

RESSALVA

Atendendo solicitação do autor, o texto completo desta tese será disponibilizado somente a partir de 27/10/2018.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“Júlio de Mesquita Filho”
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro



DANIEL HENRIQUE DE SOUZA

**REATIVAÇÕES PÓS-RIFTE E EVOLUÇÃO DO RELEVO DA ÁREA
CENTRAL DA MARGEM CONTINENTAL DO SUDESTE BRASILEIRO:
RELAÇÕES ENTRE DINÂMICAS DE LONGO E CURTO PRAZO NO
TEMPO GEOLÓGICO**

Tese de doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Geociências e Meio Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Peter Christian Hackspacher

Rio Claro – SP

2018

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“Júlio de Mesquita Filho”
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

DANIEL HENRIQUE DE SOUZA

**REATIVAÇÕES PÓS-RIFTE E EVOLUÇÃO DO RELEVO DA ÁREA
CENTRAL DA MARGEM CONTINENTAL DO SUDESTE BRASILEIRO:
RELAÇÕES ENTRE DINÂMICAS DE LONGO E CURTO PRAZO NO
TEMPO GEOLÓGICO**

Tese de doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Geociências e Meio Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Peter Christian Hackspacher

Rio Claro – SP

2018

551.42 Souza, Daniel Henrique de
S729r Reativações pós-rifte e evolução do relevo da área central da margem continental do sudeste brasileiro: relações entre dinâmicas de longo e curto prazo no tempo geológico / Daniel Henrique de Souza. - Rio Claro, 2018
147 f. : il., figs., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Orientador: Peter Christian Hackspacher

1. Geomorfologia. 2. Serra do Mar. 3. Serra da Mantiqueira. 4. Taxas de erosão. 5. Evolução da paisagem. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da
UNESP Campus de Rio Claro/SP - Adriana Ap. Puerta Buzzá /
CRB 8/7987

DANIEL HENRIQUE DE SOUZA

**REATIVAÇÕES PÓS-RIFTE E EVOLUÇÃO DO RELEVO DA ÁREA
CENTRAL DA MARGEM CONTINENTAL DO SUDESTE BRASILEIRO:
RELAÇÕES ENTRE DINÂMICAS DE LONGO E CURTO PRAZO NO
TEMPO GEOLÓGICO**

Tese de doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Geociências e Meio Ambiente.

Comissão examinadora

Prof. Dr. Peter Christian Hackspacher

Prof. Dr. Silvio Takashi Hiruma

Prof. Dr. Fabiano do Nascimento Pupim

Prof. Dr. Giancarlo Scardia

Profa. Dra. Marli Carina Siqueira Ribeiro

Conceito: Aprovado

Data da defesa: 27/04/2018

AGRADECIMENTOS

À FAPESP (processos: 2014/14702-0 e 2016/10014-7) e CAPES pelo financiamento da pesquisa. Ao professor Dr. Peter Christian Hackspacher pela oportunidade, orientação e confiança. Ao professor Dr. Finlay Stuart pela hospitalidade, respeito e entusiasmo com esta pesquisa e com meu crescimento acadêmico.

À Carina, pelo suporte durante todo o período e por fazer funcionar um laboratório de U-Th-Sm/He. Ao Fabiano Pupim pela parceria na pesquisa e conversas geomorfológicas. À Danieli Canaver por ter tornado possível as primeiras etapas de processamento das amostras de ^{10}Be na UNESP e por ter feito o impossível para eu ter idades de U-Th-Sm/He antes que terminasse o doutorado. Ao Angel Rodés e à Maria Miguens-Rodriguez pela atenção e orientação durante o processamento das amostras de ^{10}Be .

Aos professores Dra. Cenira Maria Lupinacci da Cunha e Dr. Giancarlo Scardia pelos ensinamentos durante o estágio docência e pelas contribuições na qualificação (ambos) e defesa (Giancarlo). Ao professor Dr. Silvio Takashi Hiruma pela contribuição na defesa. A Rosangela, sempre pronta para ajudar na burocracia da pós. Aos membros do grupo de termocronologia de Rio Claro, pela vivência e pelas contribuições diárias que não têm como mensurar: Daniel Godoy, Carolina Doranti, Bruno Kiko, Leandro e Iata.

Aos amigos já de longa data, e aqueles que vão se somando no percurso, essenciais para tornar a caminhada mais leve: Michele Cacá, Nats, Tcheca, Jaq, Rigo, Pv, Orc, Skal, Gordo, Argentino, Vini, Artur, Janaina e Fran.

Aos meus pais, Sérgio e Rosa, a quem devo todo o esforço para terminar o doutorado. Aos meus irmãos: Dé, Pico e Tia Lê, e a meus sobrinhos: Natally, Gabriel e Gustavo.

Emoção...

Os rios falam pelas cachoeiras

E por paixão...

Os peixes nadam contra a correnteza

Sim ou Não...

As dúvidas protegem as certezas

Tudo é um rio refletindo a paisagem,

Espelho d'água levando as imagens pro mar.

Cada pessoa levando um destino,

Cada destino levando um sonho

E sonhar é a arte da vida

Sonhar nas sombras de um jardim

Nas noites de lua que não tem fim

Almir Sater e Renato Teixeira

RESUMO

Este trabalho investiga a evolução do relevo da área central da margem continental do sudeste brasileiro a partir de uma abordagem que integra diversas escalas temporais. Identificar os principais eventos tectônicos que definiram a formação do relevo em uma escala regional e como este relevo tem se modificado na dinâmica atual constituem o principal objetivo desta tese. Foram utilizados como principais ferramentas a termocronologia por U-Th-Sm/He em apatitas (escala de milhões de anos) e análise da concentração do isótopo cosmogênico ^{10}Be em amostras de sedimentos de rios (escala de milhares de anos). A datação por U-Th/He em apatitas resultou em idades médias entre 58 ± 17 e 124 ± 12 Ma. As histórias térmicas modeladas marcam períodos de resfriamento acelerado no Cretáceo Inferior, Cretáceo Superior e Paleógeno, em acordo com os grandes pulsos tectônicos registrados pela história geológica da região. As taxas de erosão modernas, derivadas da análise de ^{10}Be situam-se entre 5 ± 0.5 a 53 ± 4 m/Ma. Este intervalo é semelhante ao verificado em outras margens passivas no globo e significativamente inferiores as taxas de erosão estimadas nas histórias térmicas para períodos de rápido soerguimento, que ultrapassam 100 m/Ma, indicando assim estabilidade tectônica durante o Quaternário Superior. Foi verificado que precipitação e temperatura, sob forte regulação do relevo topográfico definem a variação das taxas de erosão regionalmente, de modo que as escarpas da Serra do Mar voltadas ao oceano erodem mais rápido que as demais regiões. Incisão e processos de vertente são balanceados, de modo que o alto relevo dos escarpamentos se mantém. Episódios de captura de drenagem levam a dissecação dos planaltos elevados e ao movimento descontínuo das escarpas em direção ao divisor regional. A extrapolação das taxas de erosão modernas revelou que na manutenção das condições atuais seriam necessários entre 20 a 40 Ma para atingir o total de incisão observado nas escarpas; a integração entre taxas de longo e curto termo indica que nos períodos de tectônica moderada, as taxas são semelhantes nos pontos chaves de evolução do relevo, tais como vales estruturais incisos. Assim, em torno de oscilações na média, há um balanço entre soerguimento e erosão.

Palavras chave: Serra do Mar, Serra da Mantiqueira, taxas de erosão, evolução da paisagem.

ABSTRACT

This work investigates how the landscape of the continental margin of southeast Brazil evolves from an approach that integrates several temporal scales. The main goals of this thesis are to identify the main tectonic pulses that defined the regional landscape shape and how this landscape is changing in the current times. The main tools used was the apatite U-Th-Sm/He thermochronology (million years time scale) and the cosmogenic ^{10}Be analysis (thousand years time scale). Apatite U-Th/He data yields average ages between 58 ± 17 e 124 ± 12 Ma. The thermal histories highlight fast cooling periods in the Late Cretaceous, Upper Cretaceous and Paleogene, in agreement with the tectonic reactivation phases registered by the regional geological data. The ^{10}Be -derived modern erosion rates range between 5 ± 0.5 to 53 ± 4 m/Ma, which is similar to observed in others passive margin. This indicates relative tectonic stability in the Quaternary, which is strengthened by the comparison with the high rates observed in the U-Th-Sm/He-derived thermal histories for the reactivations phases. The precipitation and temperature define the regional variation in erosion rates, although under topographic regulation. Thus, the ocean-side Serra do Mar escarpments erode faster than the other regions. The river incision and the hillslopes processes are balanced, so that the high relief of the escarpments remains constant. River capture episodes results in the low-relief highlands dissection and in the discontinuous migration of the escarpments to the regional divide. The modern erosion rates extrapolation shown that in maintaining the current conditions it would be needed between 20 to 40 Ma to reach the total amount of incision observed in the escarpments. The integration between long and short-term erosion rates indicates that in periods of moderate tectonics, the rates are similar at key points of evolution, such as incised valleys. Thus, around mean oscillations, there is a balance between surface uplift and erosion.

Key words: Serra do Mar, Serra da Mantiqueira, erosion rates, landscape evolution.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.1. Modelos de evolução de margens passivas	17
Figura 1.2. Localização da área de estudos.	19
Figura 2.1. Contexto topográfico regional, destacando feições geológicas.	26
Figura 2.2. Mapa tectônico da América do Sul.....	28
Figura 2.3. Mapa tectônico do Segmento Central da Província Mantiqueira.....	29
Figura 2.4. Cenário Geotectônico do Neo-Jurássico.	31
Figura 2.5. Alinhamento Magmático Poços de Caldas Cabo Frio.....	33
Figura 2.6. Mapa de distribuição dos quatro riftes do SRCB.....	35
Figura 2.7. Picos de precipitação, com idades de paleossolos soterrados por radiocarbono no planalto Bocaina.	43
Figura 2.8. Geologia simplificada da área de estudos.....	45
Figura 2.9. Principais unidades geomorfológicas.	47
2.10. Clima regional	50
Figura 3.1. Amostras para análise de U-Th-Sm/He em apatitas	55
Figura 3.2. Exemplos de grãos escolhidos.	56
Figura 3.3. Extração e mensuração de Hélio	57
Figura 3.4. Bacias amostradas	63
Figura 3.5. Correlações das medias erosivas das bacias estudadas inferidas pela análise de ^{10}Be e modelo de erosão das vertentes e modelo de erosão por incisão dos rios.....	69
Figura 3.6. Validação dos mapas de erosão	70
Figura 4.1. Localização das amostras e idades médias de U-Th/He.....	72
Figura 4.2. Perfis topográficos com localização e idades das amostras.....	76
Figura 4.3. Correlação entre as Idades corrigidas e não corrigidas de AHe com elevação e distância da costa.	77
Figura 4.4. Correlação entre idades dos grãos de cada amostra com raio do grão.....	79
Figura 4.5. Correlação entre idades dos grãos de cada amostra com urânio efetivo....	80
Figura 4.6. Comparação entre os modelos de dano de radiação.....	82
Figura 4.7. História térmica das amostras.....	85
Figura 5.1. Área de estudos.....	93
Figura 5.2. Localização das amostras em cada região.....	94

Figura 5.3. Perfis topográficos.....	95
Figura 5.4. Taxas de erosão em cada região geomorfológica de acordo com o tipo de bacia.....	101
Figura 5.5. Relações entre os parâmetros morfométricos.....	102
Figura 5.6. Correlações entre taxas de erosão derivadas de ^{10}Be e parâmetros morfométricos.....	107
Figura 5.7. Perfil longitudinal dos rios principais de bacias representativas de escarpa e de topografia mistas em cada região.	108
Figura 5.8. (A) Taxas de erosão derivadas da concentração de ^{10}Be correlacionadas a taxa de erosão derivadas de modelo climático; (B) correlação entre taxas de erosão e resistência das rochas.....	110
Figura 5.9. Modelo de evolução de escarpa.....	113
Figura 6.1. Mapa de taxas de erosão do Quaternário Superior.....	118
Figura 6.2. Correlação entre taxas de erosão derivadas de análise do isótopo ^{10}Be e taxas estimadas por dados de termocronologia.	119
Figura 6.3. Detalhe do Planalto de Bocaina, comparando taxas de erosão de longo e curto termo.....	121
Figura 6.4. Detalhe da borda do Planalto de Campos do Jordão..	125
Figura 6.5. Detalhe da escarpa da Serra do Mar	127

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1. Discriminação dos eventos tectônicos, magmáticos e sedimentares ocorridos na margem continental do sudeste brasileiro	38
Tabela 3.1. Escala de Vulnerabilidade à denudação das rochas mais comuns	67
Tabela 4.1. Resultados das análises de (U-Th-Sm)/He em apatitas*	73
Tabela 4.2. Características gerais das amostras e idades médias	75
Tabela 4.3. Medidas de apatitas padrão Durango	76
Tabela 5.1. Características das amostras e concentrações de ^{10}Be produzido <i>in situ</i> ...	97
Tabela 5.2. Características das bacias e quantificações derivadas de ^{10}Be produzido <i>in situ</i>	99
Tabela 5.3. Relevo local medido a diferentes raios de janela circular	103

SUMÁRIO

Capítulo 1 Introdução	13
1.1. Soerguimento das rochas, soerguimento da superfície e isostasia	14
1.2. Margens continentais passivas.....	15
1.3. Área de estudo	18
1.3.1. Estudos de termocronologia e isótopos cosmogênicos	20
1.5. Objetivos.....	22
1.6. Estrutura e organização da tese	23
Capítulo 2 A margem continental do sudeste brasileiro: uma revisão crítica	25
2.1. Introdução	25
2.2. História tectônica.....	26
2.2.1. O Ciclo Brasileiro e a Província Mantiqueira	26
2.2.2. Abertura do Atlântico e ruptura do Gondwana	30
2.2.3. Reativações pós-rifte	32
2.2.4. Atividade tectônica Cenozóica e rearranjo da rede de drenagem	37
2.3. O Quaternário.....	38
2.3.1. Tectônica	38
2.3.2. Glaciações.....	39
2.3.3. Evolução da paisagem	41
2.4. Paisagem atual.....	43
2.4.1. Geologia.....	44
2.4.2. Geomorfologia.....	45
2.4.3. Solos.....	49
2.4.4. Clima e vegetação.....	49
Capítulo 3 Metodologia	52

3.1. Termocronologia por (U-Th-Sm)/He em apatita	52
3.1.1. Introdução	52
3.1.2. Método analítico	53
3.1.3. Procedimentos.....	55
3.2. Taxas de erosão através do isótopo cosmogênico ^{10}Be	59
3.2.1. Introdução	59
3.2.2. Isótopo cosmogênico Berílio (^{10}Be)	60
3.2.3. Taxas de erosão em escala de bacia de drenagem	60
3.2.4. Coleta e preparação de amostras.....	62
3.3. Variáveis morfométricas, climáticas e geológicas	64
3.3.1. Introdução	64
3.3.2. Análise morfométrica	64
3.3.3. Variáveis climáticas	66
3.3.4. Litologia (L)	66
3.4. Mapa de taxas de erosão	67
3.4.1. Introdução	67
3.4.2. Análise de regressão linear múltipla	67
3.4.3. Confeção do mapa	69
Capítulo 4 Reativações pós-ruptura do Gondwana	71
4.1. Introdução	71
4.2. Idades de U-Th-Sm/He em apatitas	71
4. 3. Dispersão das idades	78
4.4. História Térmica.....	81
4.4.1. Análise	81
4.4.2. Resultados	82
4.4. Discussão	87

4.5. Considerações finais	90
Capítulo 5 Dinâmica erosiva no Quaternário Superior	92
5.1. Introdução	92
5.2. Bacias hidrográficas	92
5.3. Distribuição das taxas de erosão	96
5.4. Análise morfométrica	101
5.5. Controles erosivos	104
5.5.1. Ângulo de declividade das vertentes	104
5.5.2. Declividade dos canais de drenagem	105
5.5.3. Clima	109
5.5.4. Resistência das rochas	110
5.6. Implicações para evolução da paisagem	111
5.7. Considerações Finais	114
Capítulo 6 dinâmicas de curto e longo prazo no tempo geológico.....	116
6.1. Introdução	116
6.2. Evolução do padrão erosivo no tempo	117
6.2.1. Planalto Bocaina	120
6.2.1. Planalto Campos do Jordão	122
6.2.1. Serra do Mar	126
6.3. O que dizem as taxas modernas e antigas?	128
Capítulo 7 Conclusões.....	131
Referências	135

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

Há poucas décadas, Summerfield (1991) chamava atenção ao fato de que estudos de evolução do relevo em longos períodos e abrangendo grandes extensões de área deveriam ganhar fôlego novo devido a uma nova conjuntura que se desenhava. A previsão adquiriu forma e teve como corolário a publicação em uma mesma edição na revista *Nature* três artigos ligados a esta temática: Burbank et al. (2003); Dadson et al. (2003); e Reiners et al. (2003), fato bastante improvável nos anos anteriores (Summerfield, 2005). A formação desta conjuntura é descrita por Bishop (2007), trata-se da incorporação da teoria das placas tectônicas aos estudos geomorfológicos e uma conseqüente nova compreensão da evolução do relevo a partir do balanço entre os processos superficiais e o fluxo de massa das rochas dirigido pela atividade tectônica. Para tanto, foi de grande importância a formulação de modelos numéricos (acompanhado do avanço computacional) que possibilitaram explorar e testar modelos de evolução do relevo em longo prazo e, sobretudo, o advento e evolução de um conjunto de técnicas para medir o fluxo de massa de rochas em diferenciadas escalas temporais e espaciais, especialmente a termocronologia de baixa temperatura e análise de isótopos cosmogênicos.

É diante deste quadro que estudos sistemáticos sobre a complexa evolução do relevo da região sudeste brasileira (De Martone, 1943; King, 1956; Ab' Saber, 1962; Almeida, 1964; Bigarella et al., 1965; Almeida e Carneiro, 1998; Zalán e Oliveira, 2005; entre outros), a partir de um avanço na compreensão do papel de forças tectônicas e climáticas no modelado terrestre, recebem contribuições significativas advindas do emprego de termocronologia de baixa temperatura (Gallagher et al., 1994; Tello Saenz et al., 2003; Hackspacher et al., 2004, 2007; Hiruma et al., 2010; Franco-Magalhães et al., 2013, Karl et al., 2013) e análise de isótopos cosmogênicos (Salgado et al., 2007, 2014, 2016; Cherem et al., 2012; Barreto et al., 2013, Gonzalez et al., 2016), permitindo precisar melhor no tempo e espaço os grandes eventos geológicos/geomorfológicos que estruturaram a paisagem regional, assim como o ritmo pelo qual o relevo evoluiu.

Neste sentido, a presente pesquisa surge como uma oportunidade da aplicação integrada destas técnicas em uma faixa que abrange partes da Serra do Mar e da Serra

da Mantiqueira, áreas de relevância no contexto de evolução da região sudeste. Apesar da escala temporal diferenciada, o uso em conjunto de diferentes técnicas pode possuir relação de complementaridade (Cockburn et al, 2000): termocronômetros de baixa temperatura registram taxas médias de denudação envolvendo longo - prazo (milhões de anos), não captando flutuações que ocorrem a curto-prazo (milhares de anos) (Pazzaglia et al., 1998; Fellin et al., 2005), as quais podem ser inferidas pela mensuração da produção *in situ* de isótopos cosmogênicos, análise de perfis longitudinais de drenagens e terraços. Assim, padrões semelhantes entre taxas de denudação registrados nestes métodos podem indicar relevo em estado estacionário (*steady state*), do contrario, detectamos uma flutuação atual na média obtida a longos períodos de tempos, indicando relevo em estado transitório (Pazzaglia e Brandon, 2001).

Deste modo, o escopo desta pesquisa foi investigar a dinâmica evolutiva da área central da margem continental do sudeste brasileiro, integrando Serra da Mantiqueira e Serra do Mar, por meio da análise de perfis longitudinais dos canais de drenagem, estimativa de taxas de erosão pela mensuração da concentração de isótopos cosmogênicos ^{10}Be produzidos *in situ* e termocronologia de baixa temperatura pela sistemática (U-Th-Sm)/He em apatitas.

Capítulo 7

CONCLUSÕES

A tese se desenvolveu a partir de capítulos temáticos, cada qual com objetivos e conclusões independentes. A condução destes capítulos teve como premissa à utilização e integração de métodos com resolução espacial e temporal diferentes, visando responder questões geomorfológicas interligadas, elencadas na definição dos objetivos gerais da tese no capítulo de introdução. A efeito de conclusão, segue a elaboração de respostas a estas perguntas tendo por base os dados obtidos nesta pesquisa:

1. A paisagem esta em *steady-state*?

Estado estacionário é um conceito cuja análise depende da escala abordada (Schumn e Lichty, 1965). Taxas de denudação estimadas em idades de U-Th-Sm/He em apatitas e em idades de traço de fissão da literatura incluem picos relacionados a pulsos tectônicos que deram forma a compartimentação topográfica regional da margem continental do sudeste brasileiro. Excluindo estes pulsos, as taxas médias fornecidas pelos termocronômetros não se distanciam tanto das taxas modernas derivadas dos isótopos cosmogênicos quanto uma primeira observação poderia sugerir. A extrapolação das taxas para toda a área a partir de análise de regressão múltipla revelou que em pontos centrais de evolução do relevo, como vales incisos, as taxas de longo e de curto termo são semelhantes. Além disso, a concordância (embora grosseira) entre idade e elevação na faixa amostrada para análise de U-Th-Sm/He em apatitas aponta para a relativa antiguidade da forma de relevo em seu aspecto regional. Assim, no longo termo há a tendência de manutenção dos grandes compartimentos topográficos estabelecidos, com as taxas de incisão respondendo a um soerguimento contínuo (Whipple e Tucker, 1999), embora oscilante no tempo, resultante do campo de esforços regionais e resposta isostática.

Ao restringir a escala ao tempo de integração da análise de concentração *in situ* do isótopo ^{10}Be , verificamos uma dinâmica interna aos grandes compartimentos topográficos. O estado de *quasi equilibrium* observado na Namíbia por Bierman e Caffee (2001), com taxas baixas e quase homogêneas nos escarpamentos e nos planaltos elevados não se ajusta a área de estudos. Há erosão diferencial, e perda de

área progressiva dos planaltos elevados pelas regiões escarpadas. A destruição destes planaltos levaria a formação de um relevo montanhoso ao redor do divisor continental, tal qual o Planalto Itatiaia, configurando arranjo topográfico que erode de maneira homogênea e aí então se mantém constante na escala abordada. Se considerando esta estabilização da amplitude de relevo, há mobilidade de divisores e vales, com processos de retomada erosiva e inversão de relevo (Coelho Neto, 2003). Mesmo nas mais estáveis e com baixas taxas de erosão, como nos planaltos elevados de Campos do Jordão e Bocaina, há nos últimos 50 ka retomadas erosivas e soterramento de paleossolos por processos de coluviamento (Modenesi e Gauttieri, 2000; Hiruma et al., 2013). A manutenção das formas de relevo em uma escala regional se dá então apesar de, e a partir da heterogeneidade espacial e oscilações temporais dos processos erosivos.

2. Quais os principais eventos tectônicos definidores da estrutura do relevo regional?

As idades e histórias de resfriamento térmico obtidas pela análise de U-Th-Sm/He em apatitas apontam para três pulsos de soerguimento, em acordo com e com dados geológicos (Almeida, 1976; Almeida e Carneiro, 1998; Zalán e Oliveira, 2005) e com idades de traço de fissão em apatitas (Hackspacher et al., 2004, Hiruma et al., 2010): Cretáceo Inferior, marcando ruptura do Gondwana e a formação da margem continental do sudeste brasileiro, um soerguimento regional durante o Cretáceo Superior acompanhado de intrusões alcalinas, e a formação do rifte continental e a individualização da Serra do Mar e Serra da Mantiqueira no Paleógeno. Durante o Neógeno reativações tectônicas deformaram as bacias terciárias e promoveram a reorganização do sistema de drenagens, imprimindo à paisagem a configuração atual. Entretanto, a magnitude destes eventos não afetou as idades aqui apresentadas nem alterou a primeira ordem de grandeza da compartimentação topográfica regional. Aparentemente, a tectônica deste período é relacionada a um soerguimento moderado, se comparado aos pulsos precedentes.

3. Como se dá a evolução do relevo em contexto de margem passiva?

Uma redução das taxas de erosão sucede o final do estágio rifte e de reativações tectônicas. A morfologia dos grandes escarpamentos, porém, persistem. A despeito da dicotomia entre retração de escarpas ou escavação destas a partir de um divisor fixo, Bishop (2007) alertou para a ocorrência simultânea dos dois processos, e pudemos identificá-los em nossas análises. Valores limites tanto para ângulo de vertente quanto para incisão das drenagens apontam para o ajustamento e a retroalimentação entre ambos os processos. A depender do nível da capacidade de escoamento, esta retroalimentação mantém o relevo constante após escavação das paredes escarpadas (Tucker e Slingerland, 1994). Além de um suposto soerguimento contínuo devido resposta isostática a retirada de material e ao campo de esforços regional, energia adicional é fornecida por capturas de drenagem episódicas, que promovem a migração (retração) das linhas de escarpa para o interior, iniciando a escavação de relevo escarpado em áreas elevadas de baixo relevo, outrora suspensos do nível de base geral.

6. Qual o papel do clima na distribuição das taxas de erosão?

Condições de alta pluviosidade e temperatura na Serra do Mar alimentam a incisão dos rios, aceleram o intemperismo químico e desencadeiam movimentos de massa em vertentes em condições limite de estabilidade. Assim, as taxas de erosão modernas da Serra do Mar são em média até duas vezes maiores que as taxas das demais regiões abordadas, as quais possuem morfologia bastante semelhantes. Deste modo o clima responde pela variabilidade espacial das taxas atuais em relevos cuja incisão dos rios e declividades das vertentes atingiram valores limites. Em longo termo, dentro de um regime tectônico, é de se esperar que as mudanças climáticas resultem em oscilações em torno das médias de taxas de erosão, ainda mais se considerando a ocorrência de mudanças mais drásticas que as verificadas atualmente.

4. A neotectônica tem papel relevante durante o Quaternário superior?

As taxas de erosão estimadas por ^{10}Be estão dentro de um intervalo comum a outras margens passivas (Heimsath et al., 2006; Vanacker et al., 2007; Mandal et al., 2015); localmente, as taxas, em toda sua variabilidade, respondem a um contexto

tectônico que remonta o início do Neógeno. Dito isto, se considerando que a ocorrência de capturas de drenagem resulta de atividades neotectônicas, estas possuiriam papel de relevância em direcionar a evolução do relevo. Entretanto, a neotectônica não altera a variabilidade regional da magnitude das taxas de erosão, tal qual observado com as condições climáticas, ela apenas promove a migração da onda de erosão para o interior.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. 1956. Etat actuel des connaissances sur les niveaux d' érosion et les surfaces d' aplanissement Du Brésil. In: CONGRÉS INTERNATIONAL DE GEOGRAPHIE. 18., Rio de Janeiro, 1956. Repor. New York, Union Geographique Internationale, s. d. v.5; pp. 7-27.
- AB'SABER, A. N. 1962. Compartimentação topográfica e domínios de sedimentação Pós-Cretácios do Brasil. 80f. Tese (Concurso para a cadeira de Geografia Física) - Depto. Geografia, Universidade Federal do Paraná.
- AB'SABER, A. N. 1998. Megageomorfologia do Território Brasileiro. Pp. 71–106. In: Cunha, S. B. & A. J. T. Guerra (Eds.). Geomorfologia do Brasil. Rio de Janeiro, Bertrand, 388p.
- ALMEIDA, F. F. M. 1964. Geologia do Estado de São Paulo. IGG, Boletim N.º 41, 263 p.
- ALMEIDA F.F.M. de. 1972. Tectono-magmatic activation of the South American Platform and associated mineralization. In: IUGS, Int. Geol. Congress, 24, Montreal, Proc Section, 3:339-346.
- ALMEIDA F.F.M. 1976. The System of Continental Rifts Bordering the Santos Basin, Brazil. An. Acad. brasil. Ciênc., 48(Supl.):15-26.
- ALMEIDA, F. F. M. 1991. O alinhamento magmático de Cabo Frio. In: II SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, SBG, São Paulo. Anais, p. 423-428.
- ALMEIDA, F. F. M. de; CARNEIRO, C. D. R. 1998. Origem e evolução da Serra do Mar. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 135-150.
- ASSINE, M. L., CORRÊA, F. S., CHANG, H. K. 2008. Migração de depocentros na Bacia de Santos: Importância na exploração de hidrocarbonetos, Rev. Bras. Geociênc., 38, 111–127.
- ASSUMPÇÃO, M. 1998. Seismicity and stresses in the Brazilian passive margin, Bull. Seismol. Soc. Am., 88, 160–169.
- ASSUMPÇÃO, M., SCHIMMEL, M., ESCALANTE, C., ROCHA, M., BARBOSA, J.R., BARROS, L.V., 2004. Intraplate seismicity in SE Brazil: stress concentration in lithospheric thin spots. Geophysical Journal International 159, 390–399.
- ASSUMPÇÃO, M., BIANCHI, M.; JULIÀ J., DIAS, F.L., FRANÇA, G., NASCIMENTO, R., DROUET, S., PAVÃO, C.G., ALBUQUERQUE, D.F., LOPES, A.E.V. 2013. Crustal Thickness Map of Brazil: Data Compilation and Main Features. Journal of South American Earth Sciences 43, 74-85.
- BALCO, G., STONE, J.O., LIFTON, N.A., DUNAI, T.J., 2008. A complete and easily accessible means of calculating surface exposure ages or erosion rates from ¹⁰Be and ²⁶Al measurements. Quat. Geochronol. 3, 174–195. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quageo.2007.12.001>.
- BALCO G., SOREGHAN G.S., SWEET D.E., MARRA K.R., BIERMAN P.R., 2013. Cosmogenic-nuclide burial ages for Pleistocene sedimentary fill in Unaweep Canyon, Colorado, USA. Quaternary Geochronology, v. 18, pp. 149-157
- BALDWIN, J.A.; WHIPPLE, K. X.; TUCKER, G.E. 2003. Implications of the shear stress river incision model for the timescale of postorogenic decay of topography. Journal of Geophysical Research 108: 2158. DOI: 10.1029/2001JB000550.
- BALESTRIERI, M.L., STUART, F.M., PERSANO, C., ABBATE, E., BIGAZZI, G., 2005, Geomorphic development of the escarpment of the Eritrean margin, southern Red Sea: Combined use of fission track and (U-Th)/He Thermochronometry: Earth and Planetary Science Letters, v. 231, p. 97-110.

- BARRETO, H. N.; VARAJÃO C. A. C.; BRAUCHER R.; BOURLÈS, D. L.; SALGADO, A. A.R, VARAJÃO, A. F.D.C. 2013. Denudation rates of the Southern Espinhaço Range, Minas Gerais, Brazil, determined by in situ-produced cosmogenic beryllium-10. *Geomorphology* 191 (2013) 1–13.
- BEHLING, H.; ARZB, H. W.; PÄTZOLD, J.; WEFER, G. 2002. Late Quaternary vegetational and climate dynamics in southeastern Brazil, inferences from marine cores GeoB 3229-2 and GeoB 3202-1. *Palaeogeogr Palaeoclimatol Palaeoecol* 179:227–243.
- BIERMAN, P.R., CAFFEE, M., 2001. Slow rates of rock surface erosion and sediment production across the Namib Desert and escarpment, southern Africa. *Am. J. Sci.* 301, 326–358. <http://dx.doi.org/10.2475/ajs.301.4-5.326>.
- BIERMAN, P.R., COPPERSMITH, R., HANSON, K., NEVELING, J., PORTENGA, E.W., ROOD, D.H., 2014. A cosmogenic view of erosion, relief generation, and the age of faulting in southern Africa. *GSA Today* 24, 4–11. <http://dx.doi.org/10.1130/GSATG206A.1>.
- BIGARELLA, J.J., AB'SABER, A.N. 1964. Palaeogeographische und palaeoklimatische aspekte des Kanozoikums in Sued-Brasilien. *Zeitschrift fuer Geomorphologie*, v.8. p.286-312.
- BIGARELLA, J. J.; MOUSINHO, M. R.; SILVA, J. X. 1965. Processes and Environments of the Brazilian Quaternary. In: INQUA Congress, 10, Rio de Janeiro. *Caderno Especial_ Rio de Janeiro: UFRJ*, 1965. 156p.
- BISHOP, P. 2007. Long-term landscape evolution: linking tectonics and surface processes. *Earth Surface Processes and Landforms*, v. 32, p. 329-365.
- BOOKHAGEN, B.; STRECKER, M. R. 2012. Spatiotemporal trends in erosion rates across a pronounced rainfall gradient: Examples from the southern Central Andes. *Earth and Planetary Science Letters* 327-328, 97–110. DOI: 10.1016/j.epsl.2012.02.005.
- BRAUN, J. 2002. Quantifying the effect of recent relief changes on age-elevation relationships. *Earth and Planetary Sciences Letters* 200:331-343.
- BRAUN, J.; VAN DER BEEK, P. 2004. Evolution of passive margin escarpments: what can we learn from low-temperature thermochronology? *Journal of Geophysical Research* 109: F04009. DOI: 10.1029/2004JF000147.
- BRAUN, J.; SIMON-LABRIC, T.; MURRAY, K. E.; REINERS, P. W. 2014. Topographic relief driven by variations in surface rock density. *Nature Geoscience* 7, 534–540. DOI: 10.1038/ngeo2171.
- BRITO NEVES, B. B.; CAMPOS NETO, M .C.; FUCK, R. A. 1999. From Rodinia to Western Gondwana: An approach to the Brasiliano-Pan African Cycle and orogenic collage. *Episodes*, 22(3):155-166.
- BROWN, E.T.; STALLARD, R.F.; LARSEN, M.C.; RAISBECK, G.M.; YIOU, F. 1995. Denudation rates determined from the accumulation of in situ-produced ^{10}Be in the Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico. *Earth and Planetary Sciences Letters*. v. 129, p. 193-202.
- BROWN, R. W.; GALLAGHER, K.; GLEADOW, A. J. W.; SUMMERFIELD, M. A. 2000a. Morphotectonic evolution of the South Atlantic margins of Africa and South America. In *Geomorphology and Global Tectonics*, Summerfield MA (ed.). Wiley: Chichester; 255–281.
- BROWN, R. W.; SUMMERFIELD, M. A.; GLEADOW, A. J. W. 2000b. Denudational history along a transect across the Drakensberg Escarpment of southern Africa derived from apatite fission-track thermochronology. *Journal of Geophysical Research* 107: 2350. DOI:10.1029/2001JB000745.

- BROWN, R. W.; BEUCHER, R.; ROPER, S.; PERSANO, C.; STUART, F.; FITZGERALD, P. 2013. Natural age dispersion arising from the analysis of broken crystals. Part I: Theoretical basis and implications for the apatite (U–Th)/He thermochronometer. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 122, 478–497
- BURBANK, D.W., LELAND, J., FIELDING, E., ANDERSON, R.S., BROZOVIC, N., REID, M.R., DUNCAN, C., 1996. Bedrock incision, rock uplift and threshold hillslopes in the northwestern Himalayas. *Nature* 379, 505–510.
- BURBANK, D. W.; BLYTHE, A. E.; PUTKONEN, J.; PRATT-SITULA, B.; GABET, E.; OSKIN, M.; BARROS, A.; OJHA, T. P. 2003. Decoupling of erosion and precipitation in the Himalayas. *Nature* 426: 652–655
- CHEREM, L.F.S.; VARAJÃO, C.A.C.; BRAUCHER, R.; BOURLÈS, D.; SALGADO, A.A.R.; VARAJÃO, A.F.D.C. 2012. Long-term evolution of denudational escarpments in southeastern Brazil. *Geomorphology* 173–174, 118–127.
- COBBOLD, P. R., MEISLING, K. E. , MOUNT, V. S. 2001. Reactivation of na obliquely rifted margin, Campos and Santos Basins, southeastern Brazil, *AAPG Bull.*, 85, 1925–1944.
- COCKBURN, H.A.P., BROWN, R.W., SUMMERFIELD, M.A., SEIDL, M.A., 2000. Quantifying passive margin denudation and landscape development using a combined fission track thermochronology and cosmogenic isotope analysis approach. *Earth and Planetary Science Letters* 179, 429–435.
- COCKBURN, H. A. P., SUMMERFIELD, M. A. 2004. Geomorphological applications of cosmogenic isotope analysis. *Progress in Physical Geography* 28: 1–42.
- COELHO NETTO, A. L. 2003. Evolução de cabeceira de drenagem no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul (SP/RJ): A formação e o crescimento da rede de canais sob controle estrutural. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v.4, n.2, pp.118-167.
- COGNÉ, N., GALLAGHER, K., COBBOLD, P. R. 2011. Post-rift reactivation of the onshore margin of southeast Brazil: evidence from apatite (U–Th)/He and fission-track data. *Earth Planet Sci Lett* 309:118– 130. doi:10.1016/j.epsl.2011.06.025.
- COGNÉ, N., GALLAGHER, K., COBBOLD, P. R., RICCOMINI, C., GAUTHERON, C. 2012. Post-breakup tectonics in southeast Brazil from thermochronological data and combined inverse-forward thermal history modeling. *J Geophys Res* 117:B11413. doi:10.1029/2011JB009340.
- COGNÉ, N., GALLAGHER, K., COBBOLD, P. R., RICCOMINI, C., GAUTHERON, C. 2012b. Tectonic setting of the Taubaté Basin (Southeastern Brazil): insights from regional seismic profiles and outcrop data. *J South Am Earth Sci* 42:194–204. doi:10.1016/j.jsames.2012.09.011.
- CONTRERAS, J., ZÜHLKE, R., BOWMAN, S., BECHSTÄDT, T. 2010. Seismic stratigraphy and subsidence analysis of the southern Brazilian margin (Campos, Santos and Pelotas basins), *Mar. Pet. Geol.*, 27, 1952–1980, doi:10.1016/j.marpetgeo.2010.06.007.
- CODILEAN, A. T. 2006. Calculation of the cosmogenic nuclide production topographic shielding scaling factor for large areas using DEMs. *Earth Surface Processes and Landforms*. 31, 785–794. DOI: 10.1002/esp.1336.
- COSTA, L. A. M.; ANGEIRAS, A. G. 1971. Geosynclinal Evolution in the Epi-Baikalian Plataform of Central Brazil: *Geologische Rundschau* 60:1024-1050.
- CREPRANI, E.; MEDEIROS, J. S. DE; FILHO, P.H.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE,V.; BARBOSA, C.C.F. 2001. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico –

econômico e ao ordenamento territorial. São José dos Campos, INPE. 124 p. (INPE – 8454 – RPQ/722).

CRUZ, F. W. et al. 2009 Orbital and millennial-scale precipitation changes in Brazil from speleothem records. *Past Climate Variability in South America and Surrounding 29 Regions: From the Last Glacial Maximum to the Holocene*, eds Vimeux F, Sylvestre F, Khodri M (Springer, Dordrecht, The Netherlands), pp 29–60.

DADSON, S. J., HOVIUS, N., CHEN, H., DADE, W. B., HSIEH, M-L, WILLETT, S. D., HU, J-C, HORNG, M-J, CHEN, M-C, STARK, C., LAGUE, D., LIN, J-C. 2003. Links between erosion, runoff variability and seismicity in the Taiwan orogen. *Nature* 426: 648–651.

da SILVA, A.S., GUERRA, A.J.T., POLIVANOV, H. et al. *Nat Hazards* (2016) 81: 1177. doi:10.1007/s11069-015-2126-7

De MARTONNE, E. 1943. Problemas morfológicos do Brasil Tropical Atlântico. *Revista brasileira de Geografia*, São Paulo. v. 5, n. 4, p. 532-550.

De PLOEY, J.; CRUZ, O. 1979. Landslides in the serra do mar, Brazil. *Catena* 6, 111 – 122.

DiBIASE, R. A.; WHIPPLE, K. X.; HEIMSATH, A. M.; OUIMET, W. B. 2010. Landscape form and millennial erosion rates in the San Gabriel Mountains, CA. *Earth Planet. Sci. Lett.* 289, 134–144. <http://dx.doi.org/10.1016/j.epsl.2009.10.036>.

DUMITRU, T. A.; HILL, K. C.; COYLE, D. A.; DUDDY, I. R.; FOSTER, D. A.; GLEADOW, A. J. W.; GREEN, P. F.; KOHN, B. P.; LASLETT, G. M.; O’SULLIVAN, A. J. 1991. Fission track thermochronology: application to continental rifting of south-eastern Australia. *APEA Journal* 31: 131–142.

DUNAI, T.J., 2010. *Cosmogenic Nuclides: Principles, Concepts and Applications in Earth Sciences*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. (199 pp.).

EGHOLM, D.L., KNUDSEN, M.F., SANDIFORD, M., 2013. Lifespan of mountain ranges scaled by feedbacks between landsliding and erosion by rivers. *Nature* 498, 475–478. <http://dx.doi.org/10.1038/nature12218>.

EHLERS, T.A.; FARLEY, K.A. 2003. Apatite (U–Th)/He thermochronometry: methods and applications to problems in tectonic and surface processes. *Earth and Planetary Science Letters* 206: 1–14.

ENGLAND, P. C.; MOLNAR, P. 1990. Surface uplift, uplift of rocks, and exhumation of rocks. *Geology* 18: 1173–1177.

FARR, T. G.; ROSEN, P. A.; CARO, E.; CRIPPEN, R.; DUREN, R.; HENSLEY, S.; KOBRICK, M.; PALLER, M.; RODRIGUEZ, E.; ROTH, L.; SEAL, D.; SHAFFER, S.; SHIMADA, J.; UMLAND, J. 2007, The Shuttle Radar Topography Mission. *Review of Geophysics* 45, RG2004. DOI:10.1029/2005RG000183.

FARLEY, K. A.; WOLF, R. A.; SILVER, L.T. 1996. The effects of long alpha-stopping distances on (U–Th)/He ages, *Geochim.Cosmochim. Acta* 60 (1996) 4223-4229

FARLEY, K. A. 2000. Helium diffusion from apatite: general behavior as illustrated by Durango fluorapatite. *Journal Geophysical Research* v.105, p. 2903-2914.

FARLEY, K. A. 2002. (U–Th)/He dating: Techniques, calibrations, and applications, in: P.D. Porcelli, C.J. Ballentine, R. Wieler (Eds.), *Noble Gas Geochemistry, Reviews in Mineralogy and Geochemistry* vol. 47 (2002), pp. 819-843.

FELLIN, M. G.; ZATTIN, M.; PICOTTI, V. 2005. Relief evolution in northern Corsica (western Mediterranean): Constraints on uplift and erosion on long-term and short-term timescales. *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH*, VOL. 110, F01016, doi:10.1029/2004JF000167.

FERNANDES, N. F.; GUIMARÃES, R. F.; GOMEZ, R. A. T.; VIEIRA, B.C.; MONTGOMERY, D. R.; GREENBERG, H. 2004. Topographic controls of landslides in Rio de Janeiro: field evidence and modeling. *Catena* 55, 163–181. DOI: 10.1016/S0341-8162(03)00115-2.

FETTER, M. 2009. The role of basement tectonic reactivation on the structural evolution of Campos Basin, offshore Brazil: Evidence from 3D seismic analysis and section restoration, *Mar. Pet. Geol.*, 26, 873–886, doi:10.1016/j.marpetgeo.2008.06.005.

FLEMING, A.; SUMMERFIELD, M. A.; STONE, J. O.; FIFIELD, L. K.; CRESSWELL, R. G. 1999. Denudation rates for the southern Drakensberg escarpment, SE Africa, derived from in-situ-produced cosmogenic ³⁶Cl: initial results. *Journal of the Geological Society of London* 156: 209–212.

FLINT, J.J., 1974. Stream gradient as a function of order, magnitude, and discharge. *Water Resour. Res.* 10, 969–973.

FLOWERS, R. M.; KETCHAM, R. A.; SHUSTER, D. L.; FARLEY, K. A. 2009. Apatite (U-Th)/He thermochronometry using a radiation damage accumulation and annealing model, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 73, 2347–2365, doi:10.1016/j.gca.2009.01.015.

FLOWERS, R. M.; KELLEY, S. A. 2011. Interpreting data dispersion and —inverted|| dates in apatite (U–Th)/He and fission-track datasets: an example from the US midcontinent. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 75(18), 5169–5186.

FRANCO-MAGALHAES, A. O. B. ; CUGLIERI, M. A. A. ; HACKSPACHER, P. C. ; SAAD, A. R. 2013. Long-term landscape evolution and post-rift reactivation in the southeastern Brazilian passive continental margin: Taubaté basin. *International Journal of Earth Sciences* (1999. Print), v. 1, p. 1.

FREITAS, A. G.; CARVALHO, M. A.; MENDONÇA, C. B. F.; GONÇALVES-ESTEVES, V. 2013. Pollen grains in Quaternary sediments from the Campos Basin, state of Rio de Janeiro, Brazil: Core BU- 91-GL-05. *Acta Bot Brasilica* 27:761–772.

FURIAN, S.; BARBIÉRO, L.; BOULET, R. 1999: Organisation of the soil mantle in tropical southeastern Brazil (Serra do Mar) in relation to landslides processes. *Catena* 38, 65–83.

GALLAGHER, K., HAWKESWORTH, C.J., MANTOVANI, M.S.M., 1994. Denudation, fission track analysis and the long-term evolution of passive margin topography: application to the southeast Brazilian margin. *Journal of South American Earth Sciences* 8 (1), 65–77.

GALLAGHER, K.; BROWN, R. W.; JOHNSON, C. 1998. Fission track analysis and its application to geological problems. *Annual Review of Earth and Planetary Science* 26: 519–572.

GALLAGHER, K. 2012. Transdimensional inverse thermal history modeling for quantitative thermochronology, *J. Geophys. Res.*, 117, B02408, doi:10.1029/2011JB008825.

GAUTHERON, C.; TASSAN-GOT, L.; BARBARAND, J.; PAGEL, M. 2009. Effect of alpha-damage annealing on apatite (U-Th)/He thermochronology, *Chemical Geology.*, 266, 157–170, doi:10.1016/j.chemgeo.2009.06.001.

GENARO, D. T. 2008. Contribuição ao conhecimento de processos atuantes no rifteamento continental, por traços de fissão em zircões e apatitas, aplicados no rift continental do sudeste do Brasil, bacias de Taubaté, Resende, Volta Redonda e circunvizinhanças. 2008. 131 f.

Dissertação - (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas.

GILCHRIST, A.R.; SUMMERFIELD, M.A., 1994. Tectonic models of passive margin evolution and their implications for theories of long-term landscape development. In: Kirkby, M.J (Ed.), *Process Models and Theoretical Geomorphology*. John Wiley & Sons Ltd, pp. 55-84.

GONZALEZ, V. S.; BIERMAN, P. R.; FERNANDES, N. F.; HOOD, D. H. Long-term background denudation rates of southern and southeastern Brazilian watersheds estimated with cosmogenic ^{10}Be . *Geomorphology* 268 (2016) 54–63. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2016.05.024>.

GRANGER, D. E. Cosmogenic nuclides. 2007. Landscape evolution. In: ELIAS, S. A. (ed.). *Encyclopedia of Quaternary Sciences*: Amsterdam: Elsevier. p. 445-452.

GREEN, P.F.; DUDDY, I. R.; GLEADOW, A. J. W.; TINGATE, P. R.; LASLETT, G. M. 1986. Thermal annealing of fission tracks in apatite 1: a qualitative description. *Chemical Geology – Isotope geoscience Section* (59) 4: p. 237-253.

GREEN, P. F.; DUDDY, I. R. 2006. Interpretation of apatite (U–Th)/He ages and fission track ages from cratons. *Earth and Planetary Science Letters*, 244(3), 541-547.

GUNNELL, Y.; HARBOR, D. 2010. Butte detachment: how pre-rift geological structure and drainage integration drive escarpment evolution at rifted continental margins. *Earth Surf. Process. Landf.* 35, 1373–1385. <http://dx.doi.org/10.1002/esp.1973>.

HACK, J. T., 1975. Dynamic equilibrium and landscape evolution. In: MELHORN, W. N.; FLEMAL, R. C. (Ed.). *Theories of landform development*. London: Allen & Unwin, 1975. p. 87-102.

HACKSPACHER, P.C.; RIBEIRO, L. F. B.; RIBEIRO, M.C.S.; FETTER, A.H.; HADLER NETO, J.C.; TELLO SAENZ, C.A.; DANTAS, E.L. Consolidation and Break-up of the South American Platform in Southeastern Brazil: Tectonothermal and Denudation Histories. *Gondwana Research*, v. 7, n. 1, p. 91 – 101, 2004.

HACKSPACHER, P. C., GODOY, D. F., RIBEIRO, L. F. B., HADLER NETO, J. C., A. O. B. 2007. Modelagem térmica e geomorfologia da borda sul do Cráton do São Francisco: termocronologia por traços de fissão em apatita. *Revista Brasileira de Geociências*. 37(4 - suplemento): 76-86, dezembro de 2007.

HAFFER, J. 1969. Speciation in amazonian forest birds. *Science* 165(3889):131–137.

HAMZA V.M., FRANGIPANI A., Becker E.A., Mioto J.A. 1989. Mapas geotermais do Brasil. Relatório interno do Instituto de Pesquisas Tecnológicas, SP. Brasil, IPT - nº 27069.

HAMZA, V. M.; CARDOSO, R. A.; GOMES, A. J. L. 2005. Gradiente e fluxo géotérmico na região sudeste: Índícios de calor residual do magmatismo alcalino e implicações para maturação térmica de sedimentos na plataforma continental, paper presented at III Simposio de Vulcanismo e Ambientes Associados, Cabo Frio, Brazil.

HEILBRON, M.; MOHRIAK, W. U.; VALERIANO, C. M.; MILANI, E. J.; ALMEIDA J.; TUPINAMBÁ, M. 2000. From collision to extension: the roots of the southeastern continental margin of Brazil. In: W.U. Mohriak, M. Talwani (eds). *Atlantic rifts and continental margins*. Washington, D.C., AGU, *Geophysical Monograph* 115, p. 1-32.

HEILBRON M.; MACHADO N. 2003. Timing of terrane accretion in the Neoproterozoic-Eopaleozoic Ribeira orogen (SE Brazil). *Precambrian Research* 125:87-112.

HEILBRON, M.; PEDROSA-SOARES, A.C.; CAMPOSNETO, M. C.; SILVA, L.C.; TROUW, R.A.J.; JANASI, V.A.; 2004 - Província Mantiqueira, p. 204-234. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI,

A.; CARNEIRO, C.D.R.; BRITO-NEVES, B.B.; (org) *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*, São Paulo, Beca, 647p.

HEIMSATH, A. M.; CHAPPELL, J.; DIETRICH, W. E.; NISHIIZUMI, K.; FINKEL, R. C. 2000. Soil production on a retreating escarpment in southeastern Australia. *Geology* 28: 787–790.

HEIMSATH, A. M., CHAPPELL, J., FINKEL, R. C., FIFIELD, K., ALIMANOVIC, A., 2006. Escarpment erosion and landscape evolution in southeastern Australia, in Willett, S.D., Hovius, N., Brandon, M.T., and Fisher, D.M., eds., *Tectonics, Climate, and Landscape Evolution: Geological Society of America Special Paper 398*, p. 173–190.

HEIMSATH, A.M., FINK, D., HANCOCK, G.R., 2009. The 'humped' soil production function: eroding Arnhem Land, Australia. *Earth Surf. Process. Landf.* 34 (12), 1674–1684.

HIJMAN, R.J., CAMERON, S.E., PARRA, J.L., JONES, P.G., JARVIS, A., 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *Int. J. Climatol.* 25 (15), 1965–1978.

HIRUMA S.T. et al. 2010. Denudation history of the Bocaina Plateau, Serra do Mar, southeastern Brazil: Relationships to Gondwana breakup and passive margin development *Gondwana Research* 18 (2010) 674–687.

HIRUMA, S.T., MODENESI-GAUTTIERI, M.C., RICCOMINI, C. 2013. Late Quaternary colluvial deposits in the Bocaina Plateau, southeastern Brazil highlands: age and palaeoenvironmental consequences. *Boreas* (Oslo. Trykt utg.) 42, 306–316.

KARL, M.; GLASMACHER, U. A.; KOLLENZ, S. ; FRANCO-MAGALHAES, A. O.B. ; STOCKLI, D. F. ; HACKSPACHER, P. C. 2013. Evolution of the South Atlantic passive continental margin in southern Brazil derived from zircon and apatite (U-Th-Sm)/He and fission-track data. *Tectonophysics* (Amsterdam), v. 604, p. 224–244.

KAWAMURA, K.; PARRENIN, F.; LISIECKI, L.; UEMURA, R.; VIMEUX, F.; SEVERINGHAUS, J.; HUTTERLI, M.; NAKAZAWA, T.; AOKI, S.; JOUZEL, J.; RAYMO, M.; MATSUMOTO, K.; NAKATA, H.; MOTOYAMA, H.; FUJITA, S.; GOTO-AZUMA, K.; FUJII, Y.; WATANABE, O. 2007. Northern Hemisphere forcing of climatic cycles in Antarctica over the past 360,000 years. *Nature*. 448. 912–6. 10.1038/nature06015.

KETCHAM, R. A.; DONELICK, D.A.; CARLSON, W. D. 1999. Variability of apatite fission-track annealing kinetics: III. Extrapolation to geologic time scales, *Am. Mineral.* 84 (1999) 1235–1255.

KING, L.C. 1956 - A Geomorfologia do Brasil Oriental. *Revista Brasileira de Geografia*, V.18, N.2, P.147–265.

KOHL, C.P., NISHIIZUMI, K., 1992. Chemical isolation of quartz for measurement of in-situ produced cosmogenic nuclides. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 56, 3583–3587.

LAL, D., 1991. Cosmic ray labeling of erosion surfaces: in situ nuclide production rates and erosion models. *Earth Planet. Sci. Lett.* 104, 424–439. DOI:10.1016/0012-821X(91)90220-C.

LEGRAIN, N.; STÜWE, K.; WÖFLER, A. 2014. Incised relict landscapes in the eastern Alps: *Geomorphology*, v. 221, p. 124–138, DOI:10.1016/j.geomorph.2014.06.010

LEGRAIN, N.; DIXON, J.; STÜWE, K.; VON BLANCKENBURG, F.; KUBIK, P. 2015. Post-Miocene landscape rejuvenation at the eastern end of the Alps. *Lithosphere*. v. 7; no. 1; p. 3–13. DOI: 10.1130/L391.1.

LEITE, Y. L. R. *et al.* Neotropical forest expansion during the last glacial period challenges refuge hypothesis. *PNAS*. 11 jan 2016.

LEPSCH, I. F. 2011. 19 lições de Pedologia. São Paulo: Oficina de Textos.

- LISIECKI, L. E.; RAYMO M. E. 2005. A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic $\delta^{18}O$ records, *Paleoceanography*, 20, PA1003, doi:10.1029/2004PA001071.
- LOPES, E. S. S. Modelagem espacial dinâmica em sistema de informação geográfica – uma aplicação ao estudo de movimentos de massa em uma região da Serra do Mar paulista. Rio Claro, 2006. Thesis (PhD in Geosciences and environment) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista/Campus de Rio Claro. 320 p.
- MACHADO N., VALLADARES C, HEILBRON M., VALERIANO C. 1996. U-Pb geochronology of the central Ribeira Belt (Brazil) and implications for the evolution of the Brazilian Orogeny. *Precambrian Research*, 79:347-361.
- MANDAL, S. K. et al. 2015. Spatial variability of ^{10}Be -derived erosion rates across the southern Peninsular Indian escarpment: A key to landscape evolution across passive margins. *Earth and Planetary Science Letters* 425 (2015) 154–167
- MATMON, A.; BIERMAN, P.; ENZEL, Y. 2002. Pattern and tempo of great escarpment erosion. *Geology* 30: 1135–1138.
- MATMON, A., BIERMAN, P.R., LARSEN, J., SOUTHWORTH, S., PAVICH, M., FINKEL, R., CAFFEE, M., 2003. Erosion of an ancient mountain range, the Great Smoky Mountains, North Carolina and Tennessee. *Am. J. Sci.* 303, 817–855.
- MCKENZIE, D., 1978. Some remarks on the development of sedimentary basins, *Earth and Planet Sci. Lett.*, v. 40, 25-32.
- MEESTERS, A. G. C. A.; DUNAI, T.J. 2002. Solving the production/diffusion equation for finite diffusion domains of various shapes: Part II. Application to cases with a-ejection and non-homogeneous distribution of the source, *Chem. Geol.* 186 (2002) 57-73.
- MILANI, E.J., RAMOS, V.A. 1998. Orogenias paleozóicas no domínio sul-ocidental do Gondwana e os ciclos de subsidência da Bacia do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*, 28:527-544.
- MILANI E.J. 2004. Comentários sobre a origem e a evolução tectônica da Bacia do Paraná. In: MONTESSO-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*. Ed. Becca, p.265-279.
- MODENESI-GAUTTIERI, M. C. 2000. Hillslope deposits and the Quaternary evolution of the altos campos – Serra da Mantiqueira, from Campos do Jordão to the Itatiaia Massif. *Revista Brasileira de Geociências* 30, 508–514.
- MODENESI-GAUTTIERI M.C., HIRUMA S.T., RICCOMINI C. 2002. Morphotectonics of a high plateau on the northwest flank of the continental rift of Southeastern Brazil. *Geomorphology*, 43:257-271.
- MODENESI-GAUTTIERI, M. C., DE TOLEDO, M. C. M., HIRUMA, S. T., TAIOLI, F., SHIMADA, H. 2011. Deep weathering and landscape evolution in a tropical plateau, *Catena*, 85, 221–230, doi:10.1016/j.catena.2011.01.006.
- MOHRIAK, W. U., 2004. Recursos energéticos associados à ativação tectônica mesozóico-cenozóica da América do Sul. In: V. Mantesso – Neto, A. Bartorelli, C.D.R. Carneiro and B.B. Brito-Neves (eds.), *Geologia do continente sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*, cap. XVIII, p. 293 – 318.
- MONTGOMERY, D. R., 2001. Slope distributions, threshold hillslopes, and steady-state topography. *Am. J. Sci.* 301, 432_454.

- MONTGOMERY, D. R.; BRANDON, M.T. 2002. Topographic controls on erosion rates in tectonically active mountain ranges. *Earth Planet. Sci. Lett.* 201, 481–489. [http://dx.doi.org/10.1016/S0012-821X\(02\)00725-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0012-821X(02)00725-2).
- NICHOLS, K.K., BIERMAN, P., ROOD, D.H., 2014. ^{10}Be constrains the sediment sources and sediment yields to the Great Barrier Reef from the tropical Barron River catchment, Queensland, Australia. *Geomorphology* 224, 102–110.
- NISHIZUMI, K.; IMAMURA, M.; CAFFEE, M. W.; SOUTHERN, J. R.; FINKEL, R. C.; MCANINCH, J. 2007. Absolute calibration of Be-10 AMS standards. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B*, v. 258, n. 2, p. 403–413, 2007.
- OLLIER, C.D. 1985. Morphotectonics of continental margins with great escarpments. In *Tectonic Geomorphology*, Morisawa M, Hack JT(eds). Allen and Unwin: Boston, MA; 3–25.
- OLLIER, C. D.; PAIN, C. F. 1997. Equating the basal unconformity with the palaeoplain: a model for passive margins. *Geomorphology* 19: 1–15.
- OUMET, W. B.; WHIPPLE, K. X.; GRANGER, D. E. 2009. Beyond threshold hillslopes: channel adjustment to base-level fall in tectonically active mountain ranges. *Geology* 37, 579–582. <http://dx.doi.org/10.1130/G30013A.1>.
- PAZZAGLIA, F. J.; GARDNER, T. W.; MERRITTS, D. J. 1998. Bedrock fluvial incision and longitudinal profile development over geologic time scales determined by fluvial terraces, in *Rivers Over Rock: Fluvial Processes in Bedrock Channels*, Geophys. Monogr. Ser., vol. 107, editado por K. J. Tinkler e E. E. Wohl, pp. 207–235, AGU, Washington, D. C..
- PAZZAGLIA, F. J.; BRANDON, M. T. 2001. A fluvial record of long-term steady-state uplift and erosion across the Cascadia Forearc High, western Washington State *American Journal of Science*, Vol. 301, April/May, 2001, P. 385–431.
- PEDOJA, K., et al. (2011), Relative sea-level fall since the last interglacial stage: Are coasts uplifting worldwide?, *Earth Sci. Rev.*, 108, 1–15, doi:10.1016/j.earscirev.2011.05.002.
- PERSANO, C.; STUART, F. M.; BISHOP, P.; BARFOD, D.N. 2002, Apatite (U-Th)/He age constraints on the development of the Great Escarpment of the southeastern Australian passive margin: *Earth and Planetary Science Letters*, v. 200, p. 79–90.
- PESSENDA, L. C. R. et al. 2009. The evolution of a tropical rainforest/grassland mosaic in southeastern Brazil since 28,000 ^{14}C yr BP based on carbon isotopes and pollen records. *Quat Res* 71:437–452.
- PIVEL, M. A. G.; TOLEDO, F. A. L.; COSTA, K. B. 2010. Foraminiferal record of changes in summer monsoon precipitation at the southeastern Brazilian continental margin since the Last Glacial Maximum. *Revista Brasileira de Paleontologia* 13:79–88.
- PORTENGA, E. W.; BIERMAN, P. R. 2011. Understanding Earth's eroding surface with ^{10}Be . *GSA Today* 21, 4–10. <http://dx.doi.org/10.1130/G111A.1>.
- PRANCE, G.T. 1982. *Biological Diversity in the Tropics*. Columbia University Press, New York.
- PRICE B. P.; WALKER, R. M. Observation of charged-particle tracks in solids. *Journal Applied Physical*, v. 33, p. 3400-3406, 1962b.
- PUPIM, F. N.; BIERMAN, P. R. ; ASSINE, M. L. ; ROOD, D. H. ; SILVA, A. ; MERINO, E. R., 2015. Erosion rates and landscape evolution of the lowlands of the Upper Paraguay river basin (Brazil) from cosmogenic ^{10}Be . / *Geomorphology* 234. 151–160. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.01.016>.

- RAAB, M. J.; BROWN, R. W.; GALLAGHER, K.; CARTER, A.; WEBER, K. 2002. Late Cretaceous reactivation of major crustal shear zones in northern Namibia: Constraints from apatite fission track analysis, *Tectonophysics*, 349, 75–92, doi:10.1016/S0040-1951(02)00047-1.
- RADAM BRASIL. 1983. Secretaria Geral – Ministério de Minas e Energia. Projeto RADAM BRASIL; Folhas SF 23/24, Rio de Janeiro/Vitória: VOLUME 32.
- REINERS, P. W.; EHLERS, T. A.; MITCHELL, S. G.; MONTGOMERY, D. R. 2003. Coupled spatial variations in precipitation and long-term erosion rates across the Washington Cascades. *Nature* 426: 645–647.
- REINERS, P.W.; BRANDON, M.T. 2006. Using the Thermochronology to understand orogenic erosion. *Annual Review of Earth and Planetary Science*, v. 34, p. 419-466.
- REZENDE, E. A.; SALGADO, A. A. R.; DA SILVA, J. R.; BOURLÉS, D.; LEÁNNI, L. 2013. Fatores controladores da evolução do relevo no flanco NNW do rift continental do sudeste do Brasil: Uma análise baseada na mensuração dos processos denudacionais de longo termo. *Revista Brasileira de Geomorfologia* 14 (2), 221–234. DOI: 10.20502/rbg.v14i2.416.
- RICCOMINI, C. 1989. O Rift continental do Sudeste do Brasil. 1989. 256 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- RICCOMINI, C.; SANT’ANNA, L.G. & FERRARI, A.L. 2004. Evolução geológica do Rift Continental do Sudeste do Brasil. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; DAL RÉ CARNEIRO, C. & BRITO NEVES, B.B. (orgs.) *Geologia do Continente Sul-Americano – Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. Beca, p. 383-405.
- RICCOMINI, C.; VELÁZQUEZ, V. F.; GOMES, C. B. 2005. Tectonic controls of the mesozoic and cenozoic alkaline magmatism in central-southeastern Brazilian Platform. In: COMIN-CHIARAMONTI, P.; GOMES, C. B. (Ed.) *Mesozoic to cenozoic alkaline magmatism in the Brazilian Platform*. São Paulo: Edusp-Fapesp, 2005. p. 31-56.
- RICCOMINI, C.; HIRUMA, S.T.; MODENESI-GAUTTIERI, M.C.; HACKSPACHER, P.C.; HADLER NETO, J.C. 2008. The evolution of the elevated, passive continental margin of southeastern Brazil: Magmatism, changes of stress field, uplift, and river captures. 33th International Geological Congress, Oslo, IUGS, Abstract, CD-ROM.
- RIEBE, C.S., KIRCHNER, J.W., FINKEL, R.C., 2003. Long-term rates of chemical weathering and physical erosion from cosmogenic nuclides and geochemical mass balance. *Geochim. Cosmochim. Acta* 67 (22), 4411–4427.
- ROERING, J.J., KIRCHNER, J.W., DIETRICH, W.E., 1999. Evidence for nonlinear, diffusive sediment transport on hillslopes and implications for landscape morphology. *Water Resour. Res.* 35, 853–870.
- RÖMMER, W. Accordant summit heights, summit levels and the origin of the “upper denudation level” in the Serra do Mar (SE-Brazil, São Paulo): A study of hillslope forms and processes., 2008. *Geomorphology* 100. 312–327, DOI: 10.1016/j.geomorph.2008.01.001.
- ROSENKRANZ, R.; SCHILDGEN, T; WITTMANN H; SPIEGEL, C. 2018. Coupling erosion and topographic development in the rainiest place on Earth: Reconstructing the Shillong Plateau uplift history with in-situ cosmogenic ^{10}Be . *Earth and Planetary Science Letters*. 483(2018)39–51, DOI: 10.1016/j.epsl.2017.11.047
- SALGADO, A.A.R., BRAUCHER, R., VARAJÃO, C.A.C., COLIN, F., VARAJÃO, A.F.D.C., NALINI Jr., H.A., 2008. Relief evolution of the Quadrilátero Ferrífero (Minas Gerais, Brazil) by means of ^{10}Be cosmogenic nuclide. *Zeitschrift für Geomorphologie* 52, 317–323.

- SALGADO, A. A. R.; MARENT, B. R.; CHEREM, L. F. S.; BOURLÈS, D.; SANTOS, L. J. C.; BRAUCHER, R.; BARRETO, H. N. 2014. Denudation and retreat of the Serra do Mar escarpment in southern Brazil derived from in situ-produced ^{10}Be concentration in river sediment. *Earth Surf. Process. Landforms*, Vol. 39, 311–319.
- SALGADO, A. A. R., REZENDE, E. D. A., BOURLÈS, D., BRAUCHER, R., SILVA, J. R. D., GARCIA, R. A. 2016 Relief evolution of the Continental Rift of Southeast Brazil revealed by in situ-produced ^{10}Be concentrations in river-borne sediments, *Journal of South American Earth Sciences* (2016), doi: 10.1016/j.jsames.2016.02.002.
- SANT'ANNA NETO, J., 2005. Decálogo da climatologia do sudeste brasileiro. 886 *Revista Brasileira de Climatologia*, 1, 43–60.
- SCHARF, T. E.; CODILEAN, A. T.; De WIT, M.; JANSEN, J. D.; KUBIK, P. W. 2013. Strong rocks sustain ancient postorogenic topography in southern Africa. *Geology* 41, 331–334. <http://dx.doi.org/10.1130/G33806.1>.
- SCHERLER, D.; BOOKHAGEN, B.; STRECKER, M. R. 2014. Tectonic control on ^{10}Be -derived erosion rates in the Garhwal Himalaya, India. *J. Geophys. Res.* 119, 83–105. <http://dx.doi.org/10.1002/2013JF002955>.
- SCHMITT R.S., TROUW R.A.J., VAN SCHMUS, W.R. 1999. The characterization of a Cambrian (« 520 Ma) tectonometamorphic event in the Costeiro Domain of the Ribeira Belt, using U-Pb in syntectonic veins. In: *Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos*. Lençóis. Extended Abstracts.
- SCHUMM, S.A.; LICHTY, R.W. 1965: Time, space and causality in geomorphology. *American Journal of Science* 263, 110-19.
- SCHWANGHART, W.; SCHERLER, D. 2014. TopoToolbox 2 – MATLAB-based software for topographic analysis and modeling in Earth surface sciences. *Earth Surface Dynamics*, 2, 1-7. DOI: 10.5194/esurf-2-1-2014, Discussion paper: 10.5194/esurfd-1-261-2013]. open access and software available here DOI: 10.1594/IEDA/100175.
- SIAME, L.; BRUACHER, R. & BOURLÈS, D.L. 2000. Les nucléides cosmogéniques produits in situ: de nouveaux outils en géomorphologie quantitative. *Bulletin Société Géologue de France*, 171(4): 383-396.
- SIQUEIRA-RIBEIRO, M. C.; HACKSPACHER, P. C.; RIBEIRO, L. F. B.; HADLER NETO, J. C. 2011. Evolução tectônica e denudacional da Serra do Mar (SE/Brasil) no limite entre o Cretáceo Superior e Paleoceno, utilizando análises de traço de fissão e U-Th/He em apatitas. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. V. 12, no. 3.
- Sordi, M. C; Salgado, A. A. R.; Siame, L.; Bourlès, D.; Paisani, J. C.; Léanni, L.; Braucher, R.; Couto, E. V.; ASTER Team. 2018. Implications of drainage rearrangement for passive margin escarpment evolution in southern Brazil. *Geomorphology* 306 (2018) 155–169. DOI: 10.1016/j.geomorph.2018.01.007.
- STONE, J.O., 2000. Air pressure and cosmogenic isotope production. *J. Geophys. Res.* 105, 23753–23759. DOI: 10.1029/2000JB900181.
- SUGUIO, K., ANGULO, R.J., CARVALHO, A.M., CORRÊA, I.C.S., TOMAZELLI, L.J. VILWOCK, J.A., VITAL, H. 2005. Paleoníveis do mar e paleolinhas de costa. In: SOUZA, C.R.G., SUGUIO, K., OLIVEIRA, A.M.S., OLIVEIRA, P.E. (Orgs). *Quaternário do Brasil*. Ribeirão Preto: ABEQUA / Holos Editora, 382p.
- SULLIVAN, C.L., 2007. ^{10}Be Erosion Rates and Landscape Evolution of the Blue Ridge Escarpment, Southern Appalachian Mountains. University of Vermont, Burlington, VT, M.Sc. (76 pp).

- SUMMERFIELD, M.A. 1991. *Global Geomorphology*. Longman Scientific and Technical. Co-published by JohnWiley and Sons Inc., New York, 537 pp.
- SUMMERFIELD MA. 2005. The changing landscape of geomorphology. *Earth Surface Processes and Landforms* 30: 779–781. DOI: 10.1002/esp.1250.
- TELLO SAENZ, C. A.; HACKSPACHER, P. C.; HADLER NETO, J. C.; IUNES, P. J.; GUEDES, S.; RIBEIRO, L. F. B.; PAULO, S. R. 2003. Recognition of cretaceous, Paleocene and neogene tectonic reactivation through apatite fission-track analysis in precambrian areas of southeast Brasil: association with the opening of the south Atlantic Ocean. *Journal of South American Earth Sciences*, Oxford, v. 15, n. 7, p. 765-774.
- TELLO, C. A. S. - 1994. Termocronologia de algumas regiões brasileiras através da análise de traços de fissão em apatitas – Instituto de Física GLEB WATAGHIN-UNICAMP, Tese de Mestrado. 103p.
- THOMAZ FILHO, A.; RODRIGUES, A. L. 1998. O alinhamento de rochas alcalinas Poços de Caldas - Cabo Frio (RJ) e sua continuidade na cadeia Vitória Trindade. *Revista Brasileira de Geociências*, n. 2, v. 29, p. 189-194
- THOMAZ FILHO, A.; CESERO, P.; MIZUSAKI, A. M.; LEÃO, J. G. 2005. Hot spot volcanic tracks and their implications for south american plate motion, Campos basin (Rio de Janeiro state), Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 18, n. 3-4, p. 383-389.
- TOMPETTE, R. 1994. *Geology of Western Gondwana 2.000-500 Ma. The Pan- African Brasiliano Amalgamation of South America and Adjacent África*. Rotterdam, Balkema. 366 p.
- TUCKER, G. E.; SLINGERLAND, R. L. 1994. Erosional dynamics, flexural isostasy, and long-lived escarpments: A numerical modeling study. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* (1978–2012), 99(B6), 12229-12243.
- VALERIANO C. M., MACHADO N., SIMONETTI A., VALLADARES C. S., SEER H.J., SIMÕES L. S. A. 2004. U-Pb geochronology of the southern Brasilia belt (SE-Brazil): sedimentary provenance, Neoproterozoic orogeny and assembly of West-Gondwana. *Precambrian Research* 130: 27-55.
- VANACKER, V., von BLANCKENBURG, F., HEWAEASAM, T., 2007. Constraining landscape development of the Sri Lankan Escarpment with cosmogenic nuclides in river sediment. *Earth and Planetary Science Letters* 253, 402–414.
- van der Wateren FM, Dunai TJ. 2001. Late Neogene passive margin denudation history – cosmogenic isotope measurements from the central Namib desert. *Global and Planetary Change* 30: 271–307.
- von BLANCKENBURG, F., 2005. The control mechanisms of erosion and weathering at basin scale from cosmogenic nuclides in river sediment. *Earth Planet. Sci. Lett.* 237, 462–479. <http://dx.doi.org/10.1016/j.epsl.2005.06.030>.
- XU, C.; DOUGANS, A. B.; FREEMAN, S. P. H. T.; SCHNABEL, C.; WILCKEN, K. M. 2010. Improved ^{10}Be and ^{26}Al -AMS with a 5 MV spectrometer. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 268, 736–738. DOI: 10.1016/j.nimb.2009.10.018.
- WHIPPLE, K. X.; TUCKER, G. E. 1999. Dynamics of the stream-power river incision model: Implications for height limits of mountain ranges, landscape response timescales, and research needs, *J. Geophys. Res.*, 104, 17,661–17,674.
- WHIPPLE, K.X. 2004. Bedrock rivers and the geomorphology of active orogens. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* 32, 151–185.

- WILDMAN, M. 2015. Reassessing the structural and geomorphic evolution of a 'classic' Atlantic type passive margin: an integrated study of the Namaqualand sector of the South African continental margin. PhD thesis. School of Geographical and Earth Sciences College of Science and Engineering University of Glasgow.
- WOBUS, C., WHIPPLE, K.X., KIRBY, E., SNYDER, N., JOHNSON, J., SPYROPOLOU, K., CROSBY, B., SHEEHAN, D., 2006. Tectonics from topography: procedures, promise, and pitfalls. *Geol. Soc. Am. Spec. Pap.* 398, 55–74.
- WOLF, R. A., FARLEY, K. A., SILVER, L. T. 1996. Helium diffusion and low temperature thermochronometry of apatite. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 60, p. 4231-4240.
- ZALÁN, P.V. 2004. A Evolução Fanerozóica das Bacias Sedimentares Brasileiras. In: MONTESSO NETO, V., BARTORELLI A., CARNEIRO C.D.R., BRITO-NEVES B.B. *Geologia do Continente SulAmericano – evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. Ed. Becca, p.595-612.
- ZALAN, P. V., & OLIVEIRA, J. B. A. 2005. Origem e Evolução Estrutural do Sistema de Riftes Cenozóicos do Sudeste do Brasil. *Geociências. Petrobras, Rio De Janeiro*, V. 13, N. 2, P. 269-300.