

## Correlação entre a dimensão de bacias de primeira ordem e o Índice de Concentração de Rugosidade Global na folha eldorado paulista (SG.22-XB-VI)

Otacílio Lopes de Souza da Paz <sup>1</sup>  
Tony Vinicius Moreira Sampaio <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Paraná - UFPR/DGEOG  
Caixa Postal 81530-900 - Curitiba - PR, Brasil  
otacilio.paz@gmail.com  
tonysampaio@ufpr.br

**Abstract.** The cartographic representation of the drainage network shows inconsistencies due to the subjectivity present in the process mapping. The literature suggests the existence of a link between relief, the precipitate volume and lithotype (Rocky Basement) in the evolution and structure of the drainage network and consequently in its drainage basin. This study aimed to analyze the relationship between the size of the first-order basins (which have springs) and the global roughness concentration index (RCI – Global - adopted as relief variable) to identify a mathematical relation that can be incorporated in the mapping process. The study area was cut sheet Eldorado Paulista (SG.22-XB-VI – São Paulo state, south Brazil). In an environment of Geographic Information Systems (GIS), was generated the Global Roughness Concentration Index (RCI – Global) based on SRTM project data and first-order basins were mapped based on planialtimetric data acquired by the electronic address GIS Ribeira de Iguape and south coast. Finally, RCI – Global was related to the area of the first order basin through pearson correlation. The spatial correlation test indicated a weak correlation between the size of the first-order basins with two ICR-Global models generated. However, one can best characterize the relationship between ICR-Global models and size of first-order basins.

**Palavras-chave:** Mapping; Drainage network; Spatial correlation; Mapeamento; Rede de drenagem; Correlação espacial.

### 1. Introdução

O mapeamento da rede de drenagem apresenta incoerências em função da subjetividade presente tanto em métodos manuais quanto automáticos. Esse problema independe da resolução espacial de imagens orbitais ou suborbitais e da experiência do fotointérprete, como mostrado por Chorley e Dale (1972) e Band (1993). Mudanças súbitas no padrão e na densidade da representação cartográfica da rede de drenagem indicam esse problema (figura 1).

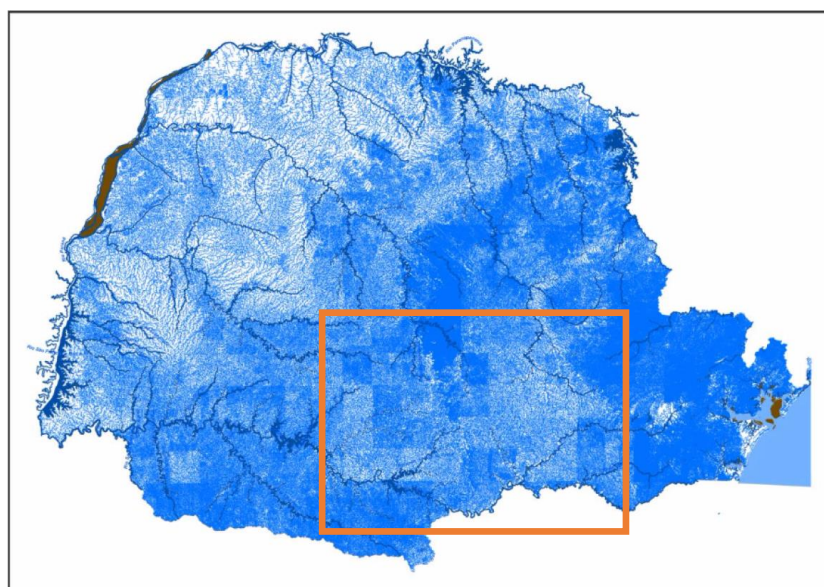


Figura 1 – Mapeamento oficial do estado do Paraná na escala 1:50.000. Note alterações

súbitas na densidade de rios entre as partes da articulação no quadrante sul do Estado, indicado no retângulo laranja. Fonte: Souza *et. al.* (2011)

Esse problema afeta a qualidade da representação cartográfica da rede de drenagem e limita o seu uso em estudos ambientais, como exemplo a delimitação das áreas de preservação permanentes (APPs) de rios e nascentes, conforme a Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012.

A literatura aponta que o relevo influencia a evolução e a estruturação da rede de drenagem e de sua bacia (GLOCK, 1931; MONTGOMERY E DIETRICH, 1989 e DIETRICH E DUNNE, 1993). Porém, estas afirmações são baseadas em evidências empíricas o que dificulta ou mesmo inviabiliza a sua aplicação em outras áreas, como por exemplo no incremento do processo de mapeamento da rede de drenagem.

Contudo, se for identificada uma relação matemática entre o relevo (ou outro fator ambiental) e a rede de drenagem e bacia de drenagem, está poderá ser incorporada ao processo de mapeamento, permitindo assim um aumento na acurácia da representação cartográfica da rede de drenagem (SAMPAIO, 2010).

Portanto, objetivou-se analisar a relação entre a dimensão das bacias de drenagem de primeira ordem com o Índice de Concentração de Rugosidade Global (ICR-Global), adotado como variável relevo. A área de estudo foi o recorte da folha Eldorado Paulista (SG.22-XB-VI).

## 2. Materiais e Métodos

A área de estudo foi a folha Eldorado Paulista (SG.22-XB-VI), localizada em os estados de São Paulo e Paraná (figura 2). A área abrange o município de Cajati (SP) e parcialmente os municípios de Eldorado (SP), Barra do Turvo (SP), Iporanga (SP), Jacupiranga (SP), Registro (SP), Cananéia (SP), Sete Barras (SP) e Guaraqueçaba (PR).

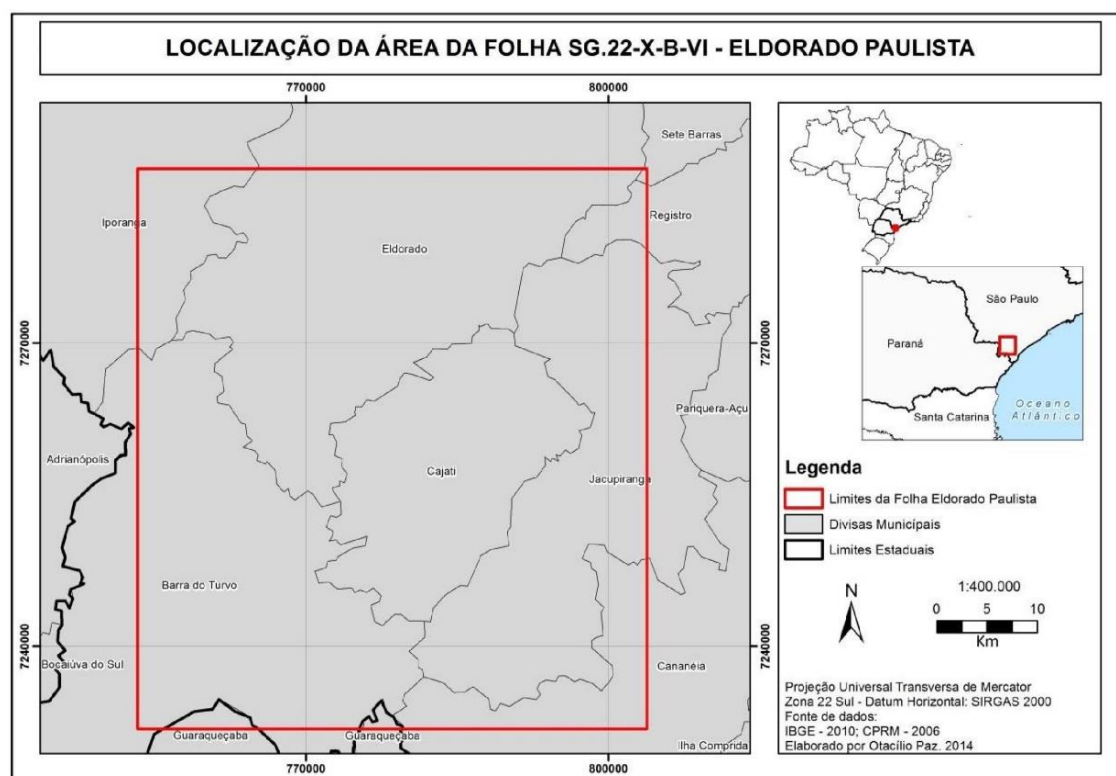


Figura 2 – Localização da área de estudo.

Quanto ao relevo, a área de estudo está inserida na Província Costeira paulista. Segundo Almeida (1964), está abrangida as baixadas litorâneas, as Serras, os morros isolados e o Vale do Ribeira. Ainda, Almeida (1964) afirma que esta unidade geomorfológica corresponde à área do Estado de São Paulo que drena para o mar, constituindo parte do rebordo do planalto do Atlântico. As altitudes variam entre 0m e 1295m (PAZ, 2015).

Em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), foram levantados dados geoespaciais necessários à execução da análise. Os dados foram adquiridos nos endereços eletrônicos da USGS (*United State Geological Service*) e do SIG de Ribeira de Iguape e Litoral Sul (quadro 1).

Quadro 1 – Dados geoespaciais utilizados na pesquisa.

Dado geoespacial	Escala	Fonte
MDT SRTM	90 metros de resolução espacial	USGS
MDT SRTM	30 metros de resolução espacial	USGS
Bacias de primeira ordem	1:50.000	Paz (2015)

O ICR-Global foi gerado a partir das recomendações de Sampaio e Augustin (2014) com base nos MDTs SRTM (*Suttle Radar Topographic Mission*), tendo as seguintes etapas: 1) Elaboração do do modelo de declividade; 2) Converter o modelo de declividade de matricial para vetorial, gerando uma nuvem de pontos; 3) Submeter a nuvem de pontos ao estimador de densidade *Kernel* com raio de busca definido em 1128 metros; 4) Normalização do modelo e discretização conforme a proposta de Sampaio e Augustin (2014). O quadro 2 apresenta as classes geradas após a discretização do modelo ICR-Global.

Quadro 2 – Dados geoespaciais utilizados na pesquisa.

Valor do modelo ICR	Classe de relevo
0 – 2,5	Plano
2,5 – 6	Suave ondulado
6 – 14	Ondulado
14 – 30	Forte ondulado
30 – 45	Escarpado
Acima de 45	Forte escarpado

Por fim, a área das bacias de drenagem de primeira ordem (aquelas que possuem nascentes perenes) foram correlacionadas com as classes do ICR-Global a partir da correlação de Pearson.

### 3. Resultados e Discussão

O ICR- Global com resolução de 90 metros pode ser observado na figura 3. Nota-se que este modelo aponta o predomínio de áreas forte onduladas e escarpadas que juntas ocupam 72,44% da área de estudo. As áreas planas e suave onduladas ocupam menos de 2% da área de estudo, ocorrendo próximos aos rios Jacupiranga e Ribeira.

Quadro 1 – Valores de área de cada classe do ICR-Global de 90 metros de resolução.

ICR-Global – 90 metros	Área (km <sup>2</sup> )	Porcentagem da área de estudo
Plano	1,55	0,05
Suave ondulado	25,09	0,89
Ondulado	372,16	13,20
Forte ondulado	1117,12	39,84
Escarpado	914,24	32,60
Forte escarpado	376,29	13,42
<b>Total</b>	<b>2806,45</b>	<b>100</b>



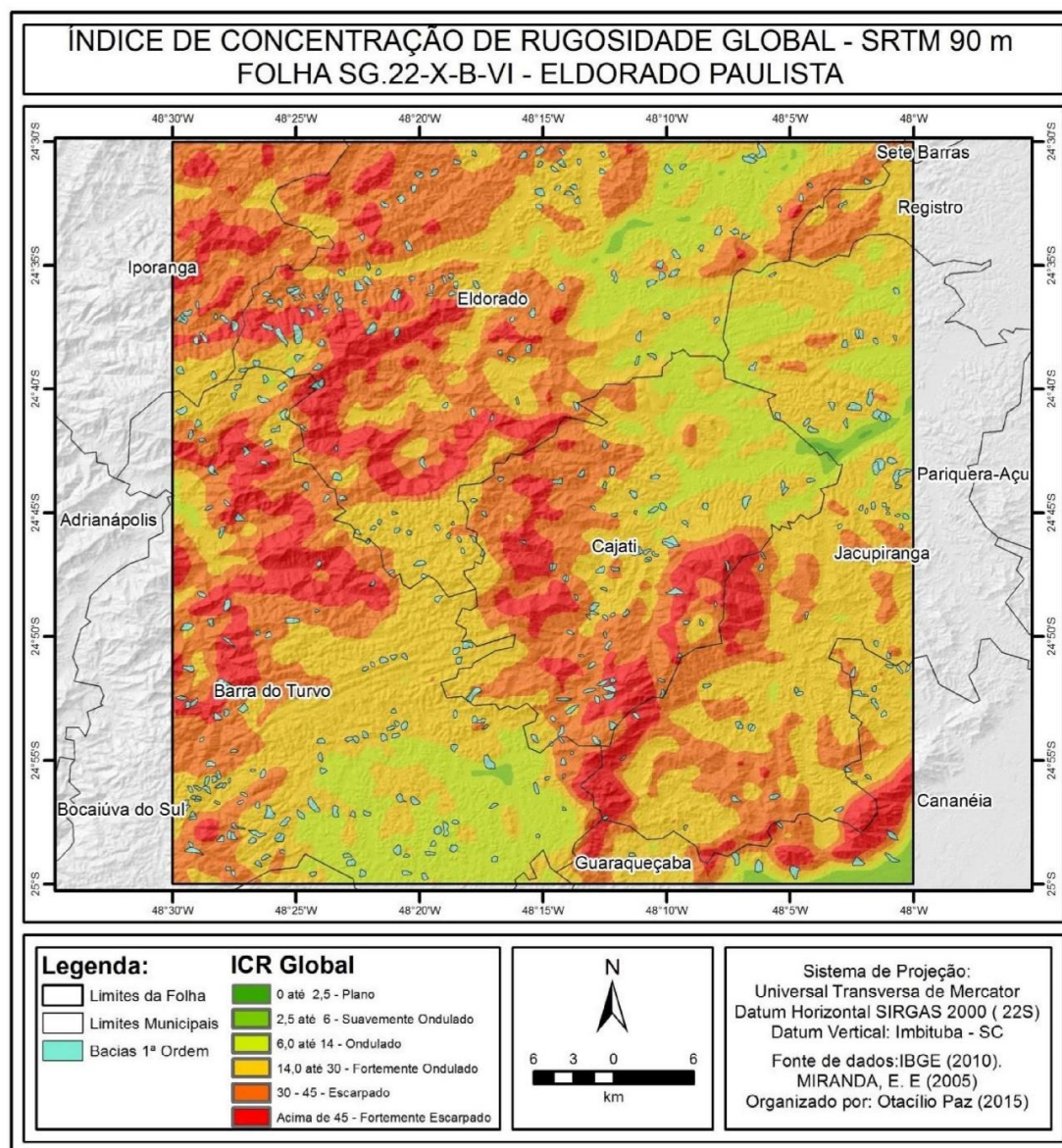


Figura 3 – ICR-Global de 90 metros de resolução.

O ICR-Global de 30 metros de resolução está representado na figura 4. Nota-se uma semelhança nos valores de área de cada classe do ICR-Global de 30 metros de resolução com o ICR-Global de 90 metros de resolução (quadro 2). Predominam as áreas forte onduladas e escarpadas que juntas ocupam cerca de 73% da área de estudo.

Quadro 2 – Valores de área de cada classe do ICR-Global de 30 metros de resolução

ICR-Global – 30 metros	Área (km <sup>2</sup> )	Porcentagem da área de estudo
Plano	2,75	0,10
Suave ondulado	27,91	0,99
Ondulado	375,43	13,38
Forte ondulado	1115,12	39,73
Escarpado	913,04	32,54
Forte escarpado	372,04	13,26
<b>Total</b>	<b>2806,45</b>	<b>100</b>

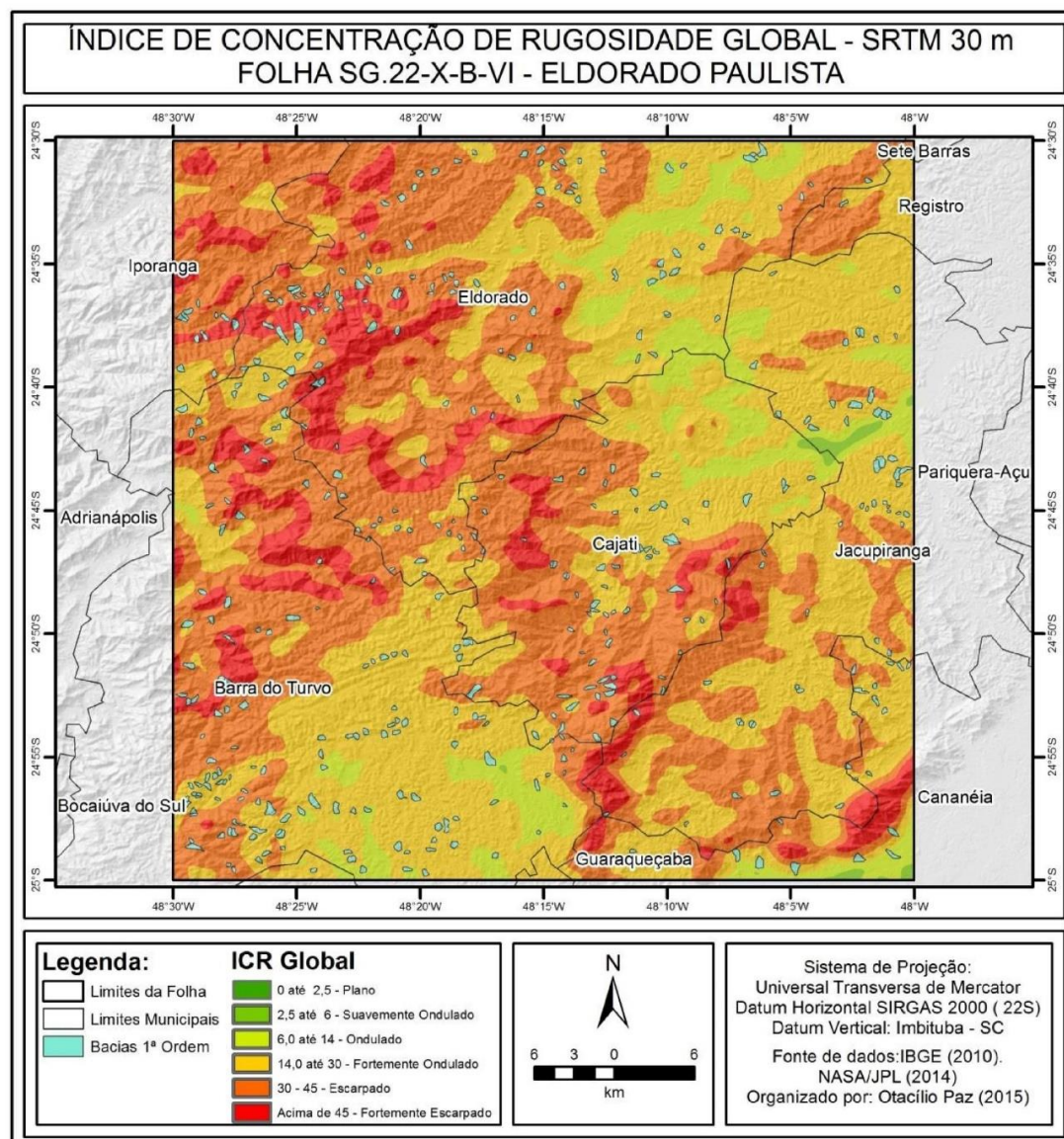


Figura 4 – ICR-Global de 30 metros de resolução.

O teste de correlação entre a dimensão das bacias de primeira ordem e o relevo (ICR – Global) está apresentado nas figuras 5 e 6. Ambos os testes indicaram que os dois modelos de ICR – Global (90 e 30 metros de resolução espacial) apresentam fraca correlação com a dimensão das bacias de primeira ordem.



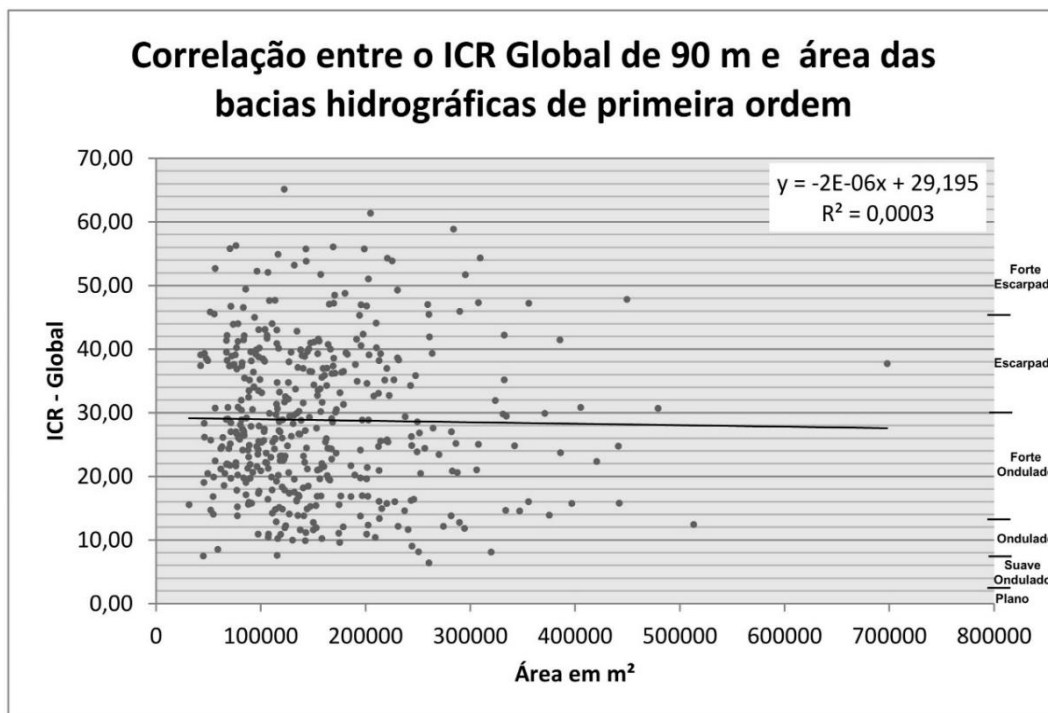


Figura 5 – Correlação entre o ICR-Global (90 metros) e bacias de primeira ordem.

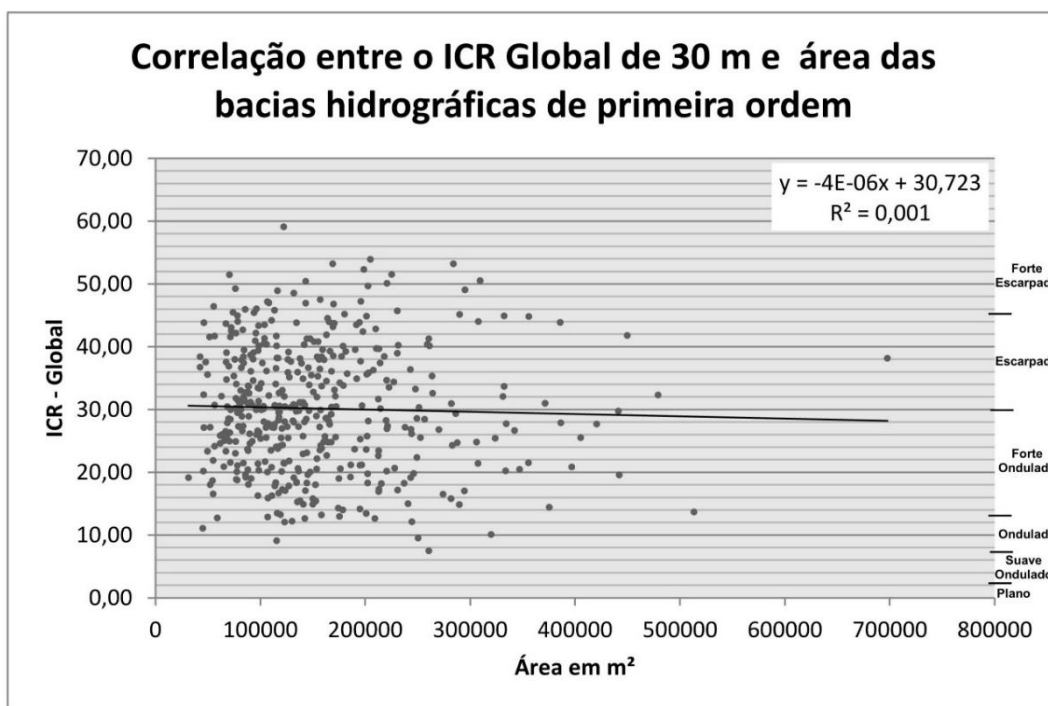


Figura 6 – Correlação entre o ICR-Global (30 metros) e bacias de primeira ordem.

No entanto, os testes de correlação indicam um decaimento na ocorrência de bacias de primeira ordem conforme o aumento da rugosidade do relevo e da área das bacias. Os dois gráficos indicam a existência de um limiar para a ocorrência de bacias de primeira ordem. Tanto no modelo ICR-Global de 90 metros quanto no de 30 metros as bacias de primeira ordem ocorrem a partir do valor 9,0 do ICR-Global.

Ainda, os testes de correlação indicaram a ocorrência de bacias de primeira ordem maiores que 300000 m<sup>2</sup> apenas nos valores no ICR-Global entre 10,0 (Ondulado) e 47,0 (forte escarpado).

#### 4. Conclusões

Os testes de correlação de Pearson entre a dimensão das bacias de primeira ordem e os dois modelos ICR-Global de 90 e de 30 metros indicaram fraca correlação. No entanto, pode-se apresentar uma caracterização introdutória na ocorrência das bacias de primeira ordem na área de estudo em questão.

Na área de estudo, encontram-se bacias de primeira ordem apenas nos valores de ICR-Global acima de 9,0. As bacias de primeira ordem com dimensão superior a 300000 m<sup>2</sup> ocorrem apenas nos valores no ICR-Global entre 10,0 (Ondulado) e 47,0 (forte escarpado).

Cabe destacar que a acurácia da base planialtimétrica e dos MDTs utilizados influenciam nos resultados da pesquisa. Como continuidade da pesquisa, propõe-se analisar a correlação espacial entre a dimensão das bacias de primeira ordem e outros fatores ambientais tais como o embasamento rochoso, o volume precipitado e solos.

#### Referencial teórico

ALMEIDA, F. F. M. Fundamentos geológicos do relevo Paulista. Boletim do Instituto Geográfico Geológico, São Paulo, v. 41, p. 169-263, 1964.

BAND, L. E. Extraction of channel networks and topographic parameters from digital levantino data. In: BEVEN, K. and KIRKBY, M. J. Channel network hydrology. England: Jhon Wiley & Sons Ltd, 1993. 447 p.

CHORLEY, R. J.; DALE P. F. Cartographic problems in stream channel delineation. Rev. Cartography. New York, 1972, p. 188-201.

DIETRICH, W. E., DUNNE T. The channel head. In: BEVEN, K.; KIRKBY, M. J. (Eds.). Channel Network Hydrology, J. Wiley and Sons, 1993.

GLOCK, W.S. The development of drainage systems: synoptic view. Geography Review, 21: p. 475-482, 1931. In: JAVARIS, R. S. & WOLDENBERG, M. J. River Networks. Colorado: Benchmark Papers in Geology. V.80. Dowden Hutchinson & Ross, Inc., 1984.

MONTGOMERY, D. R., DIETRICH, W.E. Source areas, drainage density, and channel initiation. Journal of the American Water Resources Association, Nova York, V. 25. p.1907-1918, 1989. Disponível em: <<http://rocky2.ess.washington.edu/grg/publications/pdfs/Source%20Areas,%20Drainage%20Density,%20Channel%20Initiation-Montgomery-DietrichWRR%201989.pdf>> Acesso em: 26 fev. 2015.

PAZ, O. L. S. Correlação espacial entre litotipos, relevo, nascentes e a dimensão de bacias de 1ª ordem enquanto parâmetro auxiliar para o mapeamento da rede de drenagem. 75 p. Monografia (Graduação em Geografia) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2015.

SAMPAIO, T. V. M, Álgebra de mapas e correlação espacial entre feições pontuais e zonais com atributo qualitativo – uma análise a partir da correlação entre a distribuição espacial das nascentes e litotipos da bacia hidrográfica do rio Benevente – ES. In: Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental, 2010, Maringá. Anais do VII Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental, 2010.

SAMPAIO, T. V. M.; AUGUSTIN, T. H. R. R. Variáveis auxiliares para o mapeamento da rede de drenagem: correlação espacial entre nascentes, unidades de relevo e litotipos na bacia hidrográfica do rio Benevente-ES. GEOUSP – Espaço e Tempo, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 624-634, 2014.

SOUZA, J. D.; BOGUSZ, J. A.; MAFREI, A.; GERDARHT, C.; COSTA, C. M.; LESSA, G.; BUENO, J. P.; BRENSSEN, M.; MATSUSHIT, M.; HAMERSCHMIDT, P. F. A.; ANDRETTA, R.; NALINI, V. Base



hidrográfica do estado do Paraná na escala 1:50.000. XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.  
Anais...2011