



ScienceDirect®

## Land Use Policy

Volume 71, February 2018, Pages 543-553

---

# Mapping headwater systems using a HS-GIS model. An application to landscape structure and land use planning in Portugal

[Selma Beatriz Pena](#)  , [Manuela Raposo Magalhães](#), [Maria Manuela Abreu](#)

[Show more](#) 

 Share  Cite

---

<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.11.009> 

[Get rights and content](#) 

---

### Highlights

- The Headwater System is an important area of the drainage basin.
- The threshold of 0.1 km<sup>2</sup> of drainage area is a good approximation to channel head identification.

- The headwater system must be part of land use planning policies.
- The type of land use in HS areas will determine the dynamic stability of the drainage basin.

## Abstract

The Headwater System (HS) is defined as the area between the ridge line, and the beginning of the channel network. The HS have high importance in the hydrological, geomorphological, and biological processes of the drainage basin. It is crucial to map HS areas in order to define the suitable land uses in the landscape related policies.

The identification of the channel network beginning is particularly difficult as well as its mapping at a landscape scale. The field identification is costly in time and labor, being more operative to use models and mathematical thresholds to identify the drainage area thresholds that defines the beginning of the channel network. The aim of this work was to contribute to headwaters system mapping with the construction of a Geographic Information System model, using as channel network beginning, the thresholds of 0.1 km<sup>2</sup> drainage area. This threshold was compared and validated with 92 channel heads occurring in Portugal. The model was created in GIS allowing to define the headwater system, in order to be included in landscape plans and in green infrastructure delimitation. It was applied in Portugal and compared with data from National Ecological Reserve (REN) in Alentejo Region. It was concluded that the proposed model is a useful tool to define headwater systems with precise criteria, bridging the gaps of the existent mapping policies from REN policy. The current evaluation of land use and land cover in the HS from Portugal showed a high percentage of eucalyptus and maritime pine, which are not the best land use for these areas.

---

## Introduction

The river basin is both a geomorphological and a land use planning unit (Tricart, 1972; Directive 2000/60/EC). Its hydrology is in close relation with land use management and policy (Haigh and Křeček, 1991). Headwaters are components of the river basin and among the least studied areas, receiving little attention in planning (Benda et al., 2005). They are commonly defined as first order streams

(Stanfield and Jackson, 2011, Freeman et al., 2007, Russell, 2008), or as those streams without tributaries, according to Strahler's definition (Strahler, 1952). Some also define them as zero-order basins (Tsukamoto et al., 1982). In this work, headwaters are evaluated as more complex systems than the first order streams, which encompass the whole area between the ridge line and the beginning of the channel network – the Headwater System (HS). The HS has two major types: steep slopes near the drainage divide (rugged relief) or gentle slopes near the drainage divide (smooth relief) (Magalhães et al., 2012).

The most widely recognised role of HS is its importance in river basin dynamics, namely, the upstream-downstream interactions that affect water management (flood prevention) and ecosystem protection (Gomi et al., 2002, Benda et al., 2005, Freeman et al., 2007). Because of special biophysical characteristics such as altitude, precipitation, and soil, the HS often gives rise to unique habitats (Gomi et al., 2002, Haigh et al., 2004, Benda et al., 2005, Freeman et al., 2007, Jaeger et al., 2007, Henkle et al., 2011). Interactions between the upstream and downstream systems also affect organic matter dynamics (Karlsson et al., 2005). Linkages between HS, affect the circulation of some species, like aquatic-riparian biota (Olson and Burnett, 2009). Another important role of HS is the rainwater infiltration and ground water recharge, which much influences water quality and quantity (Haigh et al., 2004).

Despite the knowledge about the high importance of HS in the hydrological, geomorphological, and biological processes of the river basin, there has not yet been established a precise methodology to map these areas to be included in Land Use Plans. Thus, the main goal of this work is to contribute to HS mapping, at the landscape scale, with the construction of a Geographic Information System (GIS) model, using an accurate threshold. Another objective is to evaluate for Portugal the current land use in the mapped HS and to contribute to the clarification of the best land use. To model HS using GIS and achieve these objectives, it was assumed that channel networks initiate at 0.1 km<sup>2</sup> of the drainage area. This approach was explored and validated by photointerpretation of aerial photographs from Portugal.

Below, the main difficulties regarding headwaters mapping are pointed out appropriate. Further, land uses for HS are proposed in the context of current land use policies. These fulfill the purposes of ensuring natural resources protection, guaranteeing the ecological equilibrium of landscape and minimizing hazards.

The land use in HS will be a key element to the functionality of the river basin. The existence of deep soils or forest cover diminishes soil erosion and flooding risks (Epp, 1990, Molchanov, 1971). The HS can be critical in forest planning to avoid rural fires if covered with native flora, or native flora intercalated with open spaces (agriculture or pastures) (Magalhães et al., 2012). Paracchini et al.

(2000) also noticed that the conservation of headwaters is related to forest management. In addition, Jaeger et al. (2007) suggests that timber harvest near headwaters can have negative consequences in water and sediment regimes and should be restricted. A proper land use plan of the river basin, considers the knowledge of the ecological processes of the landscape (Comino et al., 2016), which will provide a slow reaction of the landscape system, promoting the dynamic geomorphological equilibrium (Pena et al., 2010, Pena and Abreu, 2012).

Since Water Frame Directive (WFD) (Directive 2000/60/EC), the awareness in river basin planning and management, has been rising. However, the main focus for implementation is water quality, while the importance of headwater protection has been neglected (Lassaletta et al., 2010). In Portugal, the WFD was transposed into the National Water Law in 2005 (Law n.º 58/2005). However, land use planning for water resources protection focuses mainly on the banks of lakes and reservoirs of public waters and the coastal and estuarine borders. The integrative approach to managing and planning the river basin, with the inclusion of HS, is largely forgotten.

The National Land Use Program for Portugal is a strategic framework (Law n.º 58/2007) that identifies 24 major land use problems and different priorities for actions that should be implemented. From those problems, two are directly related to river basin management: (1) natural resources and risk management; and (2) degradation of water quality and poor management of water resources. However, in the definition of the priority actions, the solutions focus on the monitoring of water ecological and chemical status (cf National Water Law n.º 58/2005) without referring to the need for the protection of the upland areas of the river basin.

Currently, the Portuguese National legal framework does not embrace the importance of HS in the river basin healthy functioning. However, at the beginning of the 80's of the twenty century the headwaters became part of the National Ecological Reserve (REN) legal framework. It is mandatory for land use plans to map REN areas, which are defined as biophysical structures essential to the ecological stability and the rational use of natural resources. Currently, REN are only mapped at municipal scale, being absent in the regional and national spatial planning plans. National Ecological Reserve recognizes headwaters, which are defined as the areas between the ridgeline and the beginning of the river system (Decree-Law nº 321/83). However, in the 1990s, the concept was reformulated as the "concave areas of upstream watershed". The absence of objective mapping criteria has led to different mapping methodologies in local administrative boundaries. More recently, headwater mapping was dropped from the REN guidelines (RCM nº 81/2012), and HS are no longer mapped. The authors regard this as a retreat in land use planning in Portugal.

Despite the limitations in the current legal framework, recently an important tool in planning – the green infrastructure – was linked to ecosystem restoration, biodiversity promotion (EC, 2011), and natural water retention measures in the watershed (EC, 2012), providing an opportunity to include the HS as a component of the green infrastructure map.

Despite the lack of attention given to the planning of the headwaters, they have been considered increasingly as a top priority area in environmental management (Haigh et al., 2004). However, the headwaters concept has different interpretations and is hard to map although the different approaches share the identification of the channel network initiation. It is particularly difficult to map the channel heads at a landscape scale since this depends on geology/lithology (Jaeger et al., 2007) and soil properties. Moreover, with the development of the Geographic Information System (GIS), identification also depends on the digital terrain model scale and accuracy (Gomi et al., 2002, Colson et al., 2008). Despite the challenges, the mapping of HS areas at the landscape scale is needed to provide sustainable land use plans for decision-makers.

The field identification of channel network initiation is costly in time and labor. Hence, it is more practical to use models and mathematical thresholds. To map channel network initiation accurately, it is necessary to identify which thresholds should be used. Former studies related the channel head to the rill development (Montgomery and Foufoula-Georgiou, 1994). Accordingly, channel heads are associated with changes in the dominant sediment transport process, which can be measured as the critical contributing area to start channel heads (Vogt et al., 2003, Vogt et al., 2007). This is consistent with the findings of previous researchers that related the “belt of no erosion” (Horton, 1945) or “zone of no erosion” (Garner, 1974) to the area between the drainage divide and the beginning of the drainage network, although surface wash is always possible in these areas (Huggett, 2003). Montgomery and Foufoula-Georgiou (1994) concluded that 0.1 km<sup>2</sup> was the minimum drainage area, required to initiate a channel, while Gomi et al. (2002) defined headwater areas as having drainage areas smaller than 1 km<sup>2</sup>, and the HS network as one with more than 1 km<sup>2</sup> of drainage area. Further studies, with field work and statistics, concluded that most channel heads in HS were fed by drainage areas of between 0.01 km<sup>2</sup> and 0.1 km<sup>2</sup> (Henkle et al., 2011).

---

## Access through your organization

Check access to the full text by signing in through your organization.

[Access through your instit...](#)

---

## Section snippets

### Case study

The case study is located in Continental Portugal between 36° 57' and 42° 9' North and 6° 11' and 9° 30' West and focuses on the Alentejo region in the South of Portugal (Fig. 1). The Alentejo was chosen due to its gently wavy relief, where it is difficult to define headwaters. When the terrain morphology is more rugged, the different zones of the river basin are more clearly marked. The Alentejo region was also selected in order to compare the results of the HS model with the data from the...

### Methods

In this work, the HS was defined, as the area between the ridgeline and the beginning of the channel network. Based on this conceptual model (Fig. 2) a GIS model was created to map the headwaters (Section 3.1). As already mentioned, channel heads are difficult to identify, but some studies link them to drainage area's between 0.1 km<sup>2</sup> and 1 km<sup>2</sup>. Here, the threshold used is the drainage area of 0.1 km<sup>2</sup>. Similarly, Montgomery and Foufoula-Georgiou (1994), used a threshold of 0.1 km<sup>2</sup> for a Digital...

### Results and discussion

The result of the HS-GIS model application is presented in Fig. 7. The HS-GIS model allows mapping all the headwater areas of Portugal using the same delimitation criteria.

Because the ridgelines used in the model were ordered *a priori*, this model also suggests a hierarchy of the HS according to river basin importance. In Table 1, the area and the percentage of the different HS levels are identified. The first order of HS corresponds to the

major river basin at the national scale, like the...

## Final considerations

This work proposes a GIS model to map the HS, which is considered as the upper areas of a river basin, measured between the ridge line and the beginning of the channel network. Accurate mapping of the channel network initiation was the greatest challenge. Using a threshold drainage area of 0.1 km<sup>2</sup> proved appropriate. All channel head samples gathered by photointerpretation were within an average distance of 136m of those modeled in GIS, which is regarded as a good approximation to the reality....

## Acknowledgements

The authors would like to thank Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) for the PhD grant (SFRH/BD/46944/2008). This work was developed in LEAF (Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food Research Centre) – Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa (UID/AGR/04129/2013), financed by the FCT through national funds....

[Recommended articles](#)

---

## References (48)

E. Comino *et al.*

[The combined use of Spatial Multicriteria Evaluation and stakeholders analysis for supporting the ecological planning of a river basin](#)

Land Use Policy (2016)

M.J. Haigh *et al.*

[Headwater management: problems and policies](#)

Land Use Policy (1991)

M.J. Haigh *et al.*

[Headwater deforestation: a challenge for environmental management](#)

Global Environ. Change (2004)

J.E. Henkle *et al.*

[Locations of channel heads in the semiarid Colorado Front Range, USA](#)

Geomorphology (2011)

O.M. Karlsson *et al.*

[Modelling organic matter dynamics in headwater streams of south-western British Columbia, Canada](#)

Ecol. Modell. (2005)

L. Lassaletta *et al.*

[Headwater streams: neglected ecosystems in the EU Water Framework Directive: implications for nitrogen pollution control](#)

Environ. Sci. Policy (2010)

S.B. Pena *et al.*

[A methodology for creating greenways through multidisciplinary sustainable landscape planning](#)

J. Environ. Manage. (2010)

R. Preciado Jeronimo *et al.*

[The politics of land use planning: gold mining in cajamarca, Peru](#)

Land Use Policy (2015)

G. Salmoral *et al.*

## Fostering integrated land and water management approaches: evaluating the water footprint of a Mediterranean basin under different agricultural land use scenarios

Land Use Policy (2017)

J. Vogt *et al.*

## Deriving drainage networks and catchment boundaries: a new methodology combining digital elevation data and environmental characteristics

Geomorphology (2003)



View more references

---

### Cited by (4)

## Headwater streams and inland wetlands: Status and advancements of geospatial datasets and maps across the United States

2022, Earth-Science Reviews

#### *Citation Excerpt :*

...One challenge is determining where along a headwater flowpath the stream begins (channel head) because stream initiation often results from a complex combination of geology, landcover, climate, and topography (Jaeger et al., 2007; Garrett and Wohl, 2017; Wohl, 2018). The simplest methods for estimating channel initiation involve catchment area thresholds and catchment-slope relationships (Montgomery and Dietrich, 1989; Montgomery and Dietrich, 1992; Montgomery and Foufoula-Georgiou, 1993; Clarke et al., 2008; Matsunaga et al., 2009; James and Hunt, 2010; Henkle et al., 2011; Avcioglu et al., 2017; Wohl, 2018; Pena et al., 2018). However, this approach sometimes performs poorly (Wohl, 2018)...

Show abstract 

## Land use policy in headwater catchments

2019, Land Use Policy

*Citation Excerpt :*

...One reason is that, because of the fractal characteristics of river basins, the area measured depends very much on the yardstick used for measurement. Recent work in Portugal has suggested that the location of headwaters and channel heads is best explored using a mapping grid with a 0.1 km<sup>2</sup> mesh (Pena et al., 2018). However, the classic work of Paracchini and Vogt (2006) used 250 m<sup>2</sup> cells to identify 1,750,000 km<sup>2</sup> headwater catchments in a 6,500,000 km<sup>2</sup> European area (i.e. 27%)....

[Show abstract](#) ✓

## FIRELAN—An ecologically based planning model towards a fire resilient and sustainable landscape. A case study in center region of Portugal ↗

2021, Sustainability (Switzerland)

## FIRELAN | An Ecologically Based Planning Model Towards a Fire Resilient and Sustainable Landscape. A Case Study in Center Region of Portugal ↗

2021, Research Square

---

[View full text](#)

© 2017 Elsevier Ltd. All rights reserved.



All content on this site: Copyright © 2024 Elsevier B.V., its licensors, and contributors. All rights are reserved, including those for text and data mining, AI training, and similar technologies. For all open access content, the Creative Commons licensing terms apply.





ScienceDirect®

## Política de Uso do Solo

Volume 71, fevereiro de 2018 , páginas 543-553

---

# Mapeamento de sistemas de cabeceiras usando um modelo HS-GIS. Uma aplicação à estrutura paisagística e ao ordenamento do território em Portugal

[Selma Beatriz Pena](#)   [Manuela Raposo Magalhães](#), [Maria Manuela Abreu](#)

Mostre mais 

 Compartilhar  Citar

---

<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.11.009> 

[Obtenha direitos e conteúdo](#) 

---

### Destaques

- O Sistema de Nascentes é uma área importante da bacia de drenagem.

- O limite de  $0,1 \text{ km}^2$  de área de drenagem é uma boa aproximação para a identificação da cabeceira do canal .
- O sistema de cabeceiras deve fazer parte das políticas de ordenamento do território .
- O tipo de uso do solo nas áreas de SH determinará a estabilidade dinâmica da bacia de drenagem.

## Abstrato

O Sistema de Nascentes (SH) é definido como a área entre a linha da crista e o início da rede de canais. Os SH têm grande importância nos processos hidrológicos, geomorfológicos e biológicos da bacia hidrográfica. É crucial mapear as áreas SH para definir os usos adequados da terra nas políticas relacionadas com a paisagem.

A identificação do início da rede de canais é particularmente difícil, bem como o seu mapeamento à escala da paisagem. A identificação do campo é dispendiosa em tempo e mão-de-obra, sendo mais operativo utilizar modelos e limiares matemáticos para identificar os limiares da área de drenagem que define o início da rede de canais. O objetivo deste trabalho foi contribuir para o mapeamento do sistema de cabeceiras com a construção de um modelo de Sistema de Informações Geográficas, utilizando como início da rede de canais os limiares de  $0,1 \text{ km}^2$  de área de drenagem. Este limiar foi comparado e validado com 92 cabeças de canal ocorridas em Portugal. O modelo foi criado em SIG permitindo definir o sistema de cabeceiras, de forma a ser incluído nos planos paisagísticos e na delimitação de infraestruturas verdes. Foi aplicado em Portugal e comparado com dados da Reserva Ecológica Nacional (REN) na Região do Alentejo. Concluiu-se que o modelo proposto é uma ferramenta útil para definir sistemas de cabeceiras com critérios precisos, colmatando as lacunas das políticas de mapeamento existentes da política da REN. A avaliação actual do uso e cobertura do solo no SH de Portugal mostrou uma elevada percentagem de eucalipto e pinheiro bravo, que não são o melhor uso do solo para estas áreas.

## Introdução

A bacia hidrográfica é uma unidade geomorfológica e de ordenamento do território (Tricart, 1972; Directiva 2000/60/CE). A sua hidrologia está em estreita relação com a gestão e política do uso da terra (Haigh e Křeček, 1991). As cabeceiras são componentes da bacia hidrográfica e estão entre as áreas menos estudadas, recebendo pouca atenção no planeamento (Benda et al., 2005). Eles são comumente definidos como riachos de primeira ordem (Stanfield e Jackson, 2011, Freeman et al., 2007, Russell, 2008), ou como aqueles riachos sem afluentes, de acordo com a definição de Strahler (Strahler, 1952). Alguns também as definem como bacias de ordem zero (Tsukamoto et al., 1982). Neste trabalho, as cabeceiras são avaliadas como sistemas mais complexos do que os riachos de primeira ordem, que abrangem toda a área entre a linha de crista e o início da rede de canais – o Sistema de Nascentes (SH). O SH apresenta dois tipos principais: encostas íngremes próximas ao divisor de drenagem (relevo acidentado) ou encostas suaves próximas ao divisor de drenagem (relevo suave) (Magalhães et al., 2012).

O papel mais amplamente reconhecido do SH é a sua importância na dinâmica das bacias hidrográficas, nomeadamente, nas interações montante-jusante que afetam a gestão da água (prevenção de inundações) e a proteção dos ecossistemas (Gomi et al., 2002, Benda et al., 2005, Freeman et al., 2005, Freeman et al., 2005, Freeman et al., 2005). al., 2007). Devido a características biofísicas especiais, como altitude, precipitação e solo, o SH muitas vezes dá origem a habitats únicos (Gomi et al., 2002, Haigh et al., 2004, Benda et al., 2005, Freeman et al., 2007, Jaeger et al., 2007, Henkle et al., 2011). As interações entre os sistemas a montante e a jusante também afetam a dinâmica da matéria orgânica (Karlsson et al., 2005). As ligações entre SH afetam a circulação de algumas espécies, como a biota aquático-ripária (Olson e Burnett, 2009). Outro papel importante do SH é a infiltração de águas pluviais e recarga de águas subterrâneas, o que influencia muito a qualidade e quantidade da água (Haigh et al., 2004).

Apesar do conhecimento sobre a elevada importância do SH nos processos hidrológicos, geomorfológicos e biológicos da bacia hidrográfica, ainda não foi estabelecida uma metodologia precisa para mapear essas áreas a serem incluídas nos Planos de Uso do Solo. Assim, o principal objetivo deste trabalho é contribuir para o mapeamento de SH, à escala da paisagem, com a construção de um modelo de Sistema de Informação Geográfica (SIG), utilizando um limiar preciso. Outro objetivo é avaliar para Portugal o atual uso do solo no SH mapeado e contribuir para a clarificação do melhor uso do solo. Para modelar o HS utilizando SIG e atingir estes objetivos, assumiu-se que as redes de canais iniciam a 0,1 km<sup>2</sup> da área de drenagem. Esta abordagem foi explorada e validada através da fotointerpretação de fotografias aéreas de Portugal.

A seguir são apontadas as principais dificuldades relativas ao mapeamento de cabeceiras. Além disso, os usos da terra para HS são propostos no contexto das atuais políticas de uso da terra. Estas cumprem os objectivos de assegurar a protecção dos recursos naturais, garantindo o equilíbrio ecológico da paisagem e minimizando os riscos.

O uso da terra no SH será um elemento chave para a funcionalidade da bacia hidrográfica. A existência de solos profundos ou de cobertura florestal diminui a erosão do solo e os riscos de inundação (Epp, 1990, Molchanov, 1971). O SH pode ser fundamental no planeamento florestal para evitar incêndios rurais se for coberto por flora nativa, ou flora nativa intercalada com espaços abertos (agricultura ou pastagens) (Magalhães et al., 2012). Paracchini et al. (2000) também notaram que a conservação das cabeceiras está relacionada ao manejo florestal. Além disso, Jaeger et al. (2007) sugere que a colheita de madeira perto das cabeceiras pode ter consequências negativas nos regimes hídricos e sedimentares e deve ser restringida. Um plano adequado de uso do solo da bacia hidrográfica, considera o conhecimento dos processos ecológicos da paisagem (Comino et al., 2016), o que proporcionará uma reação lenta do sistema paisagístico, promovendo o equilíbrio geomorfológico dinâmico (Pena et al., 2016). , 2010, Pena e Abreu, 2012).

Desde a Directiva-Quadro da Água (DQA) (Directiva 2000/60/CE), a sensibilização para o planeamento e gestão de bacias hidrográficas tem aumentado. Contudo, o foco principal da implementação é a qualidade da água, enquanto a importância da protecção das cabeceiras tem sido negligenciada (Lassaletta et al., 2010). Em Portugal, a DQA foi transposta para a Lei Nacional das Águas em 2005 (Lei n.º 58/2005). Contudo, o planeamento do uso do solo para protecção dos recursos hídricos centra-se principalmente nas margens dos lagos e reservatórios de águas públicas e nas fronteiras costeiras e estuarinas. A abordagem integradora à gestão e planeamento da bacia hidrográfica, com a inclusão do SH, está em grande parte esquecida.

O Programa Nacional de Ordenamento do Solo para Portugal é um quadro estratégico (Lei n.º 58/2007) que identifica 24 grandes problemas de uso do solo e diferentes prioridades para ações que devem ser implementadas. Desses problemas, dois estão diretamente relacionados com a gestão de bacias hidrográficas: (1) recursos naturais e gestão de riscos; e (2) degradação da qualidade da água e má gestão dos recursos hídricos. Contudo, na definição das acções prioritárias, as soluções centram-se na monitorização do estado ecológico e químico das águas (cf. Lei Nacional das Águas n.º 58/2005) sem se referirem à necessidade de protecção das zonas de altitude da bacia hidrográfica. .

Actualmente, o quadro jurídico nacional português não contempla a importância do SH no funcionamento saudável da bacia hidrográfica. Contudo, no início da década de 80 do século XX as cabeceiras passaram a integrar o quadro legal da Reserva Ecológica

Nacional (REN). É obrigatória nos planos de ordenamento do território a cartografia das áreas da REN, definidas como estruturas biofísicas essenciais à estabilidade ecológica e à utilização racional dos recursos naturais. Actualmente, as REN são apenas mapeadas à escala municipal, estando ausentes nos planos de ordenamento do território regionais e nacionais. A Reserva Ecológica Nacional reconhece cabeceiras, que são definidas como as áreas entre a linha de cumeeira e o início do sistema fluvial (Decreto-Lei n.º 321/83). Porém, na década de 1990, o conceito foi reformulado como “áreas côncavas de bacia hidrográfica a montante”. A ausência de critérios objectivos de mapeamento levou a diferentes metodologias de mapeamento nas fronteiras administrativas locais. Mais recentemente, o mapeamento das nascentes foi retirado das directrizes da REN (RCM n.º 81/2012) e as SH deixaram de estar mapeadas. Os autores consideram isto um retrocesso no ordenamento do território em Portugal.

Apesar das limitações do actual quadro jurídico, recentemente uma ferramenta importante no planeamento – a infra-estrutura verde – foi ligada à restauração de ecossistemas, à promoção da biodiversidade (CE, 2011) e a medidas naturais de retenção de água na bacia hidrográfica (CE, 2012), proporcionando um oportunidade de incluir o SH como um componente do mapa de infra-estrutura verde. Apesar da falta de atenção dada ao planeamento das cabeceiras, estas têm sido consideradas cada vez mais como uma área prioritária na gestão ambiental (Haigh et al., 2004). Contudo, o conceito de cabeceiras tem diferentes interpretações e é difícil de mapear, embora as diferentes abordagens partilhem a identificação do início da rede de canais. É particularmente difícil mapear as cabeças dos canais à escala da paisagem, uma vez que isto depende da geologia/litologia (Jaeger et al., 2007) e das propriedades do solo. Além disso, com o desenvolvimento do Sistema de Informação Geográfica (SIG), a identificação também depende da escala e precisão do modelo digital do terreno (Gomi et al., 2002, Colson et al., 2008). Apesar dos desafios, o mapeamento das áreas SH à escala da paisagem é necessário para fornecer planos de uso sustentável da terra aos decisores.

A identificação de campo da iniciação da rede de canais é dispendiosa em tempo e mão-de-obra. Portanto, é mais prático usar modelos e limiares matemáticos. Para mapear com precisão o início da rede de canais, é necessário identificar quais limites devem ser utilizados. Estudos anteriores relacionaram a cabeceira do canal ao desenvolvimento do sulco (Montgomery e Foufoula-Georgiou, 1994). Consequentemente, as cabeceiras dos canais estão associadas a mudanças no processo dominante de transporte de sedimentos, que pode ser medido como a área crítica que contribui para iniciar as cabeceiras dos canais (Vogt et al., 2003, Vogt et al., 2007). Isto é consistente com as descobertas de investigadores anteriores que relacionaram o “cinturão sem erosão” (Horton, 1945) ou “zona sem erosão” (Garner, 1974) à área entre a divisão de drenagem e o início da rede de drenagem, embora a lavagem superficial seja sempre possível nestas áreas (Huggett, 2003). Montgomery e Foufoula-Georgiou (1994) concluíram que 0,1 km<sup>2</sup> era a área de drenagem

mínima necessária para iniciar um canal, enquanto Gomi et al. (2002) definiram áreas de cabeceira como aquelas com áreas de drenagem menores que  $1 \text{ km}^2$ , e a rede de SH como aquela com mais de  $1 \text{ km}^2$  de área de drenagem. Outros estudos, com trabalho de campo e estatísticas, concluíram que a maioria das nascentes de canais no SH eram alimentadas por áreas de drenagem entre  $0,01 \text{ km}^2$  e  $0,1 \text{ km}^2$  (Henkle et al., 2011).

---

## Acesso através da sua organização

Verifique o acesso ao texto completo fazendo login na sua organização.

Acesso através da sua ins...

---

## Trechos de seção

### Estudo de caso

O estudo de caso localiza-se em Portugal Continental entre  $36^\circ 57'$  e  $42^\circ 9'$  Norte e  $6^\circ 11'$  e  $9^\circ 30'$  Oeste e centra-se na região do Alentejo no Sul de Portugal (Fig. 1). O Alentejo foi escolhido devido ao seu relevo suavemente ondulado, onde é difícil definir cabeceiras. Quando a morfologia do terreno é mais acidentada, as diferentes zonas da bacia hidrográfica ficam mais claramente marcadas. A região do Alentejo também foi selecionada para comparar os resultados do modelo HS com os dados do...

### Métodos

Neste trabalho, o HS foi definido como a área entre a linha de cumeeira e o início da rede de canais. Com base neste modelo conceitual (Fig. 2) foi criado um modelo GIS para mapear as cabeceiras (Seção 3.1). Como já mencionado, as cabeceiras dos canais são difíceis de identificar, mas alguns estudos as associam a áreas de drenagem entre  $0,1 \text{ km}^2$  e  $1 \text{ km}^2$ . Aqui, o limiar utilizado é a área de drenagem de  $0,1 \text{ km}^2$ . Da mesma forma, Montgomery e Foufoula-Georgiou (1994), utilizaram um limite de  $0,1 \text{ km}^2$  para um Digital...

## Resultados e discussão

O resultado da aplicação do modelo HS-GIS é apresentado na Fig. 7. O modelo HS-GIS permite mapear todas as zonas de cabeceira de Portugal utilizando os mesmos critérios de delimitação.

Como as cristas utilizadas no modelo foram ordenadas *a priori*, este modelo também sugere uma hierarquia do SH de acordo com a importância da bacia hidrográfica. Na Tabela 1 são identificadas a área e o percentual dos diferentes níveis de SH. A primeira ordem do SH corresponde à grande bacia hidrográfica à escala nacional, como a...

## Considerações finais

Este trabalho propõe um modelo SIG para mapear o HS, que é considerado como as áreas superiores de uma bacia hidrográfica, medidas entre a linha da crista e o início da rede de canais. O mapeamento preciso do início da rede de canais foi o maior desafio. A utilização de uma área limite de drenagem de 0,1 km<sup>2</sup> revelou-se apropriada. Todas as amostras de topo de canal coletadas por fotointerpretação estavam a uma distância média de 136 m daquelas modeladas em GIS, o que é considerado uma boa aproximação da realidade....

## Reconhecimentos

Os autores agradecem à Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) pela bolsa de doutoramento ( SFRH/BD/46944/2008 ). Este trabalho foi desenvolvido no LEAF (Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food Research Centre) – Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa (UID/AGR/04129/2013), financiado pela FCT através de fundos nacionais....

[Artigos recomendados](#)

---

## Referências (48)

E. Comino *et al.*

## O uso combinado da Avaliação Multicritério Espacial e da análise de stakeholders para apoiar o planeamento ecológico de uma bacia hidrográfica

Política de Uso do Solo (2016)

MJ Haigh *et al.*

## Gestão de cabeceiras: problemas e políticas

Política de Uso do Solo (1991)

MJ Haigh *et al.*

## Desmatamento de nascentes: um desafio para a gestão ambiental

Meio Ambiente Global. Mudar (2004)

JE Henkle *et al.*

## Localização das cabeças de canal no semiárido Colorado Front Range, EUA

Geomorfologia (2011)

OM Karlsson *et al.*

## Modelagem da dinâmica da matéria orgânica em riachos de cabeceira do sudoeste da Colúmbia Britânica, Canadá

Eco. Modelo. (2005)

L. Lassaletta *et al.*

## Correntes de cabeceira: ecossistemas negligenciados na Diretiva-Quadro da Água da UE: implicações para o controlo da poluição por azoto

Meio Ambiente. Ciência. Política (2010)

SB Pena *et al.*

## Uma metodologia para a criação de vias verdes através de um planeamento paisagístico sustentável multidisciplinar

J. Meio Ambiente. Gerenciar. (2010)

R. Preciado Jerônimo *et al.*

## A política de planejamento do uso da terra: mineração de ouro em Cajamarca, Peru

Política de Uso do Solo (2015)

G. Salmoral *et al.*

## Promover abordagens integradas de gestão da terra e da água: avaliar a pegada hídrica de uma bacia mediterrânica sob diferentes cenários de uso de terras agrícolas

Política de Uso do Solo (2017)

J. Vogt *et al.*

## Derivação de redes de drenagem e limites de captação: uma nova metodologia que combina dados digitais de elevação e características ambientais

Geomorfologia (2003)

L. Benda *et al.*

## Geomorfologia de cabeceiras de encostas íngremes: a transição das encostas para os canais

Geléia. Recurso Hídrico. Assoc. (2005)

CCDR-Alentejo, 2015....

J. Capelo *et al.*

## Uma abordagem metodológica à modelação da vegetação potencial utilizando técnicas SIG e conhecimentos fitossociológicos especializados: aplicação a Portugal continental

Fitocenologia (2007)

T. Colson *et al.*

## Os mapas topográficos e de solo não retratam com precisão as redes de cursos de água nascente

Nat. Notícias sobre zonas úmidasl. (2008)

Decreto-Lei n.º 321/83, de 7 de Julho de 1983. DR n.º 152, série I – Define Reserva Ecológica Nacional (primeira...

Directiva 2000/60/CE. Directiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 23 de Outubro de 2000...

CE

O nosso seguro de vida, o nosso capital natural: Uma Estratégia de Biodiversidade da UE para 2020 COM 2011 244 Final.

Bruxelas

(2011)

CE

Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, o Conselho, o Comité Económico e Social Europeu e o Comité das Regiões – Um plano para salvaguardar os recursos hídricos da Europa

(2012)

CE

Informações Técnicas sobre Infraestruturas Verdes (GI) que Acompanham o Documento Infraestruturas Verdes (GI) – Melhorar o Capital Natural da Europa. SWD 2013 527

(2013)

EPICWebGIS Portugal, 2013....

HT Epp

Papel das áreas naturais na gestão das bacias hidrográficas

Pode. Recursos Hídricos J. (1990)

MC Freeman *et al.*

Conectividade hidrológica e a contribuição das cabeceiras dos rios para a integridade ecológica em escala regional

Geléia. Recurso Hídrico. Assoc. (2007)

HF Garner

## A Origem das Paisagens. Uma Síntese de Geomorfologia

(1974)

T. Gomi *et al.*

### Compreender os processos e ligações a jusante dos sistemas de cabeceiras

Biociências (2002)

Existem mais referências disponíveis na versão completa deste artigo.

---

## Citado por (4)

### Riachos de cabeceira e zonas úmidas interiores: status e avanços de conjuntos de dados e mapas geoespaciais nos Estados Unidos

2022, Avaliações de Ciências da Terra

#### *Trecho da citação:*

...Um desafio é determinar onde o curso de água da cabeceira começa (nascente do canal), porque o início do curso muitas vezes resulta de uma combinação complexa de geologia, cobertura da terra, clima e topografia (Jaeger et al., 2007; Garrett e Wohl, 2017; Wohl, 2018). Os métodos mais simples para estimar o início do canal envolvem limiares de área de captação e relações entre bacia hidrográfica e declividade (Montgomery e Dietrich, 1989; Montgomery e Dietrich, 1992; Montgomery e Foufoula-Georgiou, 1993; Clarke et al., 2008; Matsunaga et al., 2009 ; James e Hunt, 2010; Pena et al., 2011; No entanto, esta abordagem por vezes funciona mal (Wohl, 2018)...

Mostrar resumo 

### Política de uso da terra em bacias hidrográficas de cabeceira

2019, Política de Uso do Solo

#### *Trecho da citação:*

...Uma razão é que, devido às características fractais das bacias hidrográficas, a área medida depende muito do critério utilizado para medição. Trabalhos recentes em Portugal sugeriram que a localização das nascentes e dos canais é melhor explorada utilizando uma grelha de mapeamento com uma malha de 0,1 km<sup>2</sup> (Pena et al., 2018). Contudo, o trabalho clássico de Paracchini e Vogt (2006) utilizou células de 250 m<sup>2</sup> para identificar 1.750.000 km<sup>2</sup> de bacias hidrográficas de cabeceira numa área europeia de 6.500.000 km<sup>2</sup> (ou seja, 27%)...

[Mostrar resumo](#) 

[FIRELAN—Um modelo de planeamento de base ecológica para uma paisagem resiliente e sustentável ao fogo. Um estudo de caso na região centro de Portugal](#) ↗

2021, Sustentabilidade (Suíça)

[FOGOLAN | Um modelo de planeamento de base ecológica para uma paisagem sustentável e resiliente ao fogo. Um Estudo de Caso na Região Centro de Portugal](#) ↗

2021, Praça de Pesquisa

---

[Ver texto completo](#)

© 2017 Elsevier Ltd. Todos os direitos reservados.



Todo o conteúdo deste site: Copyright © 2024 Elsevier BV, seus licenciadores e colaboradores. Todos os direitos são reservados, incluindo aqueles para mineração de texto e dados, treinamento em IA e tecnologias similares. Para todo o conteúdo de acesso aberto, aplicam-se os termos de licenciamento Creative Commons.

