

## A IDENTIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DE KNICKPOINTS NAS BACIAS DOS RIOS POIO E CABRIL (BACIA DO TÂMEGA): VANTAGENS E COMPARAÇÃO DE RESULTADOS

### THE AUTOMATIC IDENTIFICATION OF KNICKPOINTS IN POIO AND CABRIL WATERSHEEDS: ADVANTAGES AND COMPARISON OF RESULTS

Teixeira, Hugo, *Faculdade de Letras da Universidade do Porto, Porto, Portugal*, [hugi.teixeira@gmail.com](mailto:hugi.teixeira@gmail.com)

Martins, António, *Centro de Geofísica, Universidade de Évora, Évora, Portugal*, [aam@uevora.pt](mailto:aam@uevora.pt)

Cunha, Pedro, *IMAR- Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal*, [pcunha@dct.uc.pt](mailto:pcunha@dct.uc.pt)

Gomes, Alberto, *CEGOT-Universidade do Porto, Porto, Portugal*, [albgomes@gmail.com](mailto:albgomes@gmail.com)

#### RESUMO

Rápidos e quedas de água, designados na literatura especializada por *knickpoints* (*Kps*), constituem usualmente a expressão geomorfológica no leito do rio, do atravessamento de litologias mais resistentes, da exploração de descontinuidades estruturais, ou o resultado do abaixamento do nível de base, cujo sinal é transmitido para montante através de 'vagas de erosão' no perfil longitudinal. Por este motivo, a identificação da natureza dos *Kps* ajuda a compreender a morfologia do relevo e a evolução da paisagem. Existem várias metodologias para identificar os *Kps*, umas mais expeditas que outras. Neste trabalho, explora-se e testa-se a metodologia proposta por Gongga-Saholiariliva *et al.*, (2011), e comparam-se os resultados com outros provenientes da aplicação do método convencional, elaborado a partir da inspeção visual do perfil longitudinal e das variações no declive ao longo dele.

#### ABSTRACT

The knickpoints (*Kps*) manifest in the river bed through rapids and waterfalls. They result of river crossing on resistant lithologies, the exploration of substratum discontinuities, or are due to the base level lowering, whose signal is transmitted upstream through incision waves in the longitudinal profile. For this reason, the identification of the nature of the *Kps* in the watercourses is crucial to understand the morphology of the relief and the landscape evolution. There are several methodologies to identify *Kps*, some more resourceful than others. In this paper, we explore and test the methodology proposed by Gongga-Saholiariliva *et al.*, (2011), and compared the results with the outcome from the conventional method, done after the visual inspection of the longitudinal profile and the slope variations along it.

#### 1. INTRODUÇÃO

O levantamento e a interpretação da natureza dos *knickpoints* e/ou *knickzones* (*Kps*) são essenciais em estudos de geomorfologia fluvial, (Schumm *et al.*, 2002; Bishop *et al.*, 2005; Crosby *et al.*, 2006; Goldrick & Bishop, 2007; Hayakawa & Oguchi, 2009). Os estudos sobre a propagação dos *kps* constituem um instrumento essencial na compreensão da morfologia e evolução da paisagem à escala temporal de milhar, a dezenas de milhar de anos. As investigações sobre a distribuição dos *knickpoints* e/ou *knickzones*, na bacia de drenagem, sobretudo abrangendo grandes áreas, são limitadas (Hayakawa & Oguchi, 2006), em parte devido à morosidade na sua identificação pelo método convencional de reconhecimento de roturas de declive existentes no perfil longitudinal, a partir da intersecção das curvas de nível com a linha de talvegue.

Com a implementação dos SIG, o levantamento dos perfis longitudinais tornou-se um processo mais simples e expedito, bem como as análises automáticas das suas características.

Neste trabalho, testamos um método mais expedito, expresso no trabalho de Gongga-Saholiariliva *et al.*, (2011), realizado a partir do Modelo Digital de Terreno (MDT) e comparam-se os resultados com os obtidos pelo método convencional de identificação de *Kps*. Optou-se por estabelecer esta comparação, dado que os dois métodos usam os mesmos dados de base provenientes da cartografia militar à escala 1/25000, *i.e.*, dados vectoriais da área em análise referentes a curvas de nível com equidistância de 10m, pontos cotados e rede hidrográfica.

Deste modo, realizou-se um estudo dedicado à identificação de *Kps* nas bacias hidrográficas do rio Cabril e do rio Poio, pertencentes à bacia hidrográfica do rio Tâmega (distritos de Braga/Vila Real). A razão para a escolha desta área prende-se com o facto de se tratar de um território condicionado pela faixa de deformação tectónica associada à falha Verín-Régua-Penacova, onde a existência de *Kps* ao longo de um perfil longitudinal poderá também relacionar-se com a deformação tectónica local. No entanto, a ocorrência de taxas de erosão diferenciadas a montante e a jusante do *knickpoint*, para além do factor tectónico, pode também relacionar-se com mudanças na litologia, ou resultar de capturas fluviais ou ainda, de variações climáticas-eustáticas que motivem uma alteração no nível de base geral (Ferreira, 2010; Larue, 2008; Seidl *et al.*, 1994).

## 2. METODOLOGIA

### Método A (Gongga-Saholiariliva *et al.*, 2011)

Trata-se de um método expedito composto essencialmente, pela obtenção dos dados relativos à identificação dos *Kps* a partir do Modelo Digital de Terreno, em formato *raster* (fig. 1). Para isso, são extraídos os seguintes elementos: a rede de drenagem a partir do trajecto de escoamento fornecido pelas células do MDT, os declives e ainda duas tipologias de curvatura da morfologia, a curvatura horizontal e a curvatura do perfil. O processo passa pela conversão destes ficheiros em *rasters* binários (0 - tem e 1- não tem). Para se obter a máscara final, inicialmente, converte-se a rede hidrográfica num *raster* binário, onde 1 corresponde ao trajecto do fluxo de água, e 0, a locais que não indicam qualquer fluxo de água. Seguidamente, é necessário isolar os valores críticos das curvaturas e dos declives, uma vez que estas operações combinam-se de forma a separar súbitos aumentos no declive que se localizam ao longo do perfil do longitudinal do curso de água (fig. 1B).

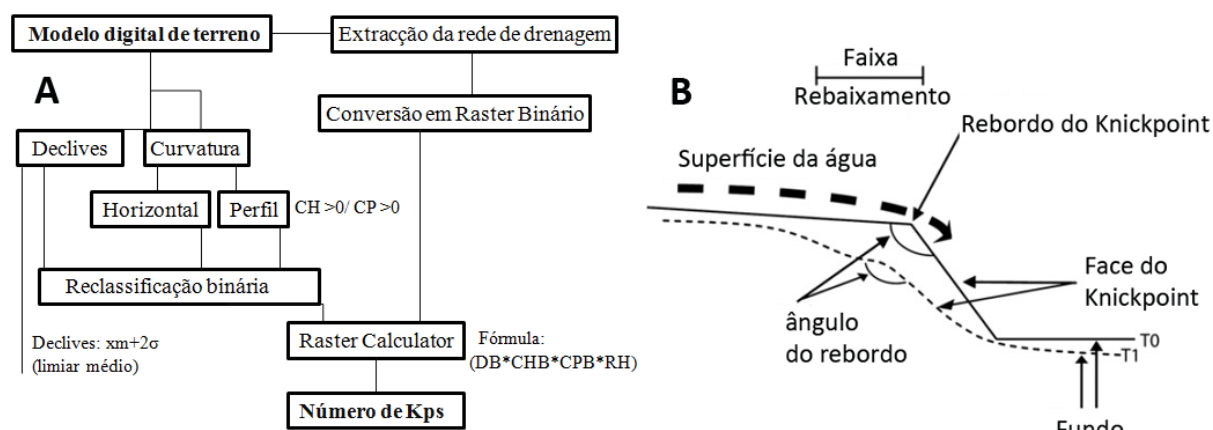


Figura 1: A - Esquema dos procedimentos a seguir para a obtenção dos *Kps* a partir do MDT; B - Metodologia de aquisição dos *Kps* através do perfil longitudinal (adaptado de Gongga-Saholiariliva *et al.*, 2011)

De acordo com Gongga-Saholiariliva *et al.*, (2011), interessa isolar os valores de curvatura superiores a 0, uma vez que estes correspondem a áreas onde o fluxo tende a acelerar (curvatura do perfil) e a divergir (curvatura horizontal). Trata-se de áreas claramente divergentes, pois o fluxo tende a acelerar e a morfologia apresenta uma forma convexa. Relativamente aos declives, é necessário extrair os

valores de inclinação que ilustram uma mudança abrupta no gradiente local do leito (Fig. 1). Os autores utilizam como referência a limiarização média ( $x_m$ ) e o desvio padrão da distribuição. Os valores de inclinação superiores a  $x_m + 2\sigma$  são considerados como mudanças abruptas, ou seja, setores do perfil longitudinal íngremes. No entanto, após os testes realizados, definiram-se outros valores de limite de inclinação, conseguindo isolar os *Kps* com declive mais abrupto, face aos que apresentam um declive um pouco mais suave. Por fim, é necessário combinar os vários ficheiros binários, inserindo-se no *raster calculator* (ArcGis) a fórmula apresentada na figura 1A, obtendo assim, a máscara que contribuirá para isolar os *Kps*.

### Método B (Convencional – análise das curvas de nível e rede hidrográfica)

O método mais convencional usado na identificação dos *Kps* consiste na elaboração de perfis longitudinais a partir das curvas de nível e da rede hidrográfica, com a identificação visual dos *Kps* definidos no perfil traçado. A identificação visual foi neste caso, complementada pela análise das variações no declive longitudinal (fig. 2B). No entanto, como se trata de um processo moroso, a aquisição dos *Kps* baseou-se igualmente num procedimento expedito, assinalando-se *Kps* nos sectores em que se verificava um encurtamento repentino na distância entre curvas de nível. Dada a morosidade na identificação dos *Kps* para toda a área, optou-se por ilustrar as diferenças entre métodos com dois casos de estudo, os rios Poio e Cabril.

## 3. RESULTADOS

A figura 2 apresenta a hipsometria da área de estudo com a localização dos vários *knickpoints* identificados na rede de drenagem da área, isolados segundo vários intervalos de declive:  $> 9^\circ$ ;  $> 18^\circ$ ;  $> 31^\circ$ . Observa-se que os vários limiares definidos contribuem para resultados muito distintos ao nível dos *Kps* encontrados na rede de drenagem da área. Para rupturas de declive com um ângulo superior a  $31^\circ$  existem 18 ocorrências. No que diz respeito a *Kps* com um ângulo superior a  $18^\circ$  temos um total de 76 *Kps*. Para *Kps* cuja distribuição corresponde ao valor de um desvio padrão, ou seja, superiores a  $9^\circ$  de inclinação, identificaram-se 161 casos.

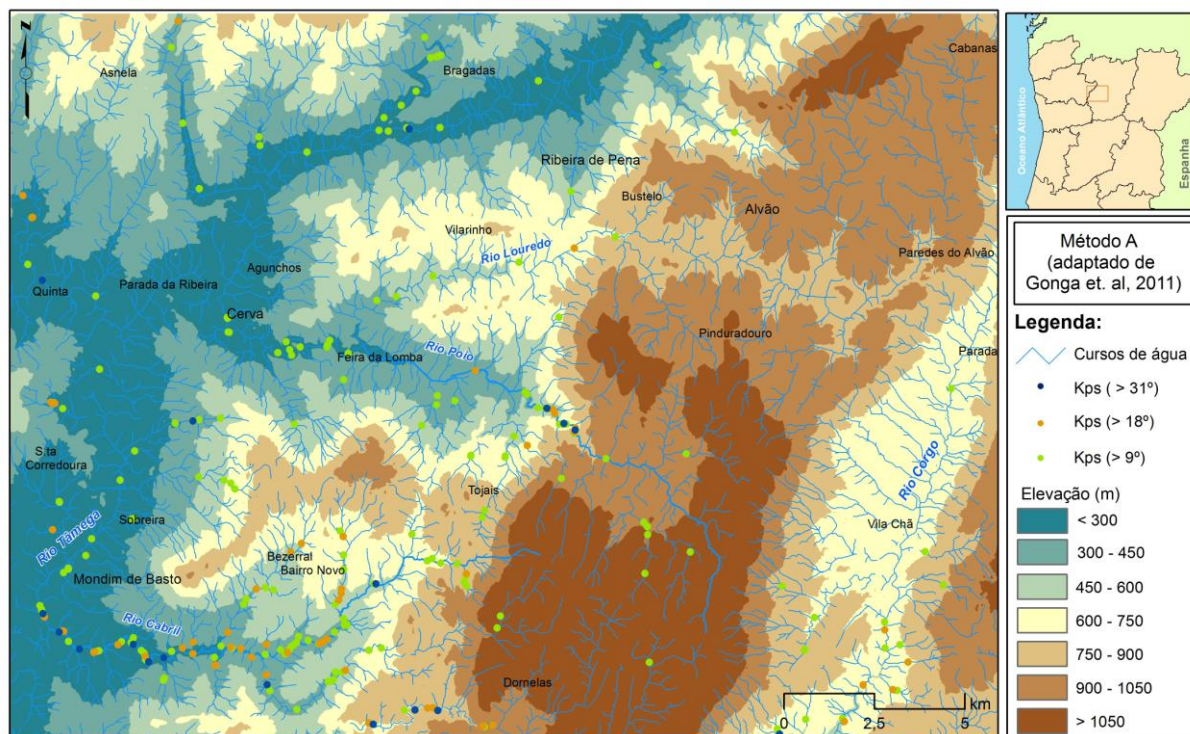


Figura 2 – Localização dos *knickpoints* identificados mediante a aplicação do método A para a área de estudo.

Para realizar uma análise comparativa entre o método de Gonga-Saholiariliva *et al.*, (2011) e o método convencional, realizamos os perfis longitudinais dos rios Poio e Cabril. Decidimos sobrepor os *Kps*

obtidos pelo método automático aos extraídos a partir da análise do perfil longitudinal do rio (fig. 3). Examinando o resultado, verifica-se que segundo o método convencional detetam-se apenas os *Kps* cujo grau de inclinação longitudinal é maior, todavia, com este método identificam-se rupturas que o método A não identifica. Quanto aos valores de *Kps*, verificamos uma discrepância importante do número de *Kps* no que diz respeito ao rio Cabril. Apesar das diferenças, estes resultados são bastante relevantes, uma vez que se complementa a informação obtida a partir dos dois métodos, e rapidamente se percebe quais são os pontos de ruptura detectados automaticamente que coincidem com os extraídos de forma manual.

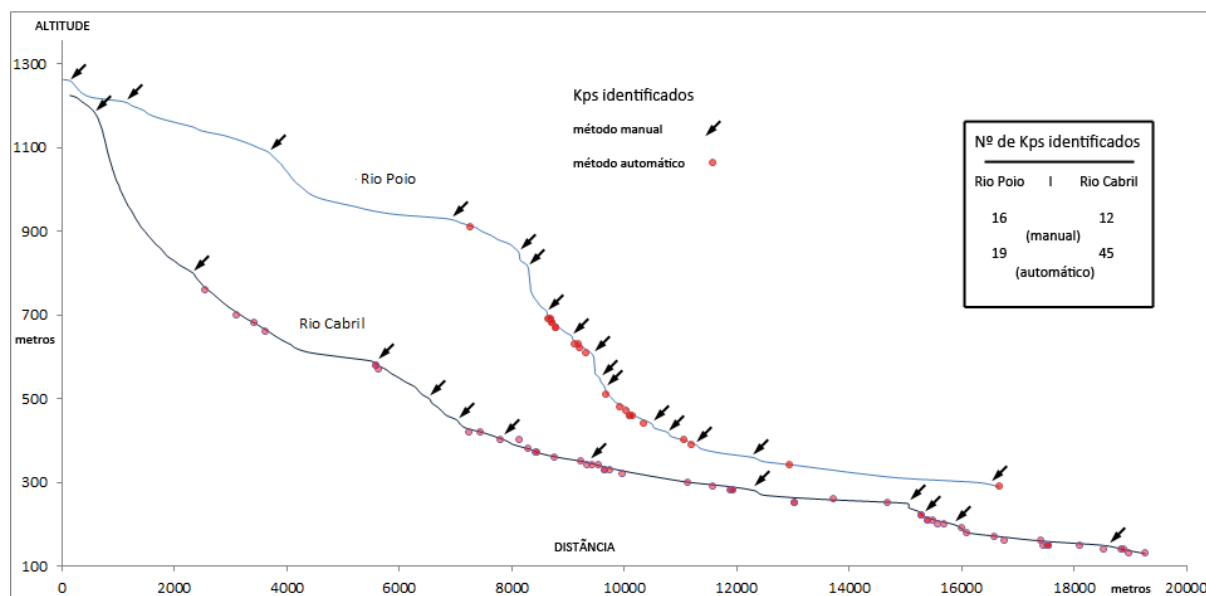


Figura 3 – Comparação dos *knickpoints* obtidos pelos dois métodos para os rios Cabril e Poio.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O método automático revela-se uma ferramenta ágil na identificação rápida de possíveis *knickpoints*, contribuindo para melhorar e otimizar o seu reconhecimento. Contudo, parece-nos ser mais útil quando aplicado a grandes áreas de estudo, uma vez que realizar perfis longitudinais de forma manual é um processo bastante moroso.

Efectivamente, a identificação de *Kps* permite ampliar a análise numa fase posterior, com a diferenciação dos *Kps* transitórios (relacionados com a regularização do perfil fluvial) dos permanentes (substrato rochoso mais resistente). Como interpretações mais interessantes, podem detectar-se sucessivas fases de regularização do leito de um curso de água e estimar-se as respectivas incisões fluviais.

Nos próximos trabalhos faremos deslocações ao terreno para testar a eficácia do método A, mediante uma validação de campo precisa que sustente a sua quantificação e aplicação. Assim, as conclusões relativas a este método contribuem essencialmente para abrir pistas de investigação e manter uma abertura crítica em relação aos métodos de identificação automática de *knickpoints* e/ou *knickzones*.

#### 5. REFERÊNCIAS

Bishop, P.; Hoey, T. B.; Jansen, J. D.; Artza, I. L (2005) – “Knickpoint recession rate and catchment area: the case of uplifted rivers in Eastern Scotland”. *Earth Surface Processes and Landforms*, 30, pp.767-778.

- Ferreira, C. (2010) - *Knickpoints na bacia hidrográfica do rio Douro: Distribuição, análise e Implicações na evolução da rede de drenagem fluvial*. Dissertação de Mestrado, Universidade do Porto, 126 p.
- Gonga-Saholiariliva, N.; Gunnell, Y.; Harbor D.; Mering C. (2011) – “An automated method for producing synoptic regional maps of river gradient variation: Procedure, accuracy tests, and comparison with other knickpoint mapping methods”. *Geomorphology*, 134, pp. 394-407.
- Hayakawa, Y.S. & Oguchi, T. (2006) – “DEM based identification of fluvial knickzones and its application to Japanese mountain rivers”. *Geomorphology*, 78(1-2), pp. 90-106.
- Hayakawa, Y.S. & Oguchi, T. (2009) – “GIS analysis of fluvial knickzone distribution in Japanese mountain watersheds”. *Geomorphology*, 111, pp. 27-37.
- Larue, J.P. (2008) – “Effects of tectonics and lithology on long profiles of 16 rivers of the southern Central Massif border between the Aude and the Orb (France)”. *Geomorphology*, 93, pp. 343-367.
- Schumm, S.A., Dumont, J. & Holbrook, J. (2002) – *Active Tectonics and Alluvial Rivers*. Cambridge University Press, 232 pp.
- Seidl, M.A., Dietrich, W.E. & Kirchner, J.W. (1994) – “Longitudinal profile development into bedrock: an analysis of Hawaiian channels”. *Journal of Geology*, 102, pp. 457-474.