



www.ugb.org.br  
ISSN 2236-5664

## Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 13, nº 2 (2012)



# ESTUDO DA EVOLUÇÃO DA ESCARPA ENTRE AS BACIAS DO DOCE/PARANÁ EM MINAS GERAIS ATRAVÉS DA QUANTIFICAÇÃO DAS TAXAS DE DESNUDAÇÃO

## STUDY OF RELIEF EVOLUTION OF ESCARPMENT BETWEEN DOCE /PARANÁ BASINS IN MINAS GERAIS STATE - SOUTHEASTERN BRAZIL BY QUANTIFICATION DENUDATION RATES

**André Augusto Rodrigues Salgado**

*Departamento de Geografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais - Avenida Antônio Carlos, Nº 6.627 Pampulha - Belo Horizonte/MG - CEP 31270-901 - e-mail: geosalgado@yahoo.com.br*

**Leilane Cristina Gonçalves Sobrinho**

*Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais - Avenida Antônio Carlos, Nº 6.627 Pampulha - Belo Horizonte/MG - CEP 31270-901 - e-mail: leilanesobrinho@yahoo.com.br*

**Luís Felipe Soares Cherem**

*Instituto de Estudos Sócio-Ambientais da Universidade Federal de Goiás - IESA, Campus II (Samambaia), CP 131, CEP 74001-970 - Goiânia/GO - Brasil - e-mail: luis.cherem@gmail.com*

**César Augusto Chicarino Varajão**

*Departamento de Geologia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto - Campus do Morro do Cruzeiro - Ouro Preto/MG - CEP 35400-000 - cesarvarajao@gmail.com*

**Didier Bourlès**

*Centre Européen de Recherche et d'Enseignement des Géosciences de l'Environnement/França - CEREGE UMR 7330  
Europôle Méditerranéen de l'Airbois - Avenue L. Phillibert BP80 - Aix-en-Provence - França - Code Postale 13.545 -  
e-mail: bourles@cerege.fr*

**Régis Braucher**

*Centre Européen de Recherche et d'Enseignement des Géosciences de l'Environnement/França - CEREGE UMR 7330  
Europôle Méditerranéen de l'Airbois - Avenue L. Phillibert BP80 - Aix-en-Provence - França - Code Postale 13.545 -  
e-mail: braucher@cerege.fr*

**Breno Ribeiro Marent**

*Universidade Federal de Minas Gerais - Avenida Antônio Carlos, Nº 6.627 Pampulha - Belo Horizonte/MG - CEP 31270-901 - e-mail: brenomarent@yahoo.com.br*

---

## Informações sobre o Artigo

Data de Recebimento:  
06/06/2011

Data de Aprovação:  
25/05/2012

### Palavras-chave:

Recuo de escarpamento, evolução do relevo, isótopo cosmogênico  $^{10}\text{Be}$ , captura fluvial.

### Keywords:

Escarpment retreat, relief evolution,  $^{10}\text{Be}$  cosmogenic nuclide, stream capture.

## Resumo

Escarpamentos na forma de degraus do relevo e que limitam duas diferentes bacias hidrográficas são comuns no leste de Minas Gerais. O presente trabalho investigou a evolução do que delimita as bacias hidrográficas do rio Doce (porção leste e inferior da escarpa) com a bacia hidrográfica do rio Paraná (porção oeste e superior da escarpa) via mensuração das taxas quaternárias de desnudação através do isótopo cosmogênico  $^{10}\text{Be}$ . Os resultados obtidos demonstram que as taxas de desnudação mensuradas possuem íntima relação com a compartimentação do relevo, sendo baixas no planalto superior (bacia hidrográfica do rio Paraná), médias na porção deste planalto superior que foi capturado para a bacia hidrográfica do rio Doce e altas na escarpa. Permitem ainda compreender que o relevo regional evoluiu através de um duplo front de regressão: o primeiro se caracteriza pelo recuo da escarpa e o segundo, localizado mais a oeste, pelas capturas fluviais. Neste contexto, comprova-se a retração do escarpamento para oeste, fato que faz com que a bacia hidrográfica do rio Doce ganhe área em detrimento da bacia hidrográfica do rio Paraná.

## Abstract

Escarpmnts that presents form of steps in relief and that limit two different basins are common in eastern of Minas Gerais State in Brazil. This paper investigated the evolution of the escarpment that delimits the Doce catchments (the lower and the eastern portion of the escarpment) from the Paraná catchments (the higher and the western portion of the escarpment) by measurement of the quaternary denudation rates by  $^{10}\text{Be}$  cosmogenic nuclide. The results demonstrate that denudation rates measured are closely related to the relief: (i) lower rates in the upper plateau (Paraná catchments); (ii) middle rates on the upper plateau that was captured into the Doce catchments and; (iii) higher rates on the escarpment. It was also possible to understand that the regional relief evolved by double front: the first front is characterized by escarpment backwearing and the second, located further west, by the river captures and downwearing. In this context, it is proved the retraction of the escarpment into the west and, for consequence, the Rio Doce catchments is gaining area at the expense of the Paraná catchments.

---

## Introdução

A margem passiva brasileira, especialmente na região sudeste, tem sua paisagem marcada por uma série de serras e conjuntos de elevações como, por exemplo, a Serra do Mar, a Serra da Mantiqueira e a Serra do Espinhaço Meridional (Valadão, 1998). Este fato faz com que a paisagem da porção leste do Brasil possua uma série de degraus no relevo, visto que muitas destas serras são na verdade escarpas que delimitam um planalto inferior – normalmente localizado a leste do escarpamento - de um planalto superior – a oeste.

A gênese de muitos destes escarpamentos é relacionada com a tectônica (Almeida & Carneiro, 1998; Valadão, 1998; Riccomini et al., 2004; Saadi et al., 2005). Entretanto, alguns deles não parecem estar, diretamente, relacionados a esse processo, visto que mapeamentos geológicos não demarcam neles ou na regiões próximas, sistemas de falhas. Este é, parcialmente, o caso dos escarpamentos na forma de degrau no relevo que delimitam as bacias hidrográficas dos rios Doce, Paraíba do Sul, São

Francisco e Paraná no leste de Minas Gerais. Os mesmos podem ter sua gênese inicial relacionada a uma escarpa de falha e, neste caso, constituírem-se como escarpas de falha que graças a erosão recuaram de sua posição original. Entretanto, mesmo que seja esse o caso, as mesmas já se encontram desconectadas da falha que as originou. Sendo assim, nestes casos, a diferença de nível de base entre as bacias hidrográficas que o escarpamento delimita, constitui o principal fator controlador da evolução da escarpa. Sobretudo em áreas como o leste de Minas Gerais onde o substrato de ambos os lados da escarpa é o mesmo: granitos, gnaisses e migmatitos.

Neste contexto, o presente trabalho investiga a evolução geomorfológica quaternária da escarpa na forma de degrau no relevo que delimita, no leste de Minas Gerais, as bacias dos rios Doce e Paraná. Tal investigação tem por base a mensuração das taxas de desnudação quaternária em ambas as vertentes do escarpamento via utilização do isótopo cosmogênico  $^{10}\text{Be}$ .

### O divisor hidrográfico entre as bacias do Doce e Paraná no leste de Minas Gerais

O limite hidrográfico entre as bacias dos rios Doce e Paraná se localiza na porção leste/sudeste de Minas Gerais, entre os municípios de Barbacena e Carandaí (Figura 1). Morfologicamente constitui um degrau no relevo onde

um planalto superior – bacia hidrográfica do rio Paraná – é separado de um planalto inferior – bacia hidrográfica do rio Doce – por uma escarpa (Figura 2). O limite entre ambas as bacias é quase completamente coincidente com a porção superior - *front* - desta escarpa. Entretanto, a parte do planalto superior localizado mais próxima da escarpa é drenado em direção ao rio Doce.

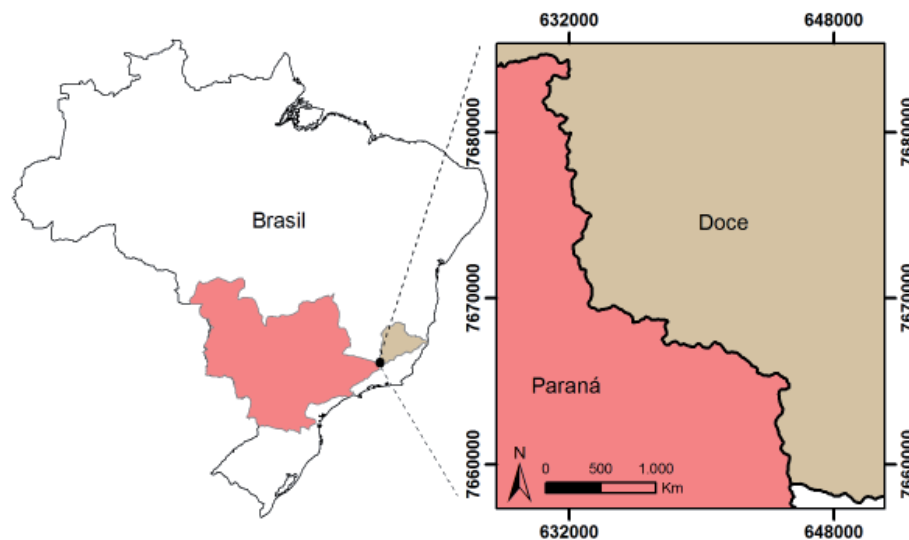


Figura 1 - Localização da área de estudo

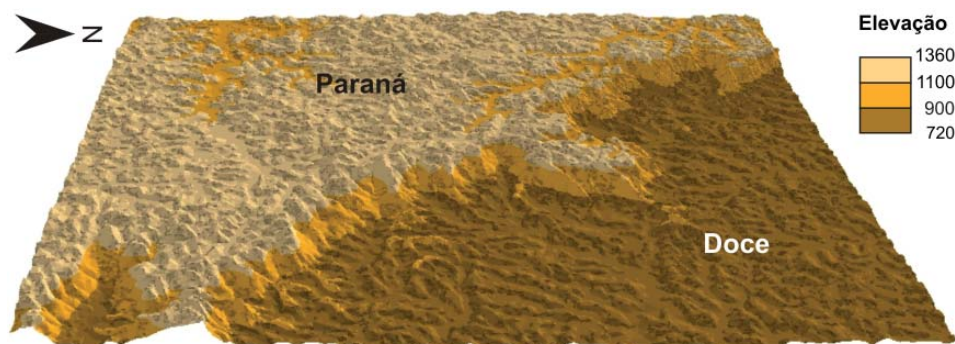


Figura 2 - Modelo Digital de Elevação da área de estudo

O substrato da região consiste basicamente de granitognaisses pertencentes aos complexos Ressaquinha e Mantiqueira (Brandalise, 1991; CPRM, 2003). Não existem na região do limite hidrográfico estruturas maiores como, por exemplo, falhas ou fraturas que possam ser relacionadas como a origem da escarpa ou que possam estar influenciando na evolução quaternária da mesma. No que se refere ao relevo, inexistem trabalhos que tenham investigado a área de forma mais detalhada. Entretanto, nas escarpas adjacentes - localizadas entre as bacias hidrográficas do Paraíba do Sul e do

Doce e entre a do Doce e a do São Francisco - estudos já comprovaram uma tendência de que as bacias hidrográficas topograficamente mais rebaixadas capturem área das que possuem nível de base mais elevado (Cherem *et al.* in press a; Cherem *et al.* in press b).

O clima regional pode ser definido como tropical semi-úmido. A temperatura anual média é de aproximadamente 19° e a estação seca se estende de Abril a Setembro e a úmida de Outubro a Março (Cupollilo, 2008). Os solos são profundos e evoluídos, sendo rara a presença de aflo-

ramentos rochosos (Pinto, 1995). A vegetação original é a floresta semidecidual. Entretanto, esta foi, em ambos os compartimentos, em boa parte suprimida para dar lugar a pastagens.

## Métodos

Os procedimentos metodológicos se iniciaram com sensoriamento remoto e trabalhos de campo. Estas etapas objetivaram gerar um mapa de unidades do relevo para a área investigada, bem como fornecer um maior conhecimento da área de estudo que embasasse a escolha das bacias hidrográficas a terem seus sedimentos amostrados.

As imagens utilizadas para o sensoriamento remoto foram ASTER GDEM com resolução de 30 metros. Com base no sensoriamento remoto, nas cartas geológicas (CPRM, 2003) e no banco de dados GEOMINAS – escala 1:100.000 – foi elaborada com auxílio do Software ArcGis 9.3, uma coleção de mapas temáticos – declividade, amplitude do relevo, hipsometria e Modelo Digital de Elevação – que embasou a proposta de mapeamento de unidades do relevo da área de estudo. Vale ainda ressaltar que o mapa de unidade do relevo foi elaborado por meio de adaptação do método indicado no Manual Técnico de Geomorfologia do IBGE (2009) tendo como escala de trabalho o terceiro táxon. Esta adaptação consistiu na introdução da unidade do relevo *escarpa* no mapeamento. Os compartimentos do relevo foram definidos com base nas variáveis topográficas e morfológicas da paisagem. Logo, os trabalhos de campo também auxiliaram na identificação dos compartimentos do relevo. Vale ressaltar que, durante os trabalhos de campo, além da identificação das unidades do relevo, foi realizada a coleta de amostras para mensuração do isótopo cosmogênico  $^{10}\text{Be}$ , bem como, procurou-se identificar capturas fluviais através da observação de vales secos e ou super-dimensionados e cotovelos de captura na rede de drenagem.

Para amostragem de sedimentos para a mensuração do isótopo cosmogênico  $^{10}\text{Be}$  foram selecionadas oito pequenas bacias hidrográficas – área de 0,50 até 22,85  $\text{km}^2$  – que se localizam em três diferentes compartimentos geomorfológicos da área de estudo (Figura 3): (i) três no *Planalto Superior do Paraná*; (ii) duas no *Planalto Superior do Alto Rio Doce* e; (iii) três nas *Escarpas do Alto Rio Doce*. Deve-se ressaltar que o mapa de unidades do relevo identificou ainda um quarto compartimento na área de estudo: *Planalto Inferior do Alto Rio Doce*. Entretanto, esta unidade, por não estar diretamente envolvida na evolução da escarpa, não teve bacias amostradas em seu interior.

As amostras (PB6, PB7 e PB8) localizadas no primeiro dos três compartimentos - *Planalto Superior*

*do Paraná* - visaram mensurar as taxas de desnudação das cabeceiras de drenagem da bacia hidrográfica do rio Paraná. Já as amostras (PB2, PB3 e PB5) do terceiro compartimento - *Escarpas do Alto Rio Doce* – objetivaram mensurar as taxas de desnudação da escarpa em si. Por fim, as duas amostras (PB1 e PB4) localizadas *Planalto Superior do Alto Rio Doce* objetivaram mensurar as taxas de desnudação da porção do planalto superior adjacente a escarpa. Vale ainda ressaltar que um critério para a escolha de todas estas bacias hidrográficas foi a baixa interferência antrópica.

Para análise do isótopo cosmogênico  $^{10}\text{Be}$ , foram coletadas cerca de 300 gramas de sedimentos fração areia no meio dos canais fluviais amostrados. Estes sedimentos foram então encaminhados ao Laboratório de Geomorfologia da Universidade Federal de Minas Gerais. Neste laboratório foram peneiradas, tendo sido selecionados cerca de 70 gramas de grãos de quartzo na granulometria entre 1,00 e 0,25mm. Estes grãos selecionados foram então lavados e secados. Em seguida, os grãos de quartzo foram purificados pela adição de uma solução de 100ml dos ácidos HCl (50%) e  $\text{H}_2\text{SiF}_6$  (50%). Após esta etapa as amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Isótopos Cosmogênicos do Centre Européen de Recherche et d'Enseignement des Géosciences de l'Environnement (CEREGE) na França onde, por meio de três adições sequenciais de 20ml de HF puro com intervalos de 24 horas entre cada adição, foi eliminado o  $^{10}\text{Be}$  atmosférico. Após isso, em cada amostra foram adicionados 0,3ml de  $^9\text{Be}$  que serviu como elemento traçador. As amostras então foram solubilizadas em HF puro. Extrações químicas sucessivas com base em solventes e ácidos ( $\text{HNO}_3$ ) permitiram a recuperação do  $^9\text{Be}$  e do  $^{10}\text{Be}$  dissolvidos na solução de HF. Após esta etapa, o  $^{10}\text{Be}$  foi mensurado através de acelerador espectrômico de massas (Tandétron AMS Facility, Aix-en-Provence/França). A mensuração da relação entre  $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$  foi calibrada segundo The National Institute of Standards and Technology (NIST). Para validação dos resultados foi utilizado o padrão internacional SRM 4325  $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$  ( $26,8 \pm 1,4$ )  $\times 10^{-12}$ . A porcentagem de erro do método de mensuração do  $^{10}\text{Be}$  inclui 3% referentes a passagem do elemento no acelerador, 1% de erro estatístico na contagem do elemento e 6% na produção in situ no quartzo amostrado (Stone, 2000).

Os resultados de  $^{10}\text{Be}$  obtidos em laboratório foram analisados em relação as variáveis topográficas e morfológicas da área de estudo, bem como em relação aos compartimentos geomorfológicos identificados. Por fim, a análise da rede de drenagem também foi um elemento importante na elaboração dos resultados.

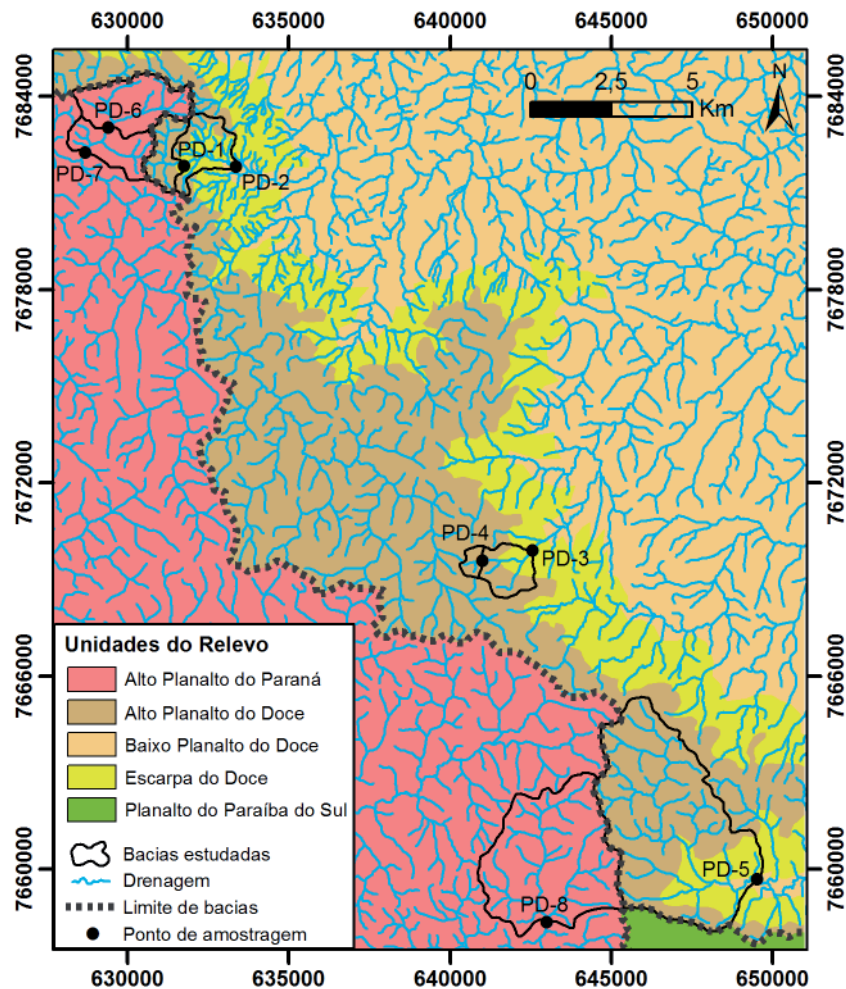


Figura 3 - Mapa de Unidades do Relevo, rede de drenagem e bacias hidrográficas selecionadas

## Resultados e Discussões

### Compartimentação do relevo

O mapeamento das unidades do relevo na área de estudo demonstrou a existência de quatro compartimentos (Figura 3): (i) *Planalto Superior do Rio Paraná*; (ii) *Planalto Superior do Alto Rio Doce*; (iii) *Escarpas do Alto Rio Doce*; e (iv) *Planalto Inferior do Alto Rio Doce*.

O *Planalto Superior do Rio Paraná* abrange as áreas do degrau superior da escarpa e que são drenadas para a bacia hidrográfica do rio Paraná. A rede de drenagem deste compartimento apresenta padrão dendrítico e não é possível notar nenhum controle estrutural sobre a mesma (Figura 3). Neste compartimento o relevo apresenta-se relativamente suave com declividade média inferior a 8%. A cota altimétrica deste compartimento concentra-se entre 890m nos fundos de vale mais rebaixados e 1350m

nos topos de vertentes mais elevadas. Além disso, são comuns, conforme verificado nos trabalhos de campo, vales secos ou super-dimensionados em relação ao atual volume dos cursos fluviais. Entende-se por super-dimensionados vales extremamente largos e bem construídos em relação ao atual curso fluvial que o drena. Desta forma, estes vales não parecem ter sido construídos pela atual drenagem e sim, por uma mais volumosa. Tal fato é indicativo de que as antigas cabeceiras destes cursos fluviais foram capturadas pela bacia adjacente, ou seja, pela bacia hidrográfica do rio Doce.

Por sua vez, o *Planalto Superior do Alto Rio Doce* contempla áreas da parte superior do degrau no relevo e que foram capturadas pela bacia hidrográfica do rio Doce. Logo, contempla as antigas cabeceiras dos cursos fluviais que vertiam para a bacia hidrográfica do rio Paraná. Uma captura fluvial que comprova esta afirmação

pode ser percebida através de uma análise simples da rede de drenagem, pois o principal curso fluvial deste compartimento - rio Piranga - na proximidade do cruzamento das coordenadas 632500 e 7678000 apresenta um cotovelo típico de captura fluvial e muda de sua direção original NW para a direção NE (Figura 3). Importante salientar que, após este cotovelo, na direção NW entra-se na bacia hidrográfica do rio Paraná e é possível perceber um amplo vale seco. Logo, este vale seco na verdade foi construído pelo paleocanal do rio Piranga antes de o mesmo ter sido capturado para a bacia hidrográfica do rio Doce. Com relação a este compartimento do relevo vale ainda ressaltar que os cursos fluviais encontram-se mais encaixados do que no anterior e, a exemplo do que ocorre com os demais compartimentos do relevo da área estudada, apresenta rede de drenagem com padrão dendrítico (Figura 3). A declividade média é um pouco superior aos 8%.

A unidade do relevo denominada *Escarpas do Alto Rio Doce* apresenta morfologia típica de escarpa e estende-se aproximadamente da cota de 1350m de altitude até a de 750m. Apresenta declividades que podem alcançar os 75% e padrão de drenagem também dendrítico.

A unidade *Planalto Inferior do Alto Rio Doce* representa a porção inferior da escarpa em degrau. Suas altitudes variam entre os 500 e 750m e sua morfologia é mais suave com declividades médias geralmente inferiores aos 8%. Deve ser destacado que, na base da escarpa deste compartimento, é comum encontrar sedimentos entulhados na forma de depósitos coluviais ou leques aluviais.

### Taxas de desnudação

As taxas de desnudação mensuradas através do  $^{10}\text{Be}$  mostram uma íntima relação entre os compartimentos do relevo e a intensidade dos processos desnudacionais (Tabela 1). De fato, as bacias que drenam o *Planalto Superior do Paraná* são aquelas que apresentam as menores taxas de desnudação, entre 3,95 e 6,49mm por mil anos. Por sua vez, as bacias que drenam o planalto capturado pela escarpa - *Planalto Superior do Alto Rio Doce* - apresentam taxas médias de desnudação, entre 10,74 e 11,95mm por mil anos. Por fim, as bacias localizadas no contexto da escarpa - *Escarpas do Alto Rio Doce* - apresentam as maiores taxas de desnudação: taxas entre 16,20 e 17,50mm por mil anos.

**Tabela 1 - Taxas de desnudação das bacias amostradas**

Sample ID	Province	Latitude (degrees)	Longitude (degrees)	Average Catchment			Average Catchment Relief (m)	Average hillslope gradient (degrees)	Scaling Factor	10Be	
				Area (km <sup>2</sup> )	Altitude (m)	Outlet Altitude (m)				concentration (10 <sup>5</sup> atoms.g <sup>-1</sup> )	Erosion rate - $\dot{a}$ (mm.ky <sup>-1</sup> )
PB1	HDP	-20,9580	-43,7332	1,9	1084	989	172	12	1,56	4,41 ± 0,15	10,74 ± 0,37
PB2	E	-20,9580	-43,7173	4,8	1026	794	375	15	1,50	2,73 ± 0,11	17,25 ± 0,71
PB3	E	-21,0665	-43,6269	2,7	1100	844	458	19	1,59	2,84 ± 0,15	17,50 ± 0,92
PB4	HDP	-21,0670	-43,6420	0,5	1176	1117	149	14	1,68	4,28 ± 0,13	11,95 ± 0,37
PB5	E	-21,1569	-43,5594	22,8	1121	805	496	17	1,62	3,11 ± 0,10	16,20 ± 0,50
PB6	HPP	-20,9479	-43,7569	4,8	1117	1064	129	10	1,60	7,98 ± 0,26	5,74 ± 0,19
PB7	HPP	-20,9543	-43,7629	7,6	1114	1063	130	10	1,60	11,10 ± 0,34	3,95 ± 0,12
PB8	HPP	-21,1706	-43,6214	15,2	1190	1113	183	11	1,70	7,56 ± 1,86	6,49 ± 1,60

A íntima relação entre as taxas desnudacionais e compartimentos do relevo se estende para outras características geomorfológicas da área investigada. Esta afirmação se baseia no fato de que estas taxas possuem forte correlação com outras variáveis geomorfológicas como, por exemplo, a declividade de cada bacia, a altitude do exutório da mesma e a amplitude do relevo – diferença de cota entre o ponto mais alto

da bacia e seu exutório (Figura 4). Neste contexto, quanto maior for a declividade média da bacia, altimetricamente mais rebaixado for seu exutório e maior for a amplitude do seu relevo, maior tende a ser sua taxa desnudacional. A única correlação que não foi possível traçar foi entre a área (superfície em km<sup>2</sup>) das sub-bacias investigadas e as taxas de desnudação que elas apresentam (Figura 4).

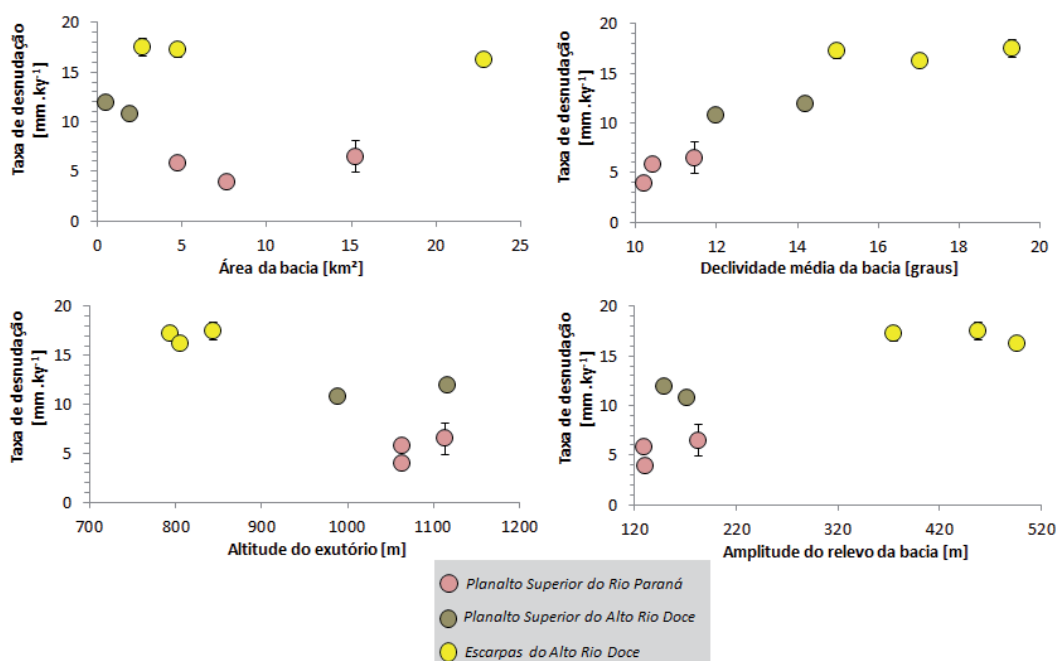


Figura 4 - Relação entre taxas de desnudação e variáveis ambientais (área, declividade média, altitude do exutório e amplitude do relevo) das bacias investigadas.

### Implicações para evolução do relevo

O conjunto das observações acima realizadas mostra que as intensidades das taxas desnudação na área investigada refletem a compartimentação do relevo. Mostra ainda um processo de evolução geral do relevo em função de uma complexa associação entre retração lateral das escarpas (*backwearing*) e rebaixamento vertical das vertentes (*downwearing*) em um sistema de duplo *front* conforme modelo proposto pelos autores deste trabalho (Figura 5). O *front* 1 corresponde a escarpa em si que regride lateralmente em direção oeste, ampliando a área da bacia hidrográfica do rio Doce em detrimento da bacia hidrográfica do rio Paraná (Figura 5). No entanto, este *front* não possui contacto com as áreas pertencentes a bacia hidrográfica do rio Paraná. Na verdade ele avança sobre áreas do planalto superior que já foram capturadas e drenam em direção à própria bacia hidrográfica do rio Doce. Ou seja, a regressão lateral da escarpa faz com que a mesma avance sobre o compartimento do relevo aqui denominado de *Planalto Superior do Alto Rio Doce*. Este compartimento por sua vez, graças a influência da escarpa extremamente próxima, apresenta a rede de drenagem mais incisiva e taxas de desnudação mais agressivas do que a porção do planalto que drena em direção a bacia hidrográfica do rio Paraná. Isto faz com que o rebaixamento vertical do relevo seja mais intenso no planalto capturado e, por consequência, ele também capture áreas antes pertencentes ao compartimento denominado *Planalto Superior do Paraná*. É no contato entre estes dois compartimentos, onde o planalto capturado pela bacia hidrográfica do rio Doce captura áreas da bacia hidrográfica do rio Paraná, que se localiza o segundo *front* (Figura 5).

A análise da rede hidrográfica (Figura 3), bem como verificação em campo de capturas fluviais e vales secos, reforçam este modelo de evolução do relevo para a área de estudo. De fato, o padrão fluvial dendrítico existente em todos os compartimentos do relevo não indica a existência de falhas controlando a regressão da escarpa. Fora isso, a existência de diversas pequenas capturas fluviais e de vales secos, com destaque para a captura do rio Piranga, demonstra na prática a existência do segundo *front* da escarpa.

No entanto, este modelo não é comprovado apenas com base em observações de campo. A análise das taxas de desnudação obtidas via <sup>10</sup>Be (Tabela 1 e Figura 4) também confirma esse modelo de evolução do relevo da área estudada, visto que a escarpa desnuda mais agressivamente que o planalto capturado e este, por sua vez, desnuda mais que o planalto não capturado – bacia hidrográfica do rio Paraná. Logo, os dois *fronts* existem e avançam na direção oeste – direção da bacia hidrográfica do rio Paraná – sendo as taxas de desnudação mais agressivas no *front* 1 – escarpa – que no *front* 2 – planalto capturado. Este fato – taxas mais agressivas na escarpa – pode criar a ilusão de que, em longo prazo, a escarpa incorporará todo o planalto capturado. Entretanto, propõe-se que este modelo seja auto-alimentado, pois a regressão do *front* 2 ocorre por capturas fluviais. Sendo assim, uma pequena regressão pode significar a captura de uma sub-bacia inteira com alguns poucos quilômetros quadrados. Desta forma, mesmo a escarpa sendo mais agressiva, ela apresenta dificuldade em alcançar a bacia hidrográfica do rio Paraná, visto que tende a erodir um planalto já capturado. Nesse contexto, a morfologia da escarpa se mantém alterando-se apenas a posição da mesma ao longo da evolução geomorfológica local.

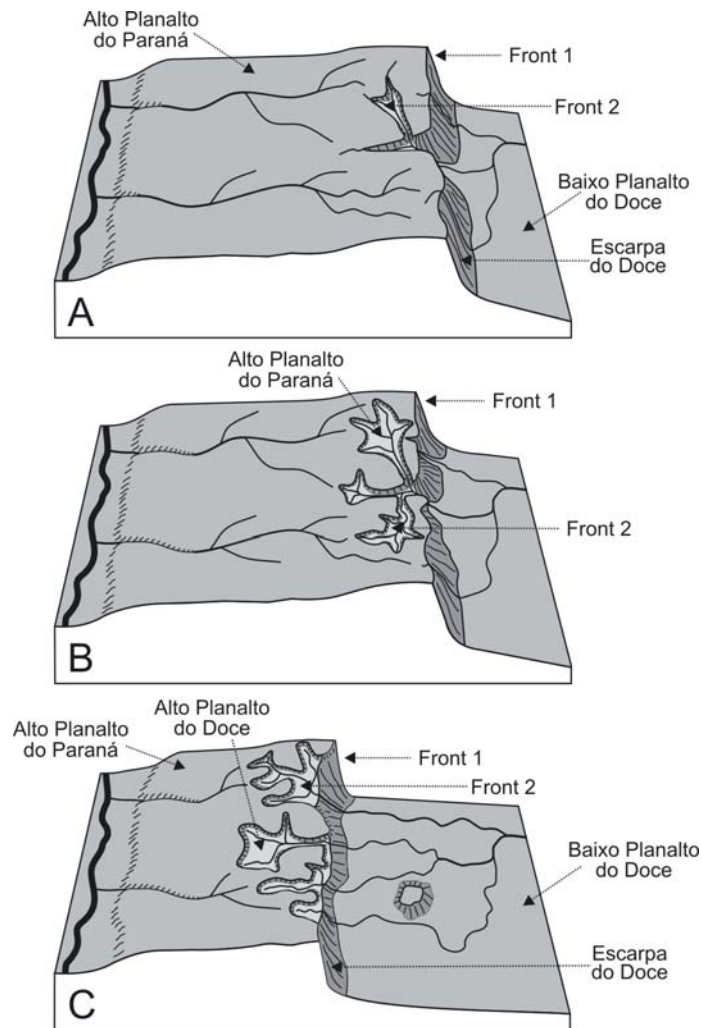


Figura 5 - Modelo esquemático de evolução do relevo no divisor hidrográfico Doce/Paraná.

### Considerações Finais

O presente trabalho objetiva mostrar que a evolução da escarpa em degrau que delimita a bacia hidrográfica do rio Paraná com a do rio Doce não é controlada por estruturas como falhas ou fraturas. Trata-se na verdade de uma escarpa erosiva que, se teve origem em uma falha, já se encontra completamente desconectada da mesma. Tal assertiva decorre da constatação factual, suportada pelos dados analisados, de que a evolução do relevo regional é controlada claramente pelo nível de base. A bacia hidrográfica do rio Doce, por possuir o nível de base altimetricamente mais baixo que a bacia hidrográfica do rio Paraná, ganha área em relação a esta. No entanto, foi possível identificar para a região ana-

lisada três comportamentos desnudacionais distintos, cada um destes relacionados a um compartimento do relevo: baixas taxas no *Planalto Superior do Paraná* - taxas entre 3,95 e 6,49 mm por mil anos -, médias no *Planalto Superior do Alto Rio Doce* (planalto capturado) - taxas entre 10,74 e 11,95mm por mil anos - e altas taxas na *Escarpas do Alto Rio Doce* - taxas entre 16,20 e 17,50mm por mil anos. Tal fato permitiu elaborar um complexo modelo de evolução do relevo para a área de estudo que se baseia na existência de três compartimentos de relevo separados entre si por dois *fronts* de erosão. Os dois primeiros compartimentos - *Planalto Superior do Paraná* e *Planalto Superior do Alto Rio Doce* - evoluem por rebaixamento vertical e entre eles se situa o



segundo dos *fronts* de regressão da escarpa. Este *front* avança para oeste por meio de capturas fluviais. Já o primeiro *front* – principal – se situa entre as porções inferiores e superiores da bacia hidrográfica do rio Doce, justamente na escarpa - compartimento denominado de *Escarpas do Alto Rio Doce* - que está em recuo lateral também em direção oeste. Sendo assim, mantêm-se uma tendência da bacia hidrográfica do rio Doce expandir sua área em detrimento da bacia hidrográfica do rio Paraná e da escarpa se perpetuar e evoluir graças aos processos erosivos.

Por fim, é possível considerar que este modelo de evolução do relevo se aplique às outras escarpas em forma de degrau existentes no leste de Minas Gerais. Entretanto, são necessários mais estudos para a confirmação dessa hipótese.

### **Agradecimentos**

Agradecemos a FAPEMIG, ao CNPq, a CAPES e ao convênio CAPES/COFECUB pelo apoio financeiro.

### **Referências Bibliográficas**

ALMEIDA, F.F.M.; CARNEIRO, C.D.R. Origem e evolução da Serra do Mar. **Revista Brasileira de Geociências**, 28, n. 2: 135-150, 1998.

BRANDALISE, Luiz Alberto BRASIL. **Folha SF.23-X-C-III : Barbacena, estado de Minas Gerais**. Brasília: Departamento Nacional da Produção Mineral, 1991. 162p.

CHEREM, L.F.S.; VARAJÃO, C.A.C.; BRAUCHER, R.; BOURLÈS, D.; SALGADO, A.A.R.; VARAJÃO, A.F.D.C. Long-term evolution of denudational escarpments in southeastern Brazil. **Geomorphology**. 173-174: 118-127.2012a.

CHEREM, L.F.S.; VARAJÃO, C.A.C.; SALGADO, A.A.R.; VARAJÃO, A.F.D.C.; BRAUCHER, R.; BOURLÈS, D.; MAGALHÃES JÚNIOR, A.P.; NALINI JÚNIOS, H. A. Desnudação química rebaixamento do relevo em bordas interplanáticas com substrato granítico: dois exemplos em Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. 13(1): 73-84.2012b.

COMPANHIA MINERADORA DE MINAS GERAIS (CODEMIG); COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS (BRASIL). **Mapa geológico do estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: CPRM, 2003. 1 mapa : color. ; 100 cm x 137 cm Escala 1:1,000,000 ; Proj. Policônic.

CUPOLILLO, F. **Diagnóstico hidroclimatológico da Bacia do Rio Doce**. 2008. 153 f. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, Departamento de Geografia, Belo Horizonte, 2008.

IBGE. **Manual técnico de geomorfologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 178 p

PINTO, CLAITON PIVA. **Petrologia de rochas alcalinas, calcio-alcalinas e toleíticas da serra da Mantiqueira em Minas Gerais, Brasil**. 1995. 143p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1995.

RICCOMINI, C; SANT'ANNA, L.G.; FERRARI, A.L. Evolução geológica do rift continental do Sudeste do Brasil. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C.D.R.; BRITO-NEVES, B.B. **Geologia do continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. São Paulo: Beca, 2004. p. 383- 405.

SAADI, A. ; BEZERRA, F. H. R. ; COSTA, R. D. ; FRANZINELLI, E. ; IGREJA, A. . Neotectônica da Plataforma Brasileira - Capítulo 10. In: Célia Regina de Gouveia Souza; Kenitiro Suguio; Antônio Manoel dos Santos Oliveira; Paulo Eduardo de Oliveira. (Org.). **O Quaternário do Brasil**. 1 ed. Ribeirão Preto-SP: Holos, 2005, v. 1, p. 211-234.

STONE J. O. Air pressure and cosmogenic isotope production. **Journal of Geophysical Research**. 105 (B10): 23753-23759. 2000.

VALADÃO, R. C. **Evolução de longo-termo do relevo do Brasil oriental: desnudação, superfícies de aplanamento e soerguimentos crustais**. 1998. 343f. Tese (doutorado) – UFBA, Salvador, 1998.