

## **Controle de estruturas do embasamento sobre o relevo da Bacia do rio São João, e suas implicação no desenvolvimento e configuração das superfícies erosivas no sudoeste de Minas Gerais.**

Samia de Moura Passarella<sup>1</sup>  
Veraldo Liesenberg<sup>2</sup>  
Francisco Sérgio Bernardes Ladeira<sup>3</sup>

1-IGE/UNICAMP - Campinas – passarellasm@gmail.com

2-CAV /UDESC Lages – veraldo@gmail.com

3- IGE/UNICAMP - Campinas – fsbladeira@ige.unicamp.br

**Abstract:** The morphometric parameters of the surface relief are essential for understanding the formation of a landscape that has undergone erosion and tectonic processes as well marked as in the case of the São João River Basin in southwestern Minas Gerais. With the purpose of recognizing the tectonic features that could interfere in channel development and ultimately effect on erosion cycles, rates of Isobase, topographic position (ICC), Topographic, hypsometric integral, were applied through TecDEM software, which compiled in his interface work the whole procedure, just making use of the spatial information of the digital elevation model (SRTM). Morphometric analysis, favored satisfactorily to recognize the control structures on the relief of the São João River Basin, thus demarcating the boundaries of domains and topographic surfaces, highlighting the importance of the structures and the erosive dynamics, setting the offset of the channels belonging to the basins fourth and fifth order, as defining the moment of transition from relief that is following the youth to maturity, which can be explained by the dynamics of the area that had denudational cycles associated with uplift, deposition of sediments in basins and formation continental basins.

Key words: morphometric parameters, topography and drainage anomalies, erosional surfaces, Geographic Information System, São João River Basin.

### **1. Introdução**

Estudos de parâmetros morfométricos são essenciais para o entendimento da formação da paisagem, pois fornecem o reconhecimento de elementos geomórficos típicos para a caracterização de áreas sob a influência de atividades de natureza tectônica e a possibilidade de distinguí-las das erosivas. Desde a década de 60 com as primeiras análises e produtos feitos por Filosofov, estes parâmetros têm sido constantemente aprimorados com diferentes metodologias multidisciplinares (Howard, (1967); Morisawa e Hack (1985); Wallace (1986); Summerfield (1987), (1991), Schumm (1981), (1986), (2000), (2007); Bishop e Bousquet (1989); Cox, (1994); Burbank & Anderson (2001).

Os sensores remotos, nesta última década, ao gerarem informações mais complexas da superfície terrestre, em especial a geração de modelos digitais de elevação (MDE) proporcionaram o desenvolvimento de análises cada vez mais refinadas, com informações espaciais de latitude, longitude e altitude. Estes dados tornaram possíveis a implementação de ferramentas capazes de cobrir, dos mais antigos aos mais recentes fenômenos tectônicos nos mais variados ambientes. Exemplos e aplicações geomorfológicas e tectônica usando dados remotamente situados podem ser encontrados em Garrote et al. (2008); Grohmann (2004, 2007, 2011); Shahzad et al. (2009); Shahzad & Gloaguen (2011ab); Kirby & Whipple, (2001).

Nesta investigação foram usadas as análises morfométricas de *isobase*, *índice de posição topográfica* e *índice T*, com o objetivo de reconhecer o controle de estruturas sobre do relevo da Bacia do Rio São João (Figura 1). Ainda, identificar a sua relação com as superfícies erosivas dispostas na área que afetada por processos intensos de denudação associados a soerguimento de arcos, deposição de sedimentos em bacias marginais e formação de bacias continentais, com diferentes ciclos erosivos, desde o Permiano até o final do Cretáceo Morales, (2005), Passarella et al., (2010), Hasui, (2010).

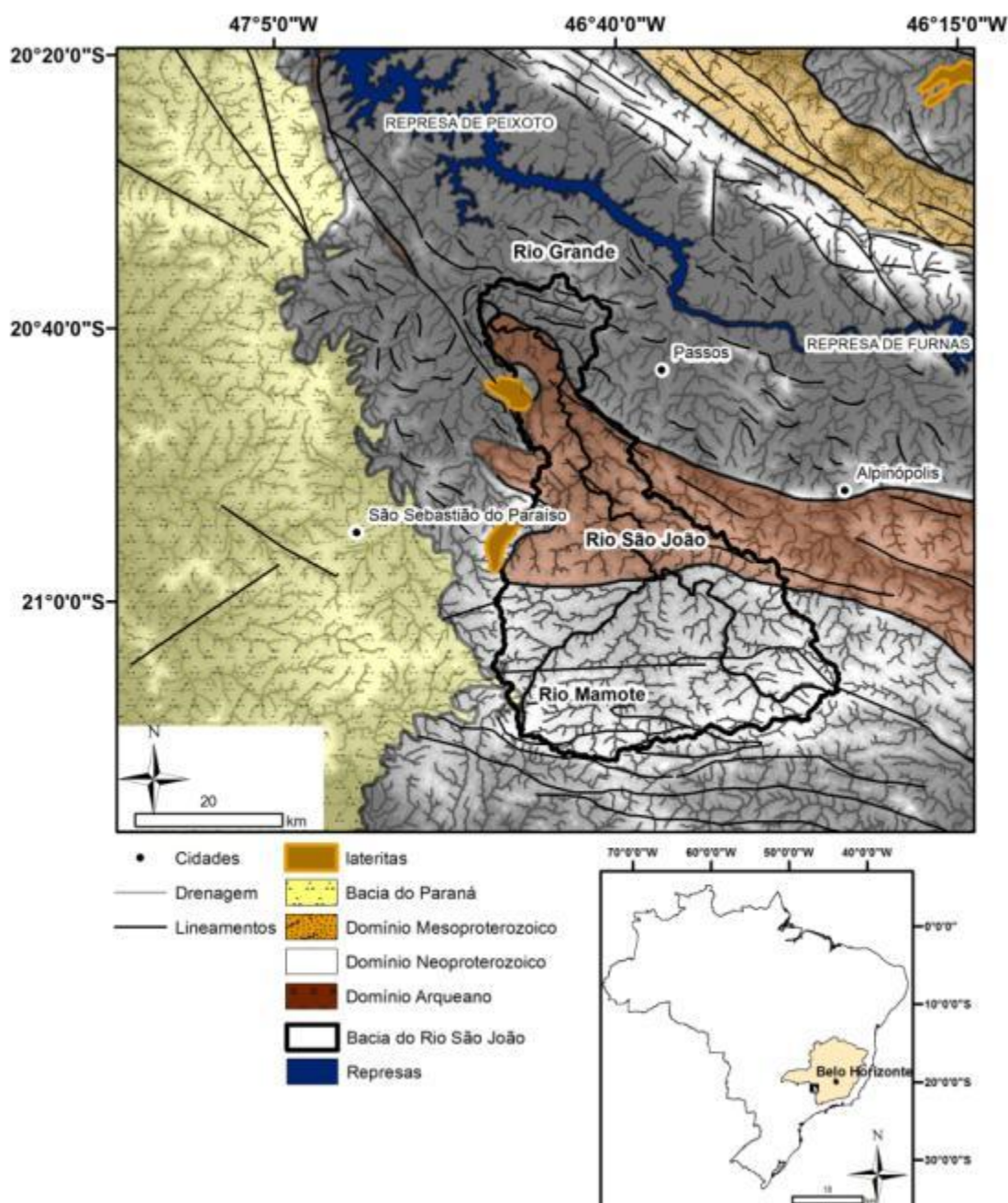


Figura 1. Localização e contexto da área estudada.

## 2. Metodologia de trabalho:

Foram aplicadas as técnicas morfométricas de isobase, índice de posição topográfica, índice T e integral hipsométrica, através do ferramental do aplicativo MATLAB o TecDEM, Shahzad

et al. (2009); Shahzad & Gloaguen, (2011), com MDE (Modelo digital de elevação), com resolução espacial de 90 m, trabalhados a partir da base de dados SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission, Farr et al., (2007)). Todos os produtos gerados para o estudo da morfotectônica foram extraídos a partir deste do MDE.

### 3. Resultados e discussão

As análises morfométricas de *isobase*, *índice de posição topográfica* e *índice T*, favoreceram satisfatoriamente no reconhecimento do controle de estruturas sobre do relevo da Bacia do Rio São João (Figuras 1, 2, 3 e 4).

O mapa de isobase, representado pela figura 2, demarcou os domínios topográficos e indicou os limites de uma superfície preservada pelo arcabouço litológico composto pelas

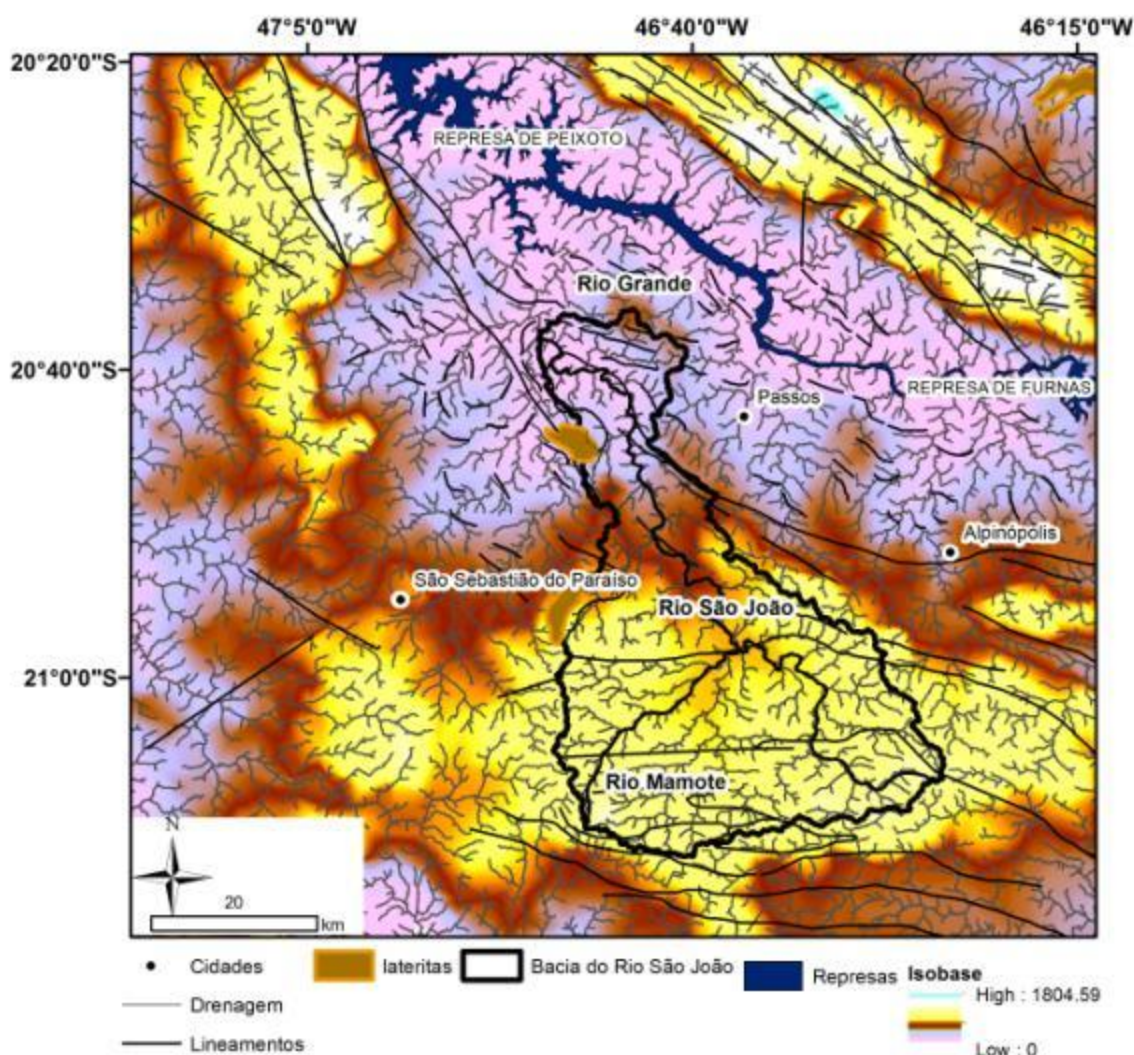


Figura 2. Mapa de isobase, com os principais lineamentos e domínios litológicos simplificados (extraídos da base de dados CPRM, Brasil ao milionésimo) gerado a partir do modelo digital de elevação SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission, Farr et al., 2007).

intrusões basálticas cretáceas, e pacotes metassedimentares quartzíticos do Grupo Araxá/Canastra (Figura 3).

As compressões das curvas geradas pelo mapa, apresentaram forte indicador estrutural, que orientou o relevo marcado por domínios de nappes, dobras e falhamentos que se referem a eventos tectônicos indicadores da incorporação da crosta oceânica, durante a fase orogênica, no neoproterozóico assim como delimitaram as porções mais rebaixadas referentes as bacias do Paraná e a São Franciscana.

O índice de posição topográfica ofereceu um realce da estrutura do relevo, e em conjunto com os dados de lineamento da CPRM ofereceu subsídios para relacionar quais os eventos que poderiam ter influenciado a drenagem e a topografia da região, demarcando as regiões que foram conservadas na paisagem, graças ao arcabouço litológico e aquelas que se encontram arrasadas nos fundos de vales, com maior concentração de drenagem, susceptibilidade a erosão e transporte de sedimentos de áreas fontes.

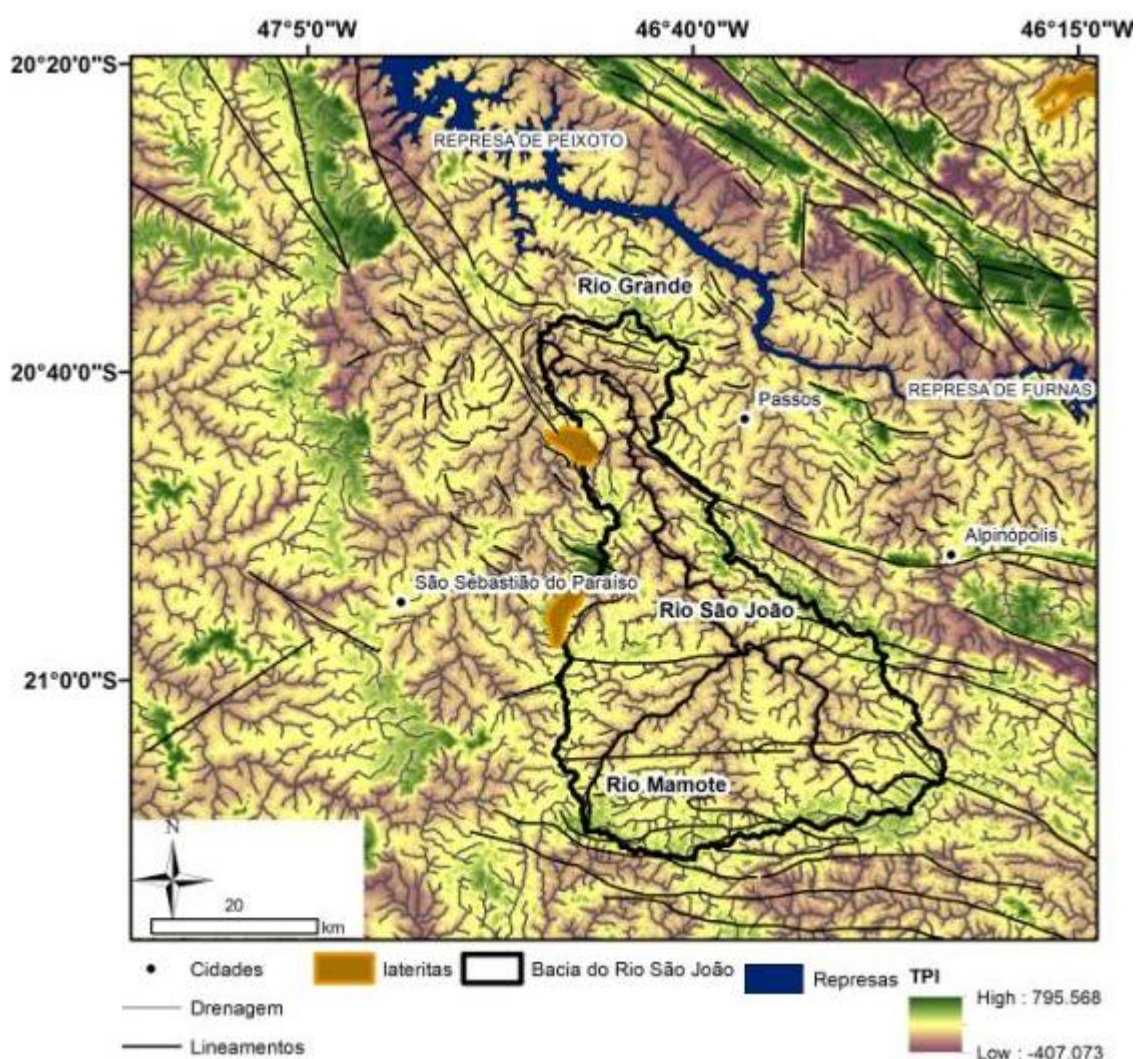


Figura 3. Mapa do índice de posição topográfica com os principais lineamentos (base de dados CPRM, Brasil ao milionésimo), gerado a partir do modelo digital de elevação SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission, Farr et al., 2007).

O deslocamento do canal do Rio São João, estabelecido pelo índice topográfico, sugeriu que o canal obedeceu ao desenho das escamas de empurrão da Faixa Brasília,

seguindo o padrão das grandes estruturas sinformais no caso, em particular da “Sinforma de Passos”, com o sentido de mergulho NNE/SSW, Simões (1995). Esse deslocamento também demarcou a posição de preservação dos perfis lateríticos associados a superfícies erosivas dispostas nos arredores da bacia.

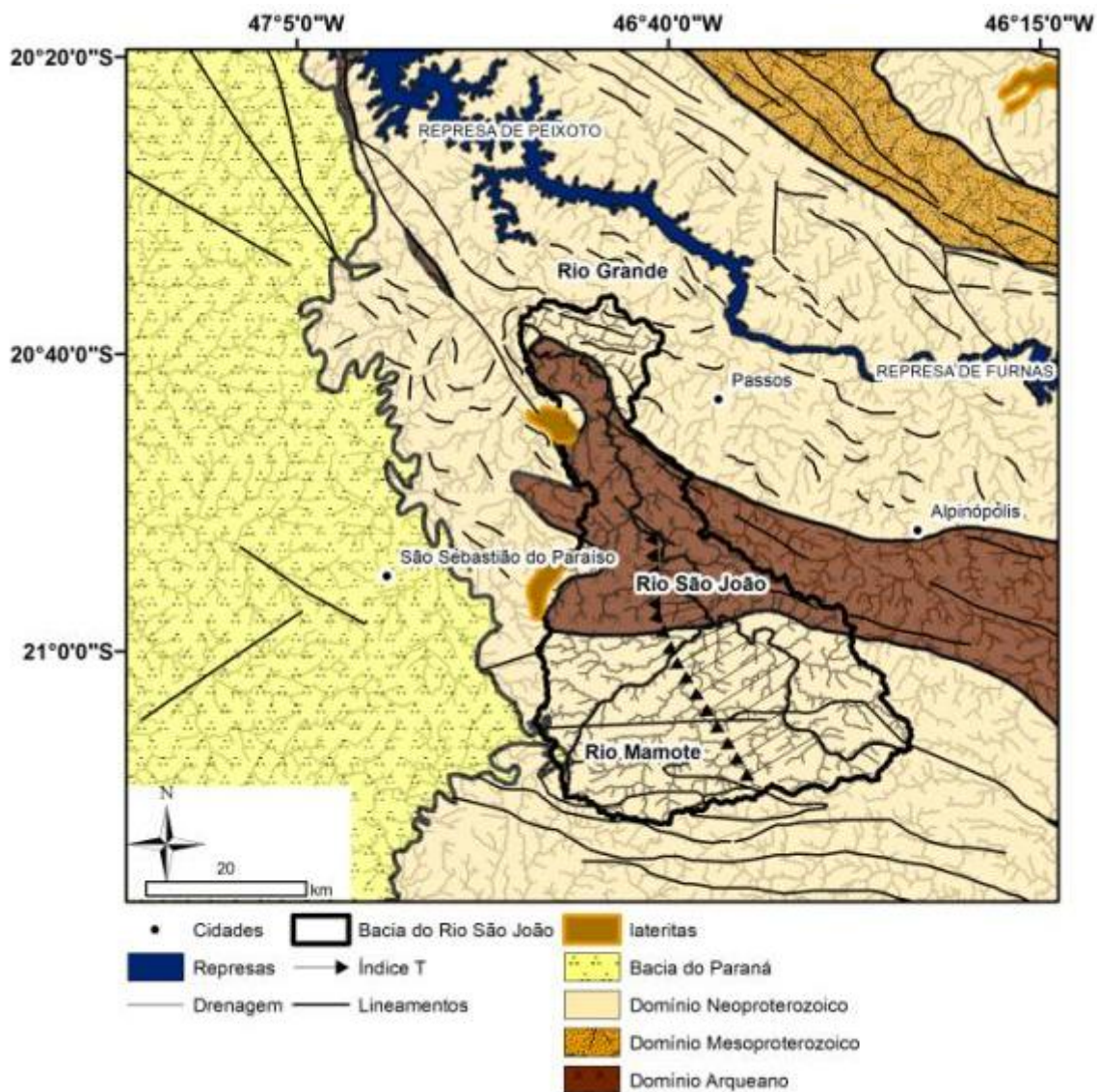


Figura 4. Mapa do índice topográfico com os principais lineamentos e litologias (base de dados CPRM, Brasil ao milionésimo), gerado a partir do modelo digital de elevação SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission, Farr et al., (2007)).

A curva que se refere a integral hipsométrica, responde por um relevo que está em transição, seguindo da juventude para a maturidade, o que pode ser explicado pelo reajuste das falhas ao longo dos diversos ciclos erosivos e estabilidade tectônica que sucederam do Cretáceo ao Paleógeno, Hasui, (2010).

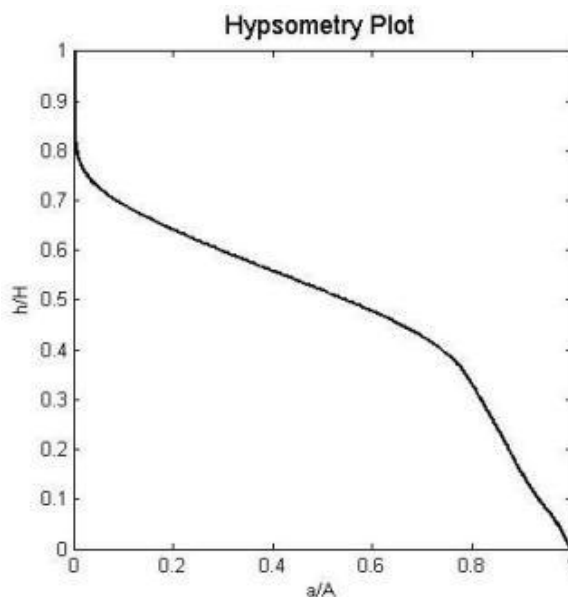


Figura 5. Curva da Integral hipsométrica que representa o canal do Rio São João e seu respectivo desenvolvimento de relevo.

#### 4. Conclusões

A Bacia do Rio São João possui características marcantes no que se trata das condições de controle tectônico X climático e portanto se apresentou de forma ideal para a aplicação de ferramentas do geoprocessamento e o sensoriamento remoto inovadoras como o software TecDEM, que tem como proposta compilar em sua plataforma de trabalho as principais análises morfotectônicas aplicadas as problemáticas da geomorfologia.

Essa metodologia, ofereceu maior facilidade de gerenciamento e aquisição de informações espaciais, uma vez que era necessário apenas e o uso de um modelo digital de elevação para fazer todo o levantamento dos dados no software, que se mostrou compatível e fidedigno a outros exemplos de aplicação na literatura.

Os resultados obtidos se mostraram plausíveis com o histórico geológico e geomorfológico pré-existente, e ofereceram arcabouço ao entendimento mais refinado da dinâmica da área estudada, tanto no aspecto erosivo quanto tectônico. Pois limites de antigas superfícies geomorfológicas conservados pelo arcabouço litológico mais resistente das intrusões cretácias, assim como zonas deprimidas que pertencem a grandes bacias sedimentares como a do Paraná e Sanfranciscana, foram evidenciados por meio da isobase. A co-relação com os principais traços estruturais, e a dinâmica erosiva, para a interpretação de quais eram as principais atividades tectônicas que poderiam ter colaborado para a formação de todas as anomalias, sejam as de drenagem ou a de relevo, se apresentou através do índice de posição topográfica e do índice topográfico. E por fim o estágio de desenvolvimento do relevo que se encontra em estado transitório de juventude para maturidade foi destacado pela integral hipsométrica.

Nesse sentido a utilização deste ferramental associado ao trabalho de campo, foi de fundamental valia para o entendimento da bacia do Rio São João e a dinâmica do relevo que a envolve.

#### Referências

ALMEIDA, F.F.M. Os fundamentos Geológicos do relevo paulista. Boletim do Instituto Geográfico e Geológico. São Paulo, n. 41, p. 167-263, 1964.

ALMEIDA, F.F.M.;HASUI, Y; NEVES, B.B.B; FUCK, R.A., 1977. Provincias Estruturais Brasileiras. Simpósio de Geologia do Nordeste, 8, Campina Grande; 1977. SBG, Atas...Campina Grande, PP.363-391.

ALMEIDA, F.F.M.;HASUI, Y; NEVES, B.B.B; FUCK, R.A., 1981. Brazilian structural provinces: an introduction. *Earth Sci. Rev.* 17(1/2), 1-29 (Amsterdam).

ALKMIM F.F. & MARTINS-NETO M.A. 2001. A Bacia intracratônica do São Francisco: arcabouço estrutural e cenários evolutivos. In: Pinto C.P., Martins-Neto M.A. (eds.) Bacia do São Francisco: geologia e recursos naturais. Belo Horizonte: SBG-MG, p. 9-30.

ALKMIM F. 2004. O que faz de um cráton um cráton ? O Cráton do São Francisco e as revelações Almeidianas ao delimita-lo. In: Mantesso-Neto et al. (eds) Geologia do Continente Sul Americano. Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. Becca, pp.: 17-35.

BARBOSA, J. S. F. & SABATÉ, P. 2004. Archean and Paleoproterozoic crust of the São Francisco Cráton, Bahia, Brazil: geodynamic features. *Prec. Res.* **133**:1–27.

BURBANK, D; ANDERSON, R. 2001. Tectonic geomorphology, BLACKWELL PUBLISHING; 274pgs.

CONDIE, K.C. 2005. High field strength element ratios in Archean basalts - a window to evolving sources of mantle plumes? *Lithos*, v.79(3-4): 491-504.

COX, R.T., 1994. Analysis of drainage-basin symmetry as a rapid technique to identify areas of possible Quaternary tilt-block tectonics: an example from the Mississippi Embayment. *Bulletin of the Geological Society of America* 106, 571–581.

CHORLEY, R. J. AND L. S. D. MORLEY (1959). A Simplified Approximation for the Hypsometric Integral. *J. Geology* 67, No. 5, pp. 566-571

DE REU, J; BOURGEOIS, J; BATS M ; ZWERTVAEGHER, A; GELORINI, V; DE SMEDT, P; CHU, W; ANTROP M; DE MAEYER, P; FINKE, P; VAN MEIRVENNE M; VERNIERS, J; CROMBÉ, P. Application of the topographic position index to heterogeneous landscapes. *Geomorphology* 186 (2013) 39–49.

FARR, T.G., ROSE, 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., WERNER, M., OSKIN, M., BURBANK, D., ALSDORF, D., 2007. The shuttle radar topography mission. *Reviews of Geophysics* 45, RG2004 . doi:10.1029/2005RG000183.

FILOSOFOV, V.P., 1960. Brief Guide to Morphometric Methods in Search of Tectonic Features. Saratov University Publishing House, Saratov, Russia (in Russian).

GARROTE, J.; HEYDT G.G.; COX, R.T., 2008, Multi-stream order analyses in basin asymmetry: a tool to discriminate the influence of neotectonics in fluvial landscape development (Madrid Basin, Central Spain). *Geomorphology* 102 (1), 130-144.

GROHMANN, C.H., 2004. Morphometric analysis in Geographic Information Systems: applications of free software GRASS and R. *Comput. Geosci.* 30 (9-10), 1055-1067.

GROHMANN, C.H., RICCOMINI, C., ALVES, F.M., 2007. SRTM-based morphotectonic analysis of the Poços de Caldas Alkaline Massif, Southeastern Brazil. *Comput. Geosci.* 33 (1), 10-19.

GROHMANN, C.H., RICCOMINI, C., CHAMANI, M.A.C., 2011. Regional scale analysis of landform configuration with base-level (isobase) maps. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 15, 1493-1504.

GUISAN, A., WEISS, S.B., WEISS, A.D., 1999. GLM versus CCA spatial modeling of plant species distribution. *Plant Ecology* 143, 107–122

HASUI, Y. . A grande colisão pré-cambriana do Sudeste brasileiro e a estruturação regional. *Geociências* (São Paulo. Impresso), v. 20, p. 141-169, 2010.

HOWARD, A. D, 1968: Stratigraphic and structural controls on landform development in the Central Kentucky Karst. *National Speleological Bulletin*, v. 30, p. 95-114

KIRBY, E., and K. WHIPPLE, Quantifying differential rock-uplift rates via stream profile analysis, *Geology*, 29(5), 415 – 418, 2001.

MORALES, N: Neotectônica em ambiente intra-placa: exemplos da região sudeste do Brasil, livre docência: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Brasil. : 2005.

PASSARELLA, S.M. ; MORALES, N. ; SARTORI J.E. . Uma proposta de compartimentação geomorfológica para a região de Cássia, sudoeste do estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 11, p. 91-102, 2010.

SIMÕES, L. S. A. . Dobras em bainha macroscópicas relacionadas ao cisalhamento dúctil de baixo ângulo da Nappe Araxá-Canastra.. *Geociências* (São Paulo), São Paulo, v. 12, n.1, p. 111-121, 1993

SOARES C.J.; Guedes, S. ; Tello S., C.A. ; LIXANDRAO-FILHO, A. ; BALAN, A. M. O. A. ; Alencar, Igor ; Dias, A.N.C. ; Hadler, J.C. . Further investigation of the initial fission-track length and geometry factor in apatite fission-track thermochronology. *The American Mineralogist*, v. 98, p. 1381-1392, 2013.

Soares, C.J. ; Alencar, I. ; Guedes, S. ; Takizawa, R.H. ; Smilgys, B. ; Hadler, J.C. . Alpha spectrometry study on LR 115 and Makrofol through measurements of track diameter. *Radiation Measurements*, v. 50, p. 246-248, 2012.

STEINER, Samar dos Santos (Catálogo USP), 2007. Aquisição e processamento de dados morfométricos derivados do modelo digital de elevação SRTM.

SUMMERFIELD, M. A. in *Tectonic Geomorphology* (eds Morisawa, M. & Hack, J. T.) 27–51 (Allen & Unwin, Boston, 1985).

SUMMERFIELD M. A. 1991. *Global Geomorphology. An Introduction to the Study of Landforms*. xxii + 537 pp. Harlow: Longman; New York: John Wiley Inc. Price £17.99 (paperback). ISBN 0 582 30156 4 (Longman), 0 470 21666 2 (Wiley).

SHAHZAD, F., MAHMOOD, S.A., GLOAGUEN, R., 2009. Drainage network and lineament analysis: an approach for Potwar Plateau (northern Pakistan). *Journal of Mountain Sciences* 6 (1), 14–24.

SHAHZAD, F., GLOAGUEN, R., 2011. TecDEM: A MATLAB based toolbox for tectonic geomorphology, part 1: drainage network preprocessing and stream profile analysis, *Comp.Geoci*, 37, 250-260.

SCHUMM, 1981 (with Patton, P.C.) Ephemeral-stream processes: Implications for studies of Quaternary valley fills: *Quaternary Research*, v. 15, p. 24–43

SCHUMM, 1985 (with Chorley, R.J., and Sugden, D.E.) *Geomorphology*: New York, Methuen, 413 p

SCHUMM, 2000 (and Dumont, J.F., and Holbrook, J.M.) (eds.) *Active Tectonics and Alluvial Rivers*: Cambridge, UK, Cambridge University Press, 276 p.

SCHUMM, 2007 *Rivers and humans—Unintended consequences*, in Gupta, A., ed., *Large Rivers: Geomorphology and Management*: Chichester, UK, John Wiley & Sons, p. 517–533.

TELLO S., C. A. ; HACKSPACHER, P. ; HADLER N., J. C. ; IUNES, P. J. ; GUEDES, S. ; RIBEIRO B., L. F. ; PAULO, S. R. . Recognition of Cretaceous, Paleocene and Neogene tectonic reactivation through apatite fission-track analysis in Precambrian areas of southeast Brazil: Association with the opening of the south Atlantic Ocean. *Journal of South American Earth Sciences*, Grã-Bretanha, v. 15, p. 765-774, 2003.

TELLO S., C. A. ; HADLER, J C ; IUNES, P J ; GUEDES, S ; HACKSPACHER, P C ; RIBEIRO, L F B ; PAULO, S R ; OSÓRIO, A M A . Thermochronology of the South American Platform in the state of São Paulo, Brazil, through apatite fission track. *Radiation Measurements*, Grã-Bretanha, v. 39, p. 635-640, 2005

WALLACE, T.C. (1986). Inversion of long period regional body waves for crustal structure. *Geophysical Research Letters* 13: doi: 10.1029/GL013i008p00749. issn: 0094-8276.

WEISS, A.D., 2001. Topographic position and landforms analysis. Poster Presentation, ESRI Users Conference, San Diego, CA.