

## INCISÃO FLUVIAL EM TRIBUTÁRIOS DO RIO DOURO, *UPLIFT* REGIONAL E CONTROLO LITOLÓGICO NA EVOLUÇÃO DOS PERFIS LONGITUDINAIS

### FLUVIAL INCISION ON THE DOURO RIVERS TRIBUTARIES, REGIONAL *UPLIFT* AND LITHOLOGICAL CONTROLS ON THE LONGITUDINAL PROFILES EVOLUTION.

Martins, António, *Centro de Geofísica, Dep. Geociências, Universidade de Évora, Portugal, aam@uevora.pt*

Gomes, António, *Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território, Dep. de Geografia da Universidade do Porto, Portugal, albgomes@gmail.com*

Cunha, Pedro, *Centro de Ciências do Mar e do Ambiente Dep. de Ciências da Terra, Universidade de Coimbra, Portugal; pcunha@dct.uc.pt*

Cabral, João, *Instituto Dom Luiz, Departamento de Geologia, Universidade de Lisboa, Portugal, jcabral@fc.ul.pt*

## RESUMO

Neste artigo analisam-se alguns perfis longitudinais de afluentes do rio Douro. Estes afluentes correm numa paisagem marcada por variações constantes de litologia, sistema de falhas (ex: falha da Vilariga) e descida do nível de base. Os tributários do rio Douro exibem um troço com forma côncava a montante e um troço rejuvenescido a jusante, separados por uma rotura de declive (knickpoint/knickzone). O troço côncavo a montante corresponde a um perfil relíquia regularizado, de idade provável Placenciano – Gelasiano, enquanto o troço rejuvenescido resulta do prosseguimento de vagas de incisão, relacionadas com o escavamento fluvial durante o Plistocénico. Usou-se a projecção do perfil relíquia para estimar a máxima incisão na desembocadura e o equivalente *uplift* crustal. Os diferentes valores da incisão fluvial que variam de cerca de 400 m no rio Coa a mais de 600 m no rio Paiva refletem o *uplift* diferencial da superfície da Meseta e dos Planaltos Centrais. As taxas de incisão, calculadas pressupondo o início do encaixe da drenagem entre 2,5 e 1,8 e Ma são consistentes com o *uplift* regional calculado em trabalhos anteriores nesta região.

## ABSTRACT

In this paper it's analyzed some longitudinal profiles of Douro river tributaries. These streams flow through a landscape strongly influenced by variations in bedrock lithology, fault structures (e.g. Vilariga fault) and a base-level lowering history (tectonic *uplift* / eustatic). The Douro tributaries display an upstream concave up reach and a downstream rejuvenated profile separated by a transient knickpoint/knickzone. The upstream concavity up reach reflects a relict graded profile, of probable Piacenzian – Gelasian age, while the rejuvenated profile, represents the on-going transmission of several incision waves, linked to the Pleistocene - present stage of fluvial incision. Downstream projection of the relict graded profile was used to estimate the maximum fluvial incision at the stream mouth and the equivalent crustal *uplift*. The amount of incision ranges from ca 400 m in Coa river up to more than 600 m in the Paiva river, reflecting the differential *uplift* of the Meseta surface and the Central Plateaus. Incision rates calculated assuming *ca* of 2,5 to 1,8 Ma for the beginning of the incision are consistent with the amount of the *uplift* estimated in early works.

**Palavras-chave:** Afluentes do Rio Douro, knickpoints, movimentos verticais, incisão fluvial

**Keywords:** Douro river tributaries, knickpoints, crustal *uplift*, fluvial incision

## 1. INTRODUÇÃO

No interior do território, longe do litoral e da ligação directa com o nível do mar, as superfícies de erosão e os terraços fluviais são usados como marcadores para inferir movimentos verticais da crosta. Neste contexto, costumam usar-se os terraços fluviais, a sua relação com os perfis longitudinais dos rios e as características destes perfis como referências para calcular a taxa de incisão fluvial de longo prazo, a qual é considerada como um razoável equivalente do *uplift* regional (e.g. Merritts *et al.*, 1994; Burbank e Anderson, 2001).

No Maciço Hespérico, nas áreas mais interiores do território, como a região a sul do Douro (Figura 1), coexistem ainda retalhos de uma extensa superfície de erosão, a Meseta Ibérica, e troços de perfis longitudinais de afluentes do rio Douro, pouco encaixados que atingiram um nível de regularização que se aproxima do “perfil de equilíbrio”. Este, no troço mais a montante, corresponde a uma forma herdada (perfil relíquia), regularizado em função de um nível de base mais alto do que o actual.

Nos troços mais a montante dos rios faltam muitas vezes os terraços fluviais. Nestes casos, os perfis longitudinais são os únicos marcadores possíveis para determinar a incisão fluvial, desencadeada pela descida do nível de base. Neste trabalho utiliza-se o perfil relíquia dos afluentes da margem esquerda do rio Douro (Figura 1) para determinar a incisão fluvial desde o início do seu encaixe na superfície da Meseta Ibérica. Utilizando os valores da incisão, pretende-se obter uma estimativa dos movimentos verticais da crosta.

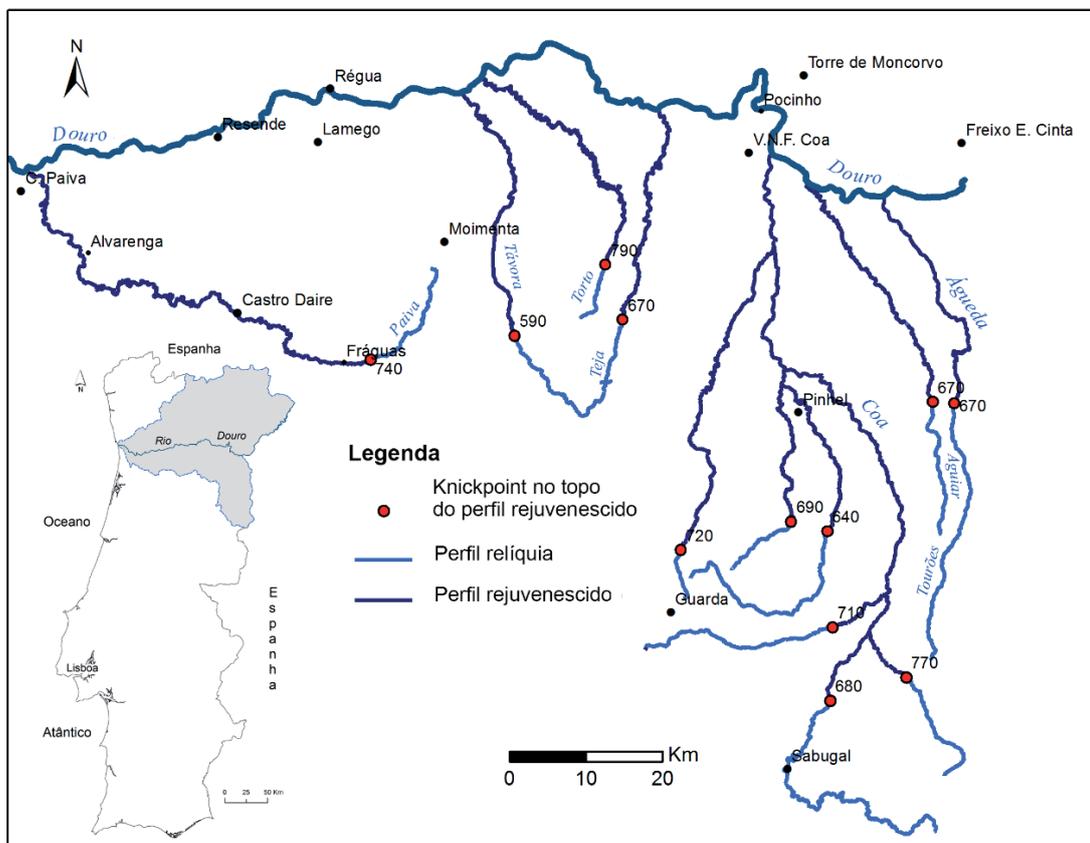


Figura 1 – Área de estudo e afluentes do rio Douro analisados neste trabalho. Os números correspondem à altitude dos *knickpoints* no topo do perfil rejuvenescido.

## 2. MÉTODOS

Os perfis longitudinais dos tributários do rio Douro foram levantados manualmente, utilizando cartas topográficas 1:25 000, com a intersecção das linhas de água pelas curvas de nível com equidistância natural de 10 m. Para identificar o perfil relíquia e o perfil rejuvenescido fez-se a representação gráfica do logaritmo natural do comprimento (ln. L) *versus* o logaritmo natural do gradiente (ln. S), em cada afluente do rio Douro. Numa estreita comparação com modelos digitais de terreno e mapa geológico, este tipo de representação permite diferenciar o perfil relíquia (regularizado e coincidente com as áreas melhor conservadas da Meseta) do perfil rejuvenescido (em fase de ajustamento e coincidente com as áreas de relevo mais dissecado), assim como roturas de declive relacionadas com a litologia. Para calcular o valor da incisão fluvial fez-se a projecção do perfil relíquia até à desembocadura, utilizando a equação matemática do perfil de equilíbrio (Goldrick e Bishop, 2007; Equação 1).

$$H = H_0 - k \frac{L^{1-\lambda}}{1-\lambda} \quad [1]$$

onde  $H$  é a altitude do perfil de equilíbrio,  $H_0$  é uma estimativa teórica da altitude da divisória da drenagem, admitindo que os processos hidráulicos do curso de água são activos até este ponto,  $k$  e  $\lambda$  são constantes que traduzem a inclinação e concavidade da curva na Equação 2. Esta equação traduz a relação do gradiente ( $S$ ) *versus* comprimento ( $L$ ).

$$S = kL^{-\lambda} \quad [2]$$

Os valores da incisão foram calculados subtraindo à altitude do perfil relíquia na desembocadura a cota do leito actual.

## 3. RESULTADOS

Os afluentes do rio Douro, analisados neste trabalho, conservam na sua parte mais a montante um perfil relíquia (muito antigo), cuja forma se aproxima do "perfil de equilíbrio" e um perfil rejuvenescido a jusante, em fase de ajustamento a um novo nível de base, mais baixo do que o nível de base para o qual foi ajustado o perfil relíquia (Figuras. 2 e 3). Os dois perfis encontram-se separados por uma rotura de declive no perfil longitudinal (*slope-break knickpoint*), reconhecida à escala regional em todos os afluentes (Figura 1).

No perfil rejuvenescido vários *kinckpoints* com origem litológica (*vertical-step knickpoints*) salientam-se na passagem de rochas metassedimentares para rochas granitóides.

Os valores da incisão fluvial (Quadro 1) são mais elevados nos afluentes com trajecto nas áreas mais interiores da Meseta Ibérica (rio Águeda e Cesarão) e menores nos afluentes do rio Douro que escoam nesta superfície, junto à falha da Vilarça (rio Côa e seu afluente Massueime). Nos Planaltos Centrais (Quadro 2), a Oeste da falha da Vilarça, os valores da incisão fluvial são superiores aos valores da incisão fluvial dos cursos de água que correm na superfície da Meseta, imediatamente a E deste acidente. Os valores mais elevados de incisão fluvial (rio Paiva e rio Torto) ultrapassam mesmo os valores de incisão fluvial dos afluentes do rio Douro que correm nas áreas mais interiores da Meseta Ibérica, próximo da fronteira com Espanha (rio Águeda, rio Cesarão e rio Aguiar).

Quadro 1 – Valores de incisão e taxas de incisão calculadas para os afluentes e subafluentes do rio Douro que correm na superfície da Meseta a E da falha da Vilariga.

| Curso de Água | Incisão (m) | Taxa (mm/ano) |
|---------------|-------------|---------------|
| Côa           | 405         | 0,16 – 0,22   |
| Massueime     | 402         | 0,16 – 0,22   |
| Pega          | 435         | 0,17 – 0,24   |
| Tourões       | 458         | 0,18 – 0,25   |
| Cabras        | 485         | 0,19 – 0,26   |
| Noemi         | 476         | 0,19 – 0,26   |
| Aguiar        | 477         | 0,19 – 0,26   |
| Cesarão       | 524         | 0,20 – 0,29   |
| Águeda        | 525         | 0,21 – 0,29   |

Quadro 2 – Valores de incisão e taxas de incisão calculadas para os afluentes e subafluentes do rio Douro que correm a W da falha da Vilariga.

| Curso de Água | Incisão (m) | Taxa (mm/ano) |
|---------------|-------------|---------------|
| Távora        | 458         | 0,18 – 0,25   |
| Teja          | 482         | 0,19 – 0,26   |
| Torto         | 654         | 0,26 – 0,36   |
| Paiva         | 612         | 0,24 – 0,34   |

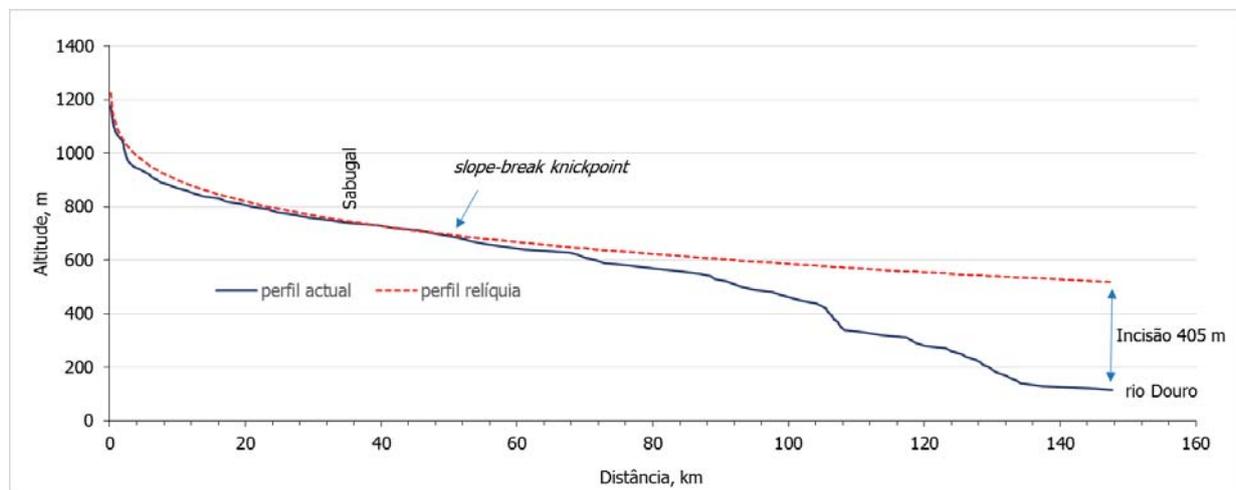


Figura 2 – Perfil longitudinal do rio Côa com projecção do perfil relíquia até à desembocadura no rio Douro. A rotura de declive (*slope-break knickpoint*), que separa o perfil relíquia do perfil rejuvenescido situa-se alguns quilómetros a jusante do Sabugal, aproximadamente a 50 km da nascente.

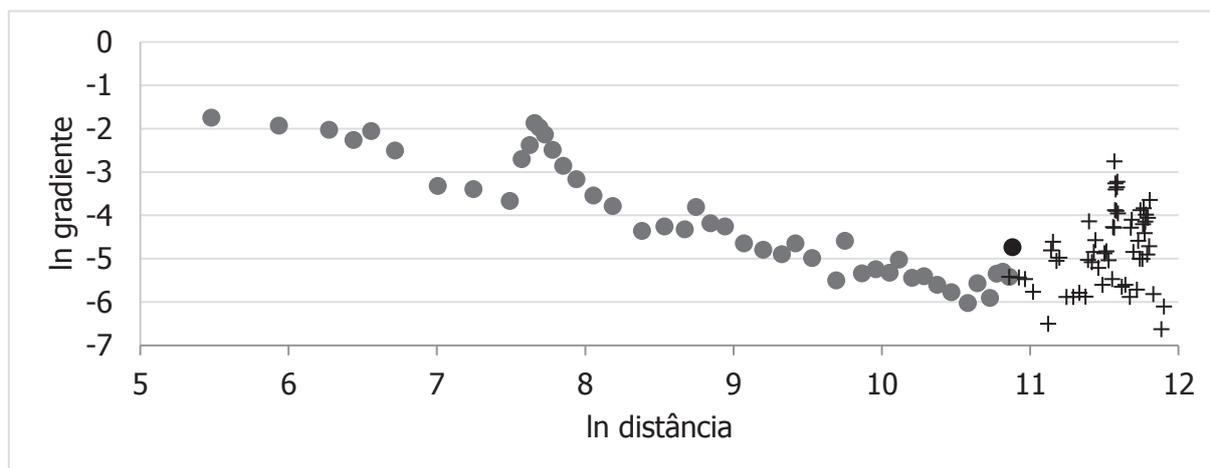


Figura 3 – Rio Côa, projecção dos dados logaritmizados da distância e do gradiente. Os círculos representam o perfil relíquia com um *knickpoint* próximo das cabeceiras, as cruzes correspondem ao perfil rejuvenescido com dois *knickpoints* de origem litológica (*vertical-step knickpoint*).

#### 4. DISCUSSÃO

Os valores máximos da incisão fluvial, calculados na desembocadura dos afluentes e sub-afluentes do rio Douro (Quadros 1 e 2) são compatíveis com movimentos verticais diferenciais da superfície da Meseta. Os valores do quadro 1 sugerem maior levantamento da superfície da Meseta, na região mais interior do território, onde escoam o rio Águeda, o rio Cesarão e o rio Aguiar e menor levantamento vertical do lado ocidental, próximo da falha da Vilarça, onde correm o rio Côa e seu afluente Massueime. Os valores do quadro 2 confirmam, de igual modo, um levantamento diferencial no interior dos Planaltos Centrais durante a fase de encaixe da rede e o maior levantamento destes planaltos relativamente à superfície da Meseta. As taxas de incisão fluvial são compatíveis com as taxas de levantamento tectónico estimadas para o interior do território nos últimos 3 Ma (Cabral, 2012). Estas taxas de incisão deverão ser encaradas como uma primeira aproximação, tendo em conta as incertezas sobre o início do encaixe da drenagem, ao facto de nem sempre os valores do encaixe fluvial reflectirem, na plenitude, os valores do *uplift* (Westaway *et al.*, 2009; Bridgland *et al.*, 2012) e ao facto dos perfis relíquia continuarem a rebaixar a uma taxa igual àquela para qual foram previamente ajustados (Kirby e Whipple, 2012).

#### 5. CONCLUSÕES

O troço relíquia dos afluentes do Douro corresponde a uma forma herdada de um perfil longitudinal antigo, modelado em função de um nível de base mais alto do que actual. Atendendo ao grau de regularização atingido, o troço relíquia aproxima-se da forma do “perfil de equilíbrio” e, por conseguinte, pressupõe uma estabilização prolongada do nível de base, que em alguns afluentes poderá ter sido endorreico.

Os troços rejuvenescidos são interpretados como formas transitórias, (*transient forms*) ajustando-se em função de um *forcing* de longa duração (levantamento regional), o qual se traduziu numa descida relativa do nível de base de erosão.

O *uplift* diferencial e a litologia explicam certas diferenças nos valores da incisão dos tributários do Douro, bem como a formação de *knickpoints* permanentes (*vertical-step knickpoints*).

## AGRADECIMENTOS

Este estudo foi suportado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia, através dos projectos PTDC/GEO-GEO/2860/2012, UID/MAR/04292/2013 – MARE, UID/GEO/50019/2013 – Instituto Dom. Luís e UID/GEO/04683/2013 – Instituto de Ciências da Terra - ICT.

## REFERÊNCIAS

- Bridgland D; Westaway R; Romieh M; Candy I; Daoud M; Demir T; Galiatsatos N; Schreve D; Seyrek A; Shaw A; White T; Whittaker J (2012) The River Orontes in Syria and Turkey: Downstream variation of fluvial archives in different crustal blocks. *Geomorphology*, 165–166: 25–49.
- Burbank D; Anderson R (Eds) (2001) *Tectonic Geomorphology*, Blackwell Science, Massachusetts.
- Cabral J (2012) Neotectonics of mainland Portugal: state of the art and future perspectives. *Journal of Iberian Geology*, 38: 71 – 84.
- Goldrick G; Bishop P (2007) Regional analysis of bedrock stream long profiles: Evaluation of Hack's SL form, and formulation and assessment of an alternative (the DS form). *Earth Surface Processes and Landforms*, 32: 649-671.
- Kirby E; Whipple K (2012) Expression of active tectonics in erosional landscapes, *Journal of Structural Geology*, 44: 54-74.
- Merritts D J; Vincent K R; Wohi E E (1994) Long river profiles, tectonism, and eustacy: A guide to interpreting fluvial terraces, *Journal of Geophysical Research* 99, No. B7, 14,031-14,050.
- Westaway R; Bridgland D; Sinha R; Demir T (2009) Fluvial sequences as evidence for landscape and climatic evolution in the Late Cenozoic: A synthesis of data from IGCP 518. *Global and Planetary Change* 68: 237–253.



# VII CONGRESSO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA

## GEOMORFOLOGIA 2015



**ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DE GEOMORFÓLOGOS**  
**VOLUME IX**

**LISBOA**  
**2015**



**VII CONGRESSO NACIONAL DE  
GEOMORFOLOGIA**

**GEOMORFOLOGIA 2015**

ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DE GEOMORFÓLOGOS

LISBOA, 2015

**Título:** VII Congresso Nacional de Geomorfologia. Geomorfologia 2015

**Editor:** Associação Portuguesa de Geomorfólogos

**Comissão editorial:** José Luís Zêzere, Jorge Trindade, Raffaello Bergonse, Ricardo A. C. Garcia, Sérgio Cruz de Oliveira, Susana Pereira,

**Comissão científica:** Adélia Nunes, Albano Figueiredo, Ana Ramos Pereira, António Alberto, António Campar de Almeida, António Martins, Assunção Araújo, Carlos Bateira, Catarina Ramos, Diamantino Pereira, Eusébio Reis, Fernando Costa, Francisco Gutierrez, Gonçalo Vieira, Hélder Chaminé, Helena Granja, Isabel Paiva, João Forte, Jorge Trindade, José Gomes, José Luís Zêzere, José Teixeira, Laura Soares, Leonardo Santos, Luca Dimuccio, Lúcio Cunha, Manuela Abreu, Marc Oliva, Maria José Roxo, Mário Neves, Óscar Ferreira, Paulo Pereira, Pedro Proença e Cunha, Raffaello Bergonse, Ricardo Carvalhido, Ricardo A. C. Garcia, Rui Marques, Sérgio Cruz de Oliveira, Susana Pereira, Virgínia Henriques, Virgínia Teles

**Capa (conceção):** Sérgio Cruz de Oliveira,

**Logotipo (conceção):** Raffaello Bergonse

**Fotografia da capa:** Sérgio Cruz de Oliveira

**ISBN:** 978-989-96462-6-1

Lisboa, outubro 2015

Associação Portuguesa de Geomorfólogos  
Departamento de Geografia  
Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra  
Colégio de S. Jerónimo  
3004-530 Coimbra  
Email: [apeom.dir@apeom.pt](mailto:apeom.dir@apeom.pt)