= -100) Then val = 8

Else

val = Null

End if
```

c. Da aplicação das condições acima apresentadas, resulta uma classificação do relevo em 10 classes que, mantendo a nomenclatura disponível em https://www.jennessent.com/downloads/TPI-poster-TNC 18x22.pdf, consiste:

CLASSE	CLASSIFICAÇÃO
1	Canyons, deeply incised streams
2	Midslope drainages, shallow valleys
3	Upland drianages, headwaters
4	U-shaped valleys
5	Plains
6	Open slopes
7	Upper slopes, mesas
8	Local ridges hills in valleys
9	Midslope ridges, small hills in plains
10	Mountain tops tops, high ridges

- d. Para se obter as formas de relevo que servem de corte às linhas de festo, devese criar um tema de pontos na interseção das linhas das bacias hidrográficas com a rede hidrográfica. De seguida, seleciona-se e isolam-se as formas de relevo *TPI-Landforms* que intersetam com o tema de pontos criado. Esta seleção de relevos vai servir de molde de corte às linhas de festo, resultando uma maior adequação à geomorfologia local;
- e. Pode ser feita uma limpeza dos segmentos isolados e cuja análise pericial revele que não faz sentido manterem-se perante o relevo subjacente. Não devem ser eliminados segmentos isolados e sem conectividade, mas cujo relevo subjacente cumpra com os critérios definidos para uma linha de festo;
- f. Em articulação com a APA, I.P., este exercício pode ser complementado com uma segunda seleção de relevos, para um novo corte das linhas de festo (Figura 3) aplicável apenas nas LF nacionais identificadas como sendo de nível 3 ou 4. Se forem identificadas classificações de relevo fora das áreas de interseção entre as bacias hidrográficas e a rede hidrográfica, cujos territórios não se adequem de todo à definição de CBH, pode ser efetuada uma seleção destes relevos para servirem de molde de corte às linhas de festo.

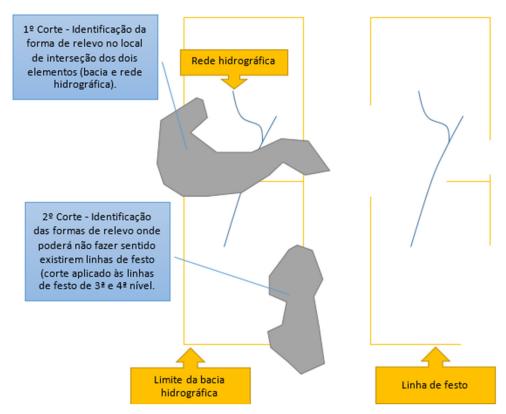


Figura 3 | Representação esquemática do ajuste das linhas de festo

2.2 Correção das Linhas de festo através do método TPI | Slope Position

Utilizando também o TPI, o *Slope Position*, consiste noutro método para adequação das linhas de festo ao território. Através da alteração dos valores de referência usados no cálculo do TPI, e executando apenas um TPI em vez de combinar dois como descrito para o *Landforms*, é também possível identificar formas de relevo que sirvam de molde de corte às linhas de festo.

a. Sendo os resultados do TPI extremamente dependentes da escala de trabalho, pode-se usar valores mais baixos para determinar relevos com maior pormenor, ou usar valores mais elevados para determinar as grandes formas de relevo de uma região. O exemplo da Figura 4 mostra como valores diferentes dão origem à determinação de formas de relevo com um detalhe muito diferente. Desta forma, ao usar um valor mais elevado no cálculo do TPI obtém-se zonas de vale mais largas, que servem depois de ajuste às linhas de festo;

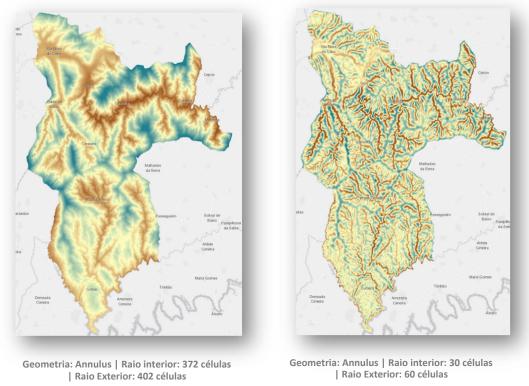
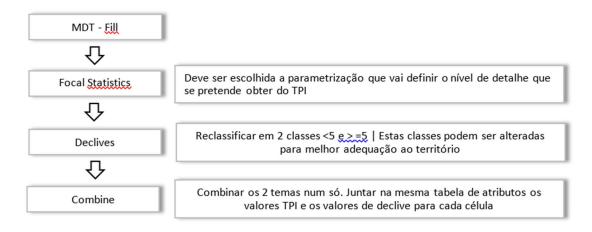


Figura 4 | Comparação de dois cartogramas TPI obtidos a partir de valores de análise diferentes.

b. A escolha dos valores a utilizar deve ser alvo de testes uma vez que os valores que se adequam a uma zona do Alentejo podem não se adequar a uma área mais montanhosa do norte do país. Para a utilização desta classificação, de uma forma geral devem ser aplicados os seguintes passos:



c. Para a reclassificação devem ser usados os seguintes valores como referência, mas que podem ser ajustados à realidade local. A seguir efetuar nova reclassificação, onde se definem as zonas elevadas [1] e zonas de vale [0], conforme tabela abaixo:

Classe	Classificação	Pontos de quebra para a classificação	Reclassificação
1	Ridge	> + 1 Desvio padrão (DP)	1 - Zonas elevadas
2	Upper slope	> 0.5 DP, => 1 DP	1 – Zonas elevadas
3	Middle slope	> -0.5 DP, < 0.5 DP, declive > 5 graus	1 – Zonas elevadas
4	Flats slope	>= -0.5 DP, =< 0.5 DP, declive <=5 graus	0 – Zonas de vale
5	Lower slopes	>= -1 DP, <0.5 DP	0 – Zonas de vale
6	Valleys	<-1 DP	0 – Zonas de vale

Fonte: Adaptado de https://www.jennessent.com/downloads/TPI-poster-TNC 18x22.pdf

- d. Depois da informação reclassificada em 2 classes, as linhas de festo podem ser ajustadas pelas zonas elevadas [1] (CLIP) ou pelas zonas de vale [0] (ERASE);
- e. Reforça-se a importância da escolha dos valores a utilizar para definir a área de vale, uma vez que não existe um valor único adequado a todo o território. A utilização de um valor baixo no cálculo do TPI, por exemplo 300m, permite identificar relevos de maior pormenor como ilustrado no esquema da Figura 5. A utilização de um valor mais elevado (2000m) permite identificar o vale de uma forma mais grosseira, desconsiderando as pequenas formas de relevo no seu interior e, desta forma, adequar-se melhor às necessidades do ajuste das linhas de festo:

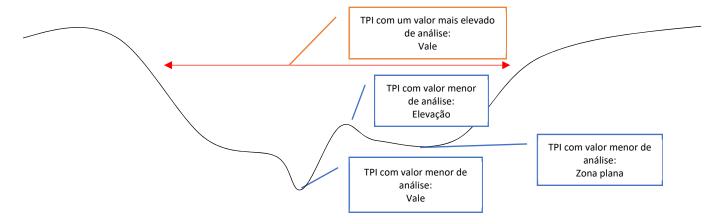


Figura 5 | Simplificação da ilustração disponível em: https://www.jennessent.com/downloads/TPI-poster-TNC_18x22.pdf

3. Disponibilização de linhas de festo previamente corrigidas

Dentro das competências da APA, I.P., cada Administração de Região Hidrográfica (ARH) pode promover os ajustes necessários às linhas de festo e disponibilizar a respetiva informação vetorial aos municípios, juntamente com uma breve descrição dos trabalhos realizados, que irá ao encontro do aqui exposto.

4. Determinação das Cabeceiras de Bacia Hidrográfica

A diversidade de métodos encontrados na bibliografia para o cálculo de CBH e a observação de todos os trabalhos já realizados e aprovados sobre esta tipologia REN, reforça que as metodologias constantes na presente Orientação Técnica designem uma

orientação e não uma imposição para o cálculo das CBH. Tal como na correção das linhas de festo, existe mais do que um caminho que pode ser seguido, sendo aqui descritos dois dos métodos mais utilizados até à data pelos municípios e respetivas equipas técnicas: Método de Pena, S. B. que tem as linhas de festo como fundamento da sua delimitação; e TPI que não usa as linhas de festo como informação de base, seguidamente descritos.

Importa destacar desde já que, independentemente do método escolhido, aos resultados finais deve ser feita uma validação garantido que não existe sobreposição com massas de água com áreas identificadas nos Programas de Gestão de Risco de Inundação ou outros elementos cartográficos onde se justifique a ausência de delimitação de CBH.

4.1 Método desenvolvido por Pena, S. B.

Este método apresentado em «Pena, Selma Beatriz, Manuela Raposo Magalhães, Maria Manuela Abreu, (2017). Mapping headwater systems using a HS-GIS model. An application to landscape structure and land use planning in Portugal. In: Land Use Policy.» é um dos que pode ser seguido pelos municípios para a delimitação das CBH. A utilização deste método não pressupõe a utilização das CBH disponibilizadas em EPIC WebGIS mas antes o seu cálculo à escala adequada para cada município. As CBH disponibilizadas em EPIC WebGIS foram calculadas para todo o país à escala 1/25000 e tendo por base as linhas de festo também disponíveis no mesmo portal. As mesmas linhas de festo que necessitam de acerto por parte dos municípios à geomorfologia local, caso não sejam fornecidas pela respetiva ARH. Todo o procedimento deve ser executado à escala 1/10000 (anexa-se procedimento a título exemplificativo). Este procedimento tem como informação de base tanto as linhas de festo como o cálculo do ponto de início da rede hidrográfica dando uma resposta muito orientada aos requisitos das OENR. A aplicação deste método, caso levante dúvidas, deve ser sempre articulado com a respetiva CCDR ou ARH no sentido de ser fornecida toda a ajuda técnica necessária aos municípios e às suas equipas. Para a aplicação desta metodologia será necessário ter, como dados de input, as linhas de festos (hierarquizadas) e as linhas de água para identificação dos pontos de início das linhas de água (Figura 6). Este método considera que as cabeceiras são a área localizada entre a linha de festo e o início da rede hidrográfica, pelo que se torna essencial definir o início da rede hidrográfica. De acordo com o artigo referido, o início da rede hidrográfica dá-se a partir dos 0,1 km² de área de drenagem, no entanto os autores têm verificado em trabalhos recentes que esses limiares podem recuar até aos 0,01 km² (Figura 7).



Figura 6 – Pontos de início das linhas de água, linhas de água gerada com bacia de drenagem com área 0,05 km² e cabeceiras das linhas de água (verde)

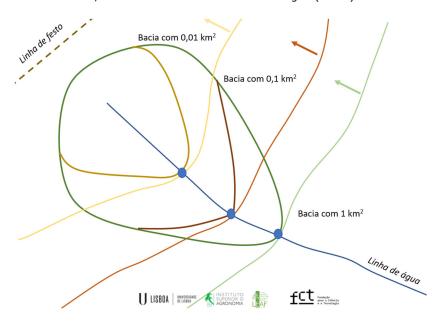


Figura 7 – Esquema de delimitação das cabeceiras e da variação do início da rede hidrográfica em função da área de drenagem

Este método promove uma continuidade regional da demarcação das CBH permitindo a criação de corredores com características ecológicas importantes.

Da aplicação deste método resultam CBH de 1ª, 2ª, 3ª e 4ª ordem muito ligadas à representação das linhas de festo, complementadas na sua extensão pelas áreas dos pontos de início da rede hidrográfica. A sua representação gráfica, num primeiro momento, deve incluir sempre a totalidade das CBH de 1ª, 2ª e 3ª ordem. Na tabela de atributos terá de estar disponível a hipótese de representação de CBH de 4ª ordem. Na memória descritiva e justificativa (MDJ) o município pode fundamentar a hipótese de não representar alguma das áreas de CBH de 3ª ordem ficando essa avaliação dependente de parecer da ARH respetiva. No entanto a representação das CBH de 1ª e 2ª ordem é

obrigatória assegurando uma ligação e continuidade regional. A representação de CBH de 4ª ordem em locais específicos também é possível dependendo da avaliação técnica quer do município quer da ARH. A representação de troços de CBH de 4ª ordem pode, por exemplo, servir para fazer a ligação e dar continuidade à mesma tipologia REN já delimitada por outro critério num município vizinho.

4.2 Método *Topographic Position Index* (TPI) para a determinação de Cabeceiras de Bacia Hidrográfica

O TPI, já mencionado anteriormente como uma ferramenta eficaz para ajustar as linhas de festo pelas formas de relevo, tem também revelado sucesso na determinação das CBH.

- a. No que concerne à complexidade do procedimento, a aplicação do método TPI é relativamente mais simples que o método proposto por *Pena*, *S. B.*, *n*o entanto existem ressalvas e cuidados a ter na aplicação deste método, como sendo:
 - não incorpora na sua génese as linhas de festo mencionadas nas OENR, nem tão pouco delimita de forma concreta o início da rede hidrográfica, fator também referido como delimitativo das CBH nas OENR;
 - ii. apresenta uma grande dependência da escala de análise e a sua parametrização pode ter um grande impacto nos resultados finais, como ilustrado na Figura 8;

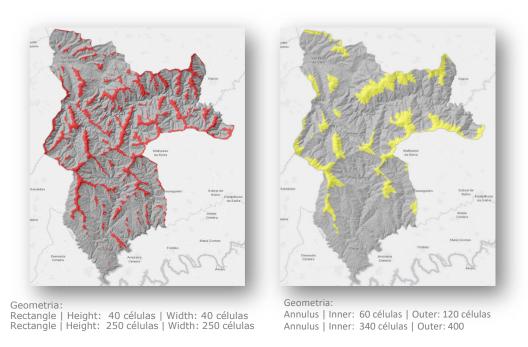


Figura 8 | Diferentes formas de CBH obtidas a partir do TPI variando a parametrização

iii. não garante a criação de corredores da tipologia que permitam uma continuidade regional das CBH. Ao analisar cada município como um espaço estanque em si mesmo, o relevo dos municípios vizinhos não é considerado e a hierarquização das classes pode resultar em discrepâncias regionais. Algo que a utilização das linhas de festo minimiza com a aplicação do método de Pena, S.B..

b. Em teste de aplicabilidade do método TPI, para 3 municípios vizinhos da região Centro (Oliveira de Azeméis, Albergaria-a-Velha e Estarreja), verificou-se que onde existe continuidade do relevo, mesmo analisando cada município de forma isolada, as CBH têm continuidade e coerência, tal como é visível na Figura 9. Neste exemplo, constata-se uma ligação natural entre os resultados de Oliveira de Azeméis e Albergaria-a-Velha, consequência de um relevo com características comuns nos dois territórios. Na parte mais oeste destes territórios o modelo não desenhou CBH por serem áreas comparativamente mais planas. Contudo, quando se agregam os resultados de Estarreja, e uma vez que cada território foi analisado de forma isolada, verifica-se que o modelo identifica CBH nas áreas onde Oliveira de Azeméis e Albergaria-a-Velha não o fez, uma vez que, comparativamente, em Estarreja as mesmas correspondem às áreas mais elevadas desse território;

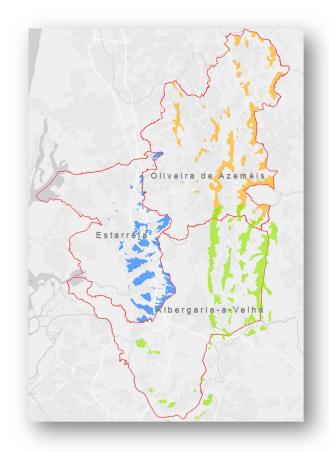


Figura 9 | Comparação da delimitação das CBH segundo o método TPI, para 3 concelhos limítrofes da região centro.

- c. Ainda que sejam vários os cuidados a ter na adoção deste método, considera-se que os resultados têm validade desde que alguns pontos sejam devidamente salvaguardados;
- d. A parametrização do modelo TPI que revela melhores resultados corresponde à geometria «rectangle»;
- e. A opção de classificação das formas de relevo «Landforms» ou «Slope Position» fica ao critério do município. No caso de serem feitos testes para as duas classificações, devem ser apresentados exemplos dos resultados e a fundamentação pela opção tomada;
- f. Na delimitação das CBH aconselha-se a utilização das seguintes Classes:
 - i. através das «Landforms»: (3-Upland drianages, headwaters), (7-Upper slopes, mesas) e (10-Mountain tops tops, high ridges);
 - ii. utilizando o *«Slope Position»*: (1-*Ridge*), (2-*Ridge Upper slope*), (3-*Middle slope*)

A representação das CBH obtidas através deste método deve ser sobreposta às linhas de festo fornecidas ou indicadas pela respetiva ARH. As CBH que intercetem linhas de festo de 1º, 2º ou 3º nível devem ser representadas na sua totalidade para uma primeira análise. Em articulação com a ARH local podem depois ser feitas outras escolhas. As restantes devem constar da tabela de atributos das CBH para poderem ser representáveis em casos pontuais e sempre em articulação estreita com a ARH respetiva. Se existirem grandes áreas de linhas de festo de 3º nível sem representação de CBH a parametrização do modelo deve ser revista para incluir CBH nestas áreas. Este cuidado é extensível a outros métodos de cálculo que também não utilizem as linhas de festo como elemento de entrada no modelo. As linhas de festo, sem se constituírem como uma obrigatoriedade, devem servir de base para os locais onde se considera importante a demarcação de CBH. As CBH sobrepostas às linhas de festo de 1º e 2º nível devem apresentar continuidade e assumir uma importância regional.

5. Memória Descritiva e Justificativa (MDJ)

O processo de demarcação das Cabeceiras de Bacia Hidrográfica é, como não podia deixar de ser, um processo dinâmico e cheio de interações entre os diversos interlocutores numa procura permanente pelo melhor modelo. No entanto, em nenhum momento deve ser perdido o objetivo do que se pretende proteger da quando estamos a trabalhar na definição das Cabeceiras de Bacia Hidrográfica. Os modelos não devem ditar de forma absoluta quais as áreas de interesse a delimitar, pelo que os resultados devem ser analisados de um modo crítico. O conhecimento do território deve também ser uma peça

<u>vital em qualquer modelo.</u> A MDJ é o instrumento que os municípios devem usar para argumentar as escolhas que fizeram ao longo do processo e um instrumento de grande valor técnico para todos, quando elaborada de forma cuidada e detalhada. Um debate técnico baseado em valores concretos é muito mais produtivo do que quando é baseado em omissões ou suposições. A MDJ deve ser um instrumento clarificador. Se o for, os prazos de análise e o número de interações necessárias até à aprovação final será certamente encurtado.

No que respeita às CBH a MDJ deve ser clarificadora quanto aos seguintes aspetos:

- As linhas de festo foram fornecidas pela ARH respetiva ou foram retiradas as disponíveis em EPIC WebGIS;
- 2. Se foram usadas as disponíveis em EPIC WebGIS, qual o método utilizado para a correção das linhas de festo;
- 3. Caso o trabalho de ajuste das linhas de festo seja feito pelo município a MDJ deve refletir todas as opções tomadas. Devem ser usadas imagens e texto que evidenciem os passos dados para a obtenção do resultado final;
- 4. Os mapas intermédios devem constar na MDJ e deve ser percetível a parametrização feita em cada passo;
- Cartograma comparativo das linhas de festo base com sobreposição das linhas de festo ajustadas, sempre que tal procedimento seja executado pelos municípios e cartograma comparativo das CBH obtidas com sobreposição das LF nacionais (EPIC WebGIS).
- 6. Toda a informação geográfica produzida e representada nos diferentes cartogramas deve ser enviada à CCDR e ARH respetiva devidamente organizada em formato vetorial ou *raster* e com nomenclatura clara;
- 7. Justificar a opção pelo método de demarcação das CBH;
- 8. Apresentar na MDJ cartogramas comparativos de todos os testes efetuados e quais as opções tomadas perante os resultados obtidos;
- 9. Apresentar na MDJ cartogramas comparativos das CBH com sobreposição das linhas de festo. Deve ser percetível a classificação das linhas de festo e CBH;
- 10. Tal como no tratamento das linhas de festo a informação geográfica produzida e representada nos diferentes cartogramas deve ser enviada à CCDR e ARH respetiva devidamente organizada e com nomenclatura clara;
- 11. A MDJ deve ser o instrumento por excelência de justificação e argumentação dos resultados apresentados pelo município. Quanto mais completa estiver a MDJ mais clara é a avaliação e menos interações serão necessárias para chegar a uma versão final.

O município e as respetivas equipas podem contar com o apoio técnico das CCDR e ARH ao longo do processo de elaboração das CBH para qualquer detalhe ou procedimento que esteja menos desenvolvido na presente Orientação técnica. Este documento não pretende ser um manual de demarcação das CBH mas antes uma orientação dos caminhos possíveis. A articulação entre entidades é fundamental para a concretização dos objetivos comuns dentro dos prazos legais estabelecidos.

6. Nota Final

O município e as respetivas equipas técnicas devem procurar, sempre que necessário, apoio técnico junto da CCDR e da APA I.P, através das respetivas ARH, desde o esclarecimento das metodologias propostas à seleção das mesmas, dada a diversidade do território nacional, procurando o uso das melhores ferramentas disponíveis para a devida salvaguarda dos valores ecológicos aqui em causa.

7. Bibliografia sugerida

- Pena, S. B., Magalhães, M. R., & Abreu, M. M. (2018). Mapping headwater systems using a HS-GIS model. An application to landscape structure and land use planning in Portugal. Land Use Policy, 71, 543-553.
- Weiss, A. (2001, July). Topographic position and landforms analysis. In Poster presentation, ESRI user conference, San Diego, CA (Vol. 200).
- Cabeceiras das Linha de Água trabalho desenvolvido pelo Centro de Investigação LEAF (Linking Landscape, Environment, Agriculture And Food) do Instituto Superior de Agronomia - Universidade de Lisboa, disponíveis no geoportal EPIC WebGis. LEAF/ISA/ULisboa: http://epic-webgis-portugal.isa.ulisboa.pt

8. Autoria

GT REN com o apoio de Selma Pena (LEAF/Instituto Superior de Agronomia)

Entidades do GT REN:

- Direção-Geral do Território;
- Agência Portuguesa do Ambiente I.P.;
- Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil
- Laboratório Nacional de Energia e Geologia;
- Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte I.P.;
- Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Centro I.P.;

- Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo I.P.;
- Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Alentejo I.P.;
- Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Algarve I.P.;

ANEXO

Procedimento para modelação das Cabeceiras das Bacias Hidrográficas (CBH) utilizando método de Pena et al. 2018 (Ferramentas pelo software ArcGIS)

1. Criar TIN

toolboxes\system toolboxes\3d analyst tools\data management\create TIN

2. Passar TIN para Raster

- # toolboxes\system toolboxes\3d analyst tools\conversion\from TIN\TIN to raster
- # Passar a Sampling Distance para cellsize 5 ou 10 (para cartografia de base 10k)

3. Abrir o menu da ferramenta ArcHydro tools

- # correr a ferramenta DEM Manipulation\fill sinks [correr ferramenta sem alterar definições]
- # correr a ferramenta flow direction [correr ferramenta sem alterar definições]
- # correr a ferramenta flow accumulation [correr ferramenta sem alterar definições]
- # correr a ferramenta stream definition [definir aqui os 0,1km2 (ou a área de drenagem que melhor se adeque ao caso de estudo)]
- # correr a ferramenta stream segmentation [correr ferramenta sem alterar definições]

4. Definir ordem das linhas de água

- # toolboxes\system toolboxes\spatial analyst tools\hydrology\stream order
- # se não foram alterados os nomes dos ficheiros por definição o input stream é o tema StrLnk
- # o input flow o tema Fdr
- # e o método é o de STRAHLER

5. Passar o raster da Rede Hidrográfica criado no passo anterior para vetor

toolboxes\system toolboxes\conversion tools.tbx\from raster\raster to polyline [correr ferramenta sem alterar definições]

6. Criar os pontos de início da Rede Hidrográfica

- # toolboxes\system toolboxes\data management tools.tbx\features\feature vertices to points
- # o tema de input feature é o criado no tema anterior
- # o Point Type deve ser alterado para DANGLE

7. Conversão para Raster dos temas de base [rede hidrográfica, pontos de inicio da r.h. e linhas de festo]

- # ao tema da Rede Hidrográfica adicionamos um campo na tabela [i.e. "valor", short integer] e atribuimos o valor de 500 [field calculator]
- # converter para raster [toolboxes\system toolboxes\conversion tools.tbx\to raster\polyline to raster]
- # ao Value field atribuimos o campo "valor" criado anteriormente
- # mudar o cellsize para o tamanho do que tivermos escolhido ao passar o TIN para Raster
- # descarregar as linhas de festo do EPIC WebGIS [http://epic-webgis-portugal.isa.ulisboa.pt/]
- # fazer um clip ao concelho ou área de trabalho
- # Fazer os ajustes das linhas de festo à escala local, conforme identificado na nota técnica
- # ao tema das linhas de festo não é necessário acrescentar nenhum campo
- # converter para raster [toolboxes\system toolboxes\conversion tools.tbx\to raster\polyline to raster]

ao Value field atribuimos o campo "CEAP_HIERQ" # mudar o cellsize para o tamanho do que tivermos escolhido ao passar o TIN para Raster

ao tema dos pontos de inicio da rede hidrográfica adicionamos um campo na tabela [i.e. "valor", short integer] e atribuimos o valor de 10 [field calculator]

converter para raster [toolboxes\system toolboxes\conversion tools.tbx\to raster\point to raster] # ao Value field atribuimos o campo "valor" criado anteriormente

mudar o cellsize para o tamanho do que tivermos escolhido ao passar o TIN para Raster

8. Reclassificar os 3 temas Raster que trabalhámos no passo anterior [rede hidrográfica, pontos de início da r.h. e linhas de festo]

toolboxes\system toolboxes\spatial analyst tools.tbx\reclass\reclassify

fazer reclassify ao tema Rede hidrográfica. Manter o valor de 500 e alterar o valor de «nodata» para 0 (zero) na reclassificação

na secção «Environments» - «Raster Analysis» o tamanho da célula colocado de acordo com o mdt corrigido bem como a «Mask»

na secção «Environments» - «Processing extent» o campo «extent» deve ser preenchido também com o mdt corrigido

toolboxes\system toolboxes\spatial analyst tools.tbx\reclass\reclassify

fazer reclassify ao tema Linhas de festo. Manter os valores 1,2, 3 e 4. Alterar o valor de «nodata» para 0 (zero) na reclassificação

na secção «Environments» - «Raster Analysis» o tamanho da célula colocado de acordo com o mdt corrigido bem como a «Mask»

na secção «Environments» - «Processing extent» o campo «extent» deve ser preenchido também com o mdt corrigido

toolboxes\system toolboxes\spatial analyst tools.tbx\reclass\reclassify

fazer reclassify ao tema Pontos de inicio da rede hidrográfica. Manter o valor de 10 e alterar o valor de «nodata» para 0 (zero) na reclassificação

na secção «Environments» - «Raster Analysis» o tamanho da célula colocado de acordo com o mdt corrigido bem como a «Mask»

na secção «Environments» - «Processing extent» o campo «extent» deve ser preenchido também com o mdt corrigido

9. junção dos 3 temas [rede hidrográfica, pontos de inicio da r.h. e linhas de festo]

há várias formas diferentes de o fazer, esta é apenas uma opção

toolboxes\system toolboxes\spatial analyst tools.tbx\map algebra\raster calculator

juntar no raster calculator «linhas de festo [valores 0,1,2,3 e 4] + rede hidrográfica [valores 0 e 500]

o esperado seria um raster com valores de: 0,1,2,3,4 e 500 mas podem surgir outros por existir sobreposição entre os temas uma vez que as linhas de festo fora feitas a outra escala

ao temas gerado desta adição, aplicar uma condição para que valores acima de 500 assumam o valor de 500. É assim dada prioridade ao valor da rede hidrográfica para manter um continuo do fluxo em detrimento do valor da linhas de festo

fórmula da condição: Con("Nome_Raster",500,"Nome_Raster", "Value >500")

toolboxes\system toolboxes\spatial analyst tools.tbx\map algebra\raster calculator

no raster calculator juntamos o «cartograma gerado e corrigido no passo anterior [valores 0,1,2,3,4 e 500] + raster dos pontos de início da rede hidrográfica [valores 0 e 10]»

o esperado seria um raster com valores de 0,1,2, 3, 10 e 500) mas podem surgir outros por existir sobreposição entre os temas

10. ao tema resultante das adições fazemos um reclassify para obter o fundo como «nodata»

toolboxes\system toolboxes\spatial analyst tools.tbx\reclass\reclassify

passar os valores de 0 (zero) para «nodata» e manter os restantes valores (1,2,3,4,10 e 500)

11. ao tema resultante de todas as adições aplicamos a ferramenta Cost Allocation

no campo Input raster or feature source data adicionar o tema gerado no passo anterior # no campo Input cost raster adicionar o mdt corrigido (fill)

na secção «Environments» - «Raster Analysis» o tamanho da célula colocado de acordo com o mdt corrigido bem como a «Mask»

na secção «Environments» - «Processing extent» o campo «extent» deve ser preenchido também com o mdt corrigido

12. ao tema resultante vamos fazer um reclassify e a junção dos valores 1, 2, 3 e 10 onde adjacentes

toolboxes\system toolboxes\spatial analyst tools.tbx\reclass\reclassify

passar os valores de 500 para «nodata» e manter os restantes valores (1,2,3,4 e 10)

13. ao tema resultante vamos fazer a junção dos valores 1, 2, 3 e 10 onde adjacentes

toolboxes\system toolboxes\conversion tools.tbx\from raster\raster to polygon # ao tema reclassificado do passo anterior aplicamos a ferramenta raster to polygon # Desligar o visto na opção «simplify polygons»

na tabela de atributos fazemos um select by attributes e aplicamos a expressão "gridcode" = 10 # toolboxes\system toolboxes\data management tools.tbx\generalization\eliminate # com os polígonos selecionados corremos a ferramenta eliminate

14. Eliminação das áreas soltas

eliminar os polignos que não têm continuidade geográfica (ilhas) e que têm o valor 10 # colocar em edição, selecionar e eliminar

15. aplicar alguma generalização aos polígonos obtidos

#toolboxes\system toolboxes\cartography tools.tbx\generalization\smooth polygon

