

ESTIMATIVA DA DIMENSÃO ÓTIMA DE MATRIZES DE CONTAGEM EM DADOS MATRICIAIS PARA A QUANTIFICAÇÃO DE FREQUÊNCIA ESTRUTURAL EM DOMÍNIOS FISSURADOS – ESTUDO DE CASO DA BACIA DO RIO JUNDIAÍ MIRIM

Assessment of Optimal Counting Kernel Dimensions for Quantification of Structural Frequency of Fractured Domains in Raster Datasets – A Case Study in the Jundiá Mirim Watershed

Conrado Eugenius Borges Picolo¹
Carlos Roberto Souza Filho²
Luiz Eduardo Vicente³

Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP
Instituto de Geociências/Departamento de Geologia e Recursos Naturais
Cidade Universitária Zeferino Vaz, R. Pandiá Calógenas, 51, Cep: 13083-870, Campinas, São Paulo-Brasil
¹conradopicolo@terra.com.br
²beto@ige.unicamp.br
³vicente@unicamp.br

RESUMO

A geração de mapas de frequência estrutural é uma forma eficiente de se realizar a integração de dados sobre estruturas geológicas num ambiente de Sistemas de Informações Geográficas. Porém, mapas de frequência gerados a partir de bases matriciais apresentam um problema referente à determinação do tamanho das matrizes de contagem. Como a frequência das estruturas é estabelecida a partir dessas matrizes, é necessário definir-se critérios para uso de matrizes de contagem com dimensão ou intervalo de dimensões que preservem ao máximo a distribuição e quantidade real de estruturas numa dada área. Nesse contexto, o objetivo desse estudo foi desenvolver um método, mais simplificado do ponto de vista computacional, para a determinação da dimensão ótima para matrizes de contagem de estruturas em mapas matriciais, visando a geração de mapas de frequência estrutural e de densidade de fraturas (frequência vs área). Para tanto, um algoritmo denominado *SMP_Counting* foi desenvolvido, o qual fundamenta-se principalmente na dimensão fractal dos lineamentos. Com esse algoritmo foi possível estabelecer um limiar para a geração de mapas de frequência estrutural relativos a base de dados estruturais da bacia do Rio Jundiá Mirim - SP. A pesquisa revelou que há uma relação de dependência entre a dimensão da matriz e a quantidade de estruturas mapeadas. Entretanto, essa dependência diminui e é negligenciável com o aumento da dimensão da matriz. Para os dados analisados, o limite dessa dependência foi observado na matriz de 64 x 64 pixels (pixels de 50m), que representa 3200 x 3200 metros. A partir desse valor, a dimensão das matrizes passou a comprometer a representatividade do mapa de frequência de fraturas para escala de amostragem dos dados. O algoritmo *SMP_Counting* teve boa performance dentro dos objetivos pretendidos, exigindo capacidade mínima de processamento. Dessa forma, pôde-se obter, de maneira simples e rápida, um conjunto de dados validados relativos à dimensão ótima para matrizes de contagem de estruturas.

Palavras-Chave: Sistemas de Informações Geográficas, mapa de frequência estrutural, mapa de densidade de fraturas, algoritmo *SMP_Counting*, bacia do rio Jundiá-Mirim, dimensão fractal.

ABSTRACT

Structural frequency maps are an efficient way to integrate geological features through Geographical Information Systems. However, structural frequency maps yielded from raster data show problems about counting cells. This occurs because the

frequency of structures mapped is determined by the size of the counting kernels. Thus, the quality of the representation of geological structures (e.g. number of features, distribution) depends specifically on the dimension of the kernels employed. In an attempt to solve this problem, a computational method based on the fractal dimension was developed to determine the optimal counting cell dimension (OCCD) for raster data sets. The new algorithm, coined SMP_Counting, was used to generate structural frequency maps and lineament density maps (frequency vs. area) of the study area, located at the Jundiá Mirim river watershed, São Paulo State. Results show a dependency relationship between counting cells dimensions and the number of the geological structures mapped. This dependency decreases and becomes negligible with the increase of the cell dimension. In this study, the threshold was observed when the matrix reached a dimension of 64 x 64 pixels (size of the cell = 50 m), which means 3200 x 3200 meters. Beyond this threshold, results were biased. Thus, the SMP_Counting algorithm provides a simple and fast method to obtain an optimal counting kernel dimension for raster data sets, being able to map structural frequency more precisely.

Keywords: Geographic Information System, structural frequency map, lineament density map, SMP_Counting algorithm, Jundiá-Mirim river watershed, fractal dimension.

1. INTRODUÇÃO

Mapas quantitativos de frequência estrutural, derivados a partir de dados matriciais de estruturas geológicas, apresentam um problema intrínseco quanto a sua construção: o tamanho das matrizes de contagem. Como a frequência das estruturas é determinada a partir dessas matrizes, é necessário estabelecer-se critérios para uso de matrizes de contagem com dimensão ou intervalo de dimensões que preservem o máximo possível a distribuição e quantidade real de estruturas numa dada área de estudo. A variação da dimensão da matriz de contagem, se realizada sem critérios, pode gerar um problema de representatividade do mapa. Esta é justamente uma questão que este trabalho busca solucionar.

Zakir (1999) ressaltou a importância do uso de mapas de frequência estrutural, os quais permitem a fusão de informações estruturais quantitativas com outras informações geológicas no ambiente de um Sistema de Informações Geográficas. O autor apresentou um método para determinação da dimensão ótima da matriz de contagem para a construção de mapas de frequência estrutural, considerando uma seqüência de dados de frequência de fraturas e uma seqüência de dados de intersecção de fraturas com a matriz. As duas seqüências de dados foram plotadas em um gráfico di-log (gráfico fractal) de “frequência/intersecção” vs “dimensão das células”, a partir do qual ficou demonstrada a natureza fractal das seqüências. Em determinado ponto do gráfico di-log, tais curvas apresentaram um ponto de intersecção, o qual foi tomado por Zakir (op. cit) como o ponto ótimo da dimensão das células, uma vez que neste ponto verificou-se a similaridade entre os dois métodos de contagem.

Uma técnica para a contagem de lineamentos para a determinação de mapas de frequência estrutural foi proposta por Mostafa (1995), na qual uma matriz é utilizada, cobrindo toda a área das estruturas. Pesos são criados para os contatos dos lineamentos com os limites

desta matriz e para a intersecção entre lineamentos. A soma dos pesos encontrados nos cruzamentos dos lineamentos com a matriz permitiu a obtenção da frequência de lineamentos dentro da matriz, e a geração, através de interpolação, de um mapa de frequência estrutural. As intersecções entre lineamentos foram utilizadas para se obter um mapa de densidade de intersecções de lineamentos, o que foi apreciado pelo autor em estudos de dinâmica de fluidos.

Considerando-se o acervo de estruturas genuinamente rúpteis reconhecidas nos domínios da bacia do Rio Jundiá Mirim, o objetivo desse estudo é desenvolver um método alternativo, e mais simplificado do ponto de vista computacional, para a determinação da dimensão ótima para matrizes de contagem de estruturas em mapas matriciais, visando a geração de mapas de frequência estrutural e de densidade de fraturas (frequência/área).

A densidade de fraturas é descrita por Davis & Reynolds (1996) como a abundância de fraturas em uma determinada área, a qual pode ser dada: (i) pela média espacial de fraturas, (ii) pelo número de fraturas em uma determinada área, (iii) pelo total cumulativo do comprimento das fraturas em uma área específica, ou ainda, (iv) pela área superficial de todas as fraturas em um volume de rocha conhecido.

2. ÁREA DE ESTUDO E GEOLOGIA ESTRUTURAL REGIONAL

As características ambientais da Bacia do Rio Jundiá Mirim (BRJM), localizada a aproximadamente 63 km da cidade de São Paulo, a torna um local propício para o desenvolvimento deste estudo. Essa bacia estende-se ao longo dos municípios de Jundiá, Jarinu e Campo Limpo Paulista, totalizando uma área de 10.860 hectares. Suas características fisiográficas são únicas no contexto geológico regional. Segundo Ross & Moroz (1997), a BRJM situa-se na Morfoestrutura do Cinturão Orogênico do Atlântico, Morfoescultura do Planalto Atlântico, especificamente no Planalto de Jundiá. A altimetria

predominante na bacia está entre 800 e 900 metros. As formas do relevo são compostas por colinas e morros altos, de topos convexos, com vales de entalhamento médio (40 a 80 metros) e dimensão interfluvial média (750 a 1750 metros). As declividades dominantes estão entre 10 e 30% e podem chegar a 60%. Ross & Moroz (1997) classificam esta área como de fragilidade potencial média, isto é, com formas de dissecação média a alta, com vales entalhados e densidade de drenagem média a alta. São áreas sujeitas à forte atividade erosiva.

Na região de Jundiá afloram rochas pertencentes ao embasamento cristalino, depósitos sedimentares Paleozóicos, depósitos Terciários e coberturas coluvionares e aluvionares Quaternárias (Fig. 1).

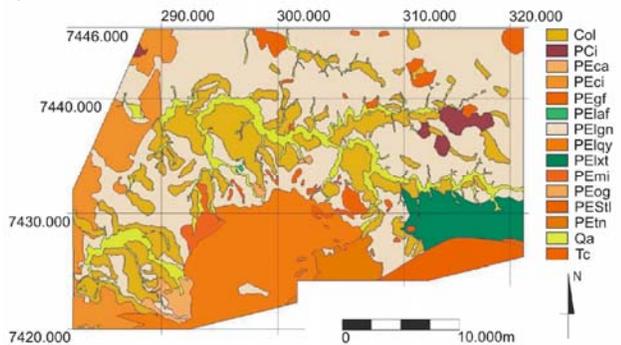


Fig. 1 – Mapa geológico do Estado de São Paulo na escala 1:500.000 (Bistrichi *et al.* 1981). Col – Depósitos coluvionares, geralmente em linhas de pedra, PCi - Grupo Itararé: diamictitos, folhelhos, ritmitos, argilitos e siltitos, PEca – Granito Cachoeira: biotita sienogranitos, biltra monzogranitos e sino/monzogranitos, PEgf – granito cinza foliado, PELaf – corpos de anfibolito, PELgn – biotita gnaisses com alternância de biotita xistos, intercalações de quartzito, gonditos e anfibolitos, PELqt – quartzitos puros, micáceos, feldspáticos com intercalações de micaxistos e biotita gnaiss, PELxt alternância de biotita muscovita xistos e quartzitos com ocorrência local de anfibolitos-, PEmi - Migmatitos estromáticos, PEog - hornblenda ortognaisses e biotita ortognaisses, PESfl – muscovita filitos com ou sem biotita e/ou clorita, PEtn – Granito Terra nova: granitos róseos com intercalações de micaxistos, Qa – depósitos aluvionares: cascalhos, areia e argilas, Tc – Depósitos terciários: diamictitos, conglomerados, arenitos e argilitos.

Segundo Hassui *et al.* (1977, 1978), o leste paulista é compartimentado tectonicamente por uma malha de grandes falhas transcorrentes e zonas de cisalhamento que controlam a estruturação do embasamento cristalino e condicionam a formação das bacias terciárias. As falhas de Itu, Pirai, Cururu e Cachoeira são ramificações da falha Jundiuvira em forma de leques. O processo deformacional nestas zonas é

heterogêneo - há uma variação da deformação entre rochas justapostas, desde rochas sem deformação, passando por protomilonitos, milonitos, ultramilonitos e blastomilonitos.

As falhas de Itu e Jundiuvira correspondem, segundo Hackspacher *et al.* (1989), a zonas de cisalhamento transcorrentes dextrais. As falhas normais Mesozóico-Cenozóico são relacionadas por Hassui *et al.* (1982) com o desenvolvimento de bacias tafrogênicas do sudeste do Brasil – essas bacias apresentam cunhas clásticas associadas a falhas sin-sedimentares.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O mapa de fraturas de Neves (1999), que compreende dados de fraturas medidas, fraturas inferidas e lineamentos definidos por fotointerpretação, foi a principal base de dados utilizada nesse estudo. Esse mapa foi verificado em campo no âmbito desse trabalho, no sentido de confirmar a natureza rúptil das estruturas consideradas, tendo sido complementado e reformulado no formato analógico.

O mapa estrutural final foi transformado para o formato matricial através de um scanner-HP, com resolução de 300 dpi, e em formato TIF. Em seguida, esse arquivo foi convertido para um arquivo bitmap binário de 540 linhas e 750 colunas (Fig. 2), com pixels de 50 m.

Para a quantificação da frequência estrutural, o mapa estrutural foi analisado através de um algoritmo, desenvolvido neste trabalho, denominado SMP_Counting. Esse algoritmo é capaz de realizar a contagem dos pixels relacionados às estruturas pelo método *box counting* (MIDDLETON *et al.*, 1991). Esse método consiste na varredura da matriz contendo as estruturas em estudo através de ‘caixas’, ou matrizes, possibilitando a contagem, nessas matrizes, dos pixels relacionados às estruturas de interesse.

Os dados da contagem dos pixels na matriz analisada foram armazenados em um arquivo texto para posterior processamento matemático e gráfico.

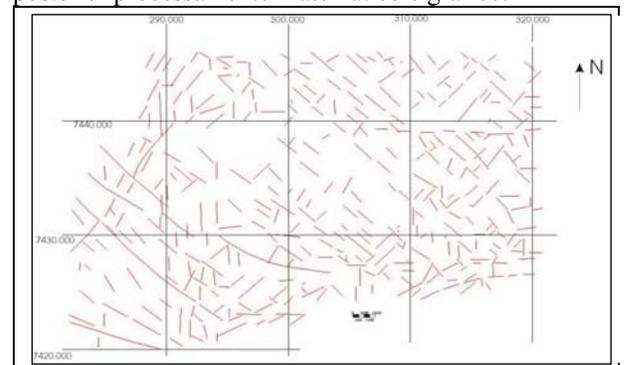


Fig. 2. Mapa das estruturas rúpteis da região de Jundiá (modificado de NEVES 1999).

3.1. Contagem matricial

A contagem dos pixels foi realizada segundo uma malha quadrada, por matrizes múltiplas de 2, com seu início no canto superior direito da imagem. Tal malha foi definida com a menor dimensão possível numa 1ª contagem (4 X 4 pixels) e sua dimensão foi incrementada exponencialmente até atingir o tamanho máximo possível para que a imagem sob análise seja coberta.

Com isso, uma matriz de 512 X 512 pixels foi gerada.

Dentro de cada matriz, a contagem foi feita do início para o final de cada linha, em um código retroativo que soma '1' a cada valor de posicionamento, até que este valor atinja a dimensão da matriz. A partir desse ponto, a varredura retorna para a primeira coluna, acrescentando uma unidade na coordenada da linha, e assim sucessivamente, até que o posicionamento da matriz nas colunas atinja o valor da dimensão da matriz. Após este procedimento dentro de uma matriz, a variável de posicionamento X inicial é incrementada no valor da dimensão da matriz, assim como a variável de posicionamento Y inicial, e assim sucessivamente, até a cobertura total da imagem. Ao final de cada varredura, a variável dimensão da matriz é multiplicada por 2 para que possa varrer a imagem com uma dimensão maior. A Figura 3 sintetiza as rotinas utilizadas na contagem matricial (Fig. 3).

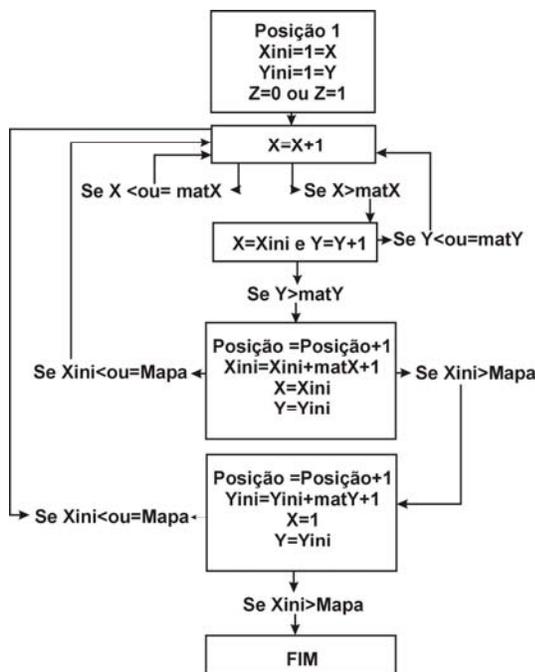


Fig. 3. Fluxograma do algoritmo *SMP_Counting*. Xini é a posição X inicial, Yini é a posição Y inicial, matX é a dimensão X da matriz, matY é a dimensão Y da matriz e Mapa é a dimensão máxima da imagem analisada.

3.2. Frequência de fraturas

O mapa de frequência estrutural foi construído a partir da determinação do comprimento das estruturas dentro de uma área conhecida. Esta etapa do trabalho foi realizada com o auxílio da ferramenta *Segment Density* do software Ilwis 3.1. Esta ferramenta gera mapas com pixels de dimensões de escolha do usuário e o classifica segundo a dimensão linear de estruturas em seu interior.

4. RESULTADOS

Os dados armazenados no processo de contagem descrito acima foram organizados em forma de um gráfico $N \times \delta$ (Fig. 4), plotado em escala logarítmica na ordenada ($N(\delta)$), onde N é o número de feições de interesse (pixels associados às estruturas) encontradas em cada matriz, e δ é a dimensão da matriz (caixa).

Nesse gráfico é possível observar a dependência da variação da quantidade de estruturas pela área da matriz de contagem. Essa dependência é reduzida com o aumento da matriz de contagem, (Fig. 4), onde a curva tem uma diminuição de sua curvatura em função do aumento da dimensão da matriz. A posição de inflexão máxima da curva pode ser interpretada como a dimensão da matriz de contagem, onde há uma menor dependência entre a dimensão da matriz e a quantidade de pixels que representam estruturas.

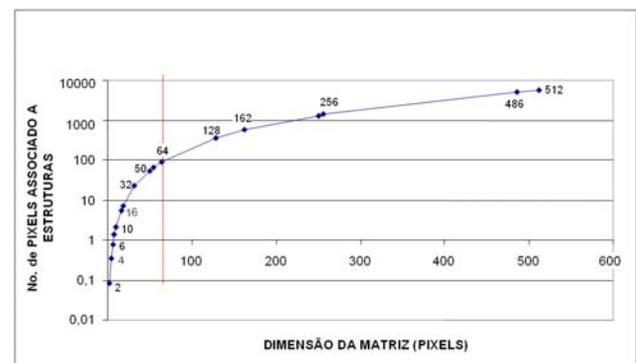


Fig. 4. Gráfico $N(\delta) \times \delta$, com ponto de inflexão máxima da curva indicado pela reta vermelha.

A determinação da inflexão máxima da curva foi feita segundo o modelo geométrico apresentado na Figura 5 - a máxima área do triângulo vermelho é atingida onde H é maior, ao passo que a posição onde H é maior coincide com o ponto de máxima inflexão da curva.

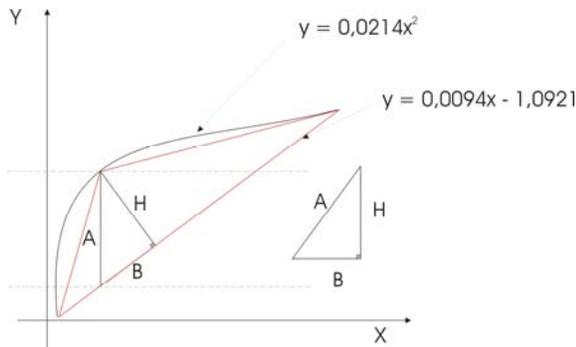


Fig. 5. Modelo de determinação de inflexão máxima da curva do gráfico $N(\delta) \times \delta$

A determinação da máxima inflexão da curva do gráfico $N(\delta) \times \delta$ seguiu os seguintes passos:

- aproximação da equação da curva através de uma curva de tendência no software Excel ($Y = 0,0214 \cdot X^2$);
- construção de uma reta ligando os pontos iniciais e finais da curva;
- estabelecimento da equação dessa reta ($Y = 0,0094X - 1,0921$);
- derivação dos valores de Y para cada X calculado;
- cálculo da maior distância entre Y da curva e Y da reta.

Para esse estudo de caso, determinou-se que a máxima inflexão da curva ocorre no ponto X igual a 64 (Fig. 5), ou seja, onde a matriz de contagem tem 64 x 64 pixels de dimensão (3200 x 3200 metros, para pixels com dimensão de 50 metros).

Dessa forma, para esse conjunto de dados, tem-se que a construção de mapas de frequência de estruturas, utilizando-se matrizes de contagem até 3200 metros de lado, não deve ter seus resultados afetados pela dimensão da matriz. Assim, os mapas de frequência podem ser gerados utilizando-se matrizes entre 100 metros de lado, até 3200 metros, a depender da escala de trabalho adotada. A utilização de matrizes de contagem maiores implica na necessidade de um mapa com maior abrangência de área geográfica.

Para demonstração, foram gerados mapas de contagem de estruturas com matrizes de contagem com dimensões de 100m, 800m, 1600m e 3200m (Figuras 6 a-e).

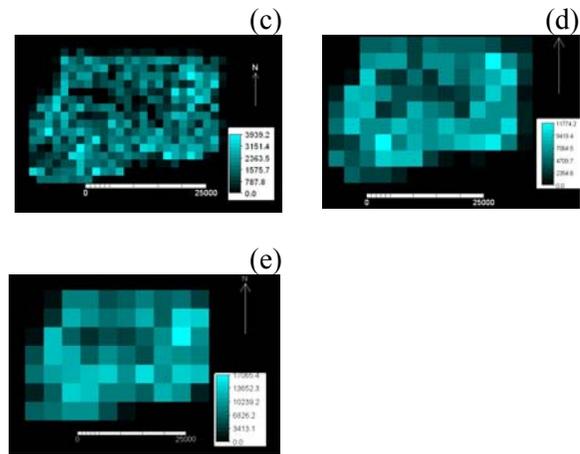
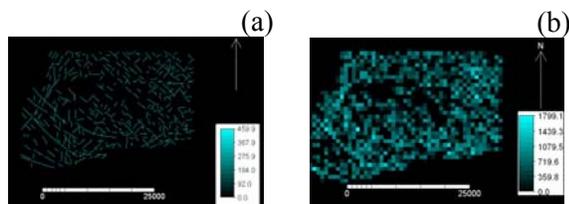


Fig. 6. Mapas representativos das contagens dimensionais das estruturas rúpteis da bacia do rio Jundiá Mirim. (a) Matriz de 100 x 100 metros (2 x 2 pixels). (b) Matriz de 800 x 800 metros (4 x 4 pixels). (c) Matriz de 1600 x 1600 metros (8 x 8 pixels). (d) Matriz de 3200 x 3200 metros (64 x 64 pixels). As escalas indicam metros de estrutura por caixa de contagem.

4.1. Construção dos mapas de densidade de estruturas

O mapa de densidade de estruturas foi construído através da interpolação de pontos localizados no centro de cada matriz pelo método de Krigagem. Três mapas de densidade estrutural foram gerados, respectivamente, com uma matriz abaixo, acima e no valor determinado como limite de 800 metros (Fig. 7a-e). Consonante com os resultados demonstrados anteriormente, observa-se nos mapas de densidade que o traçado original das estruturas, razoavelmente bem marcado na matriz de contagem de menor dimensão (Fig. 7a), é gradualmente perdido com o aumento da dimensão da matriz de contagem.

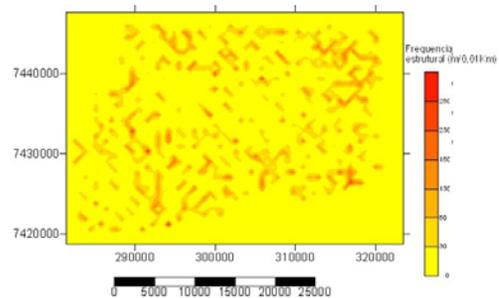


Fig. 7a. Mapa de densidade estrutural construído a partir de uma matriz de contagem com dimensão de 100 x 100 metros (2 x 2 pixels) (resolução espacial dos pixels no mapa de estruturas = 50m)

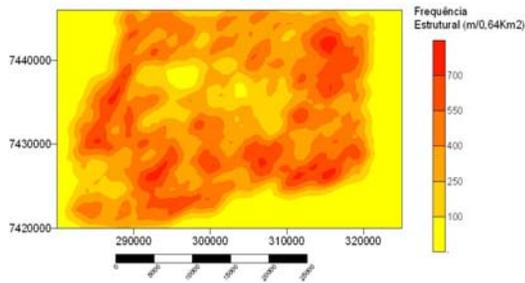


Fig. 7b. Mapa de densidade estrutural construído a partir de uma matriz de contagem com dimensão de 800 x 800 metros (16 x 16 pixels) (resolução espacial dos pixels no mapa de estruturas = 50m).

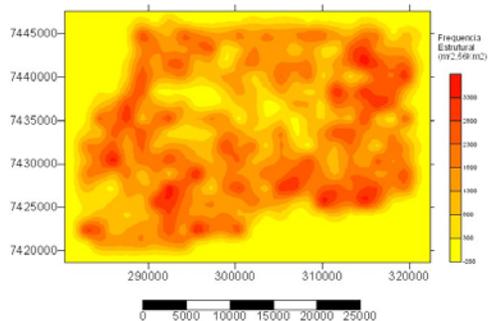


Fig. 7c. Mapa de densidade estrutural construído a partir de uma matriz de contagem com dimensão de 1600 x 1600 metros (32 x 32 pixels) (resolução espacial dos pixels no mapa de estruturas = 50m).

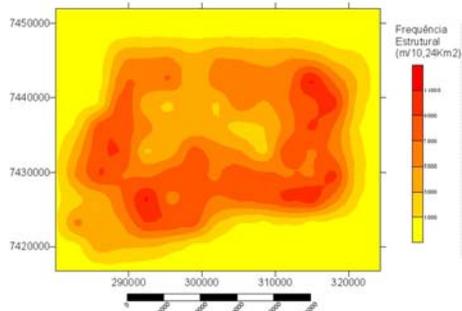


Fig. 7d. Mapa de densidade estrutural construído a partir de uma matriz de contagem com dimensão de 3200 x 3200 metros (64 x 64 pixels) (resolução espacial dos pixels no mapa de estruturas = 50m).

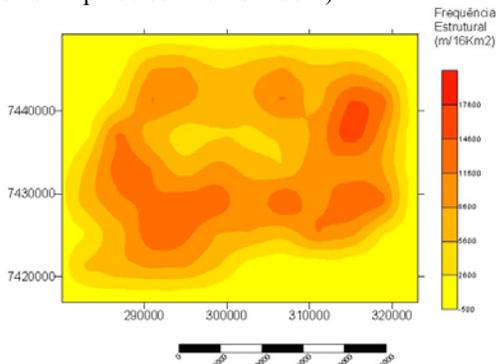


Fig. 7e: Mapa de densidade estrutural construído a partir de uma matriz de contagem com dimensão de 4000 x 4000 metros (80 x 80 pixels) (resolução espacial dos pixels no mapa de estruturas = 50m).

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos mostram que quanto maior a dimensão da matriz de contagem menor a variação da quantidade, ou frequência, de estruturas registradas. Ou seja, há uma relação de dependência entre a dimensão da matriz e a quantidade de estruturas contabilizadas na varredura. Entretanto, essa dependência diminui e é negligenciável com o aumento da dimensão da matriz. Com base nos dados analisados, o limite dessa dependência ocorre na matriz de 64 x 64 pixels, que representa 3200 x 3200 metros. Esse é o ponto a partir do qual a dimensão das matrizes compromete a representatividade do mapa de frequências de fraturas para escala de amostragem dos dados. Tal comportamento pode ser observado através da Fig. 7e, elaborada com uma matriz 80 x 80 pixels. Essa figura, se comparada às imagens das Fig. 7a a 7d, mostra perda de aderência ao padrão original de distribuição espacial das fraturas, função da fusão de áreas não representativas da densidade de fraturas original.

A utilização do algoritmo *SMP_Counting*, desenvolvido neste trabalho, mostrou-se dentro dos objetivos esperados, exigindo capacidade mínima de processamento. Dessa forma, pode-se obter de maneira simples e rápida um conjunto de dados validados relativos a dimensão ótima para matrizes de contagem de estruturas. Esse procedimento assegura dados qualitativamente superiores, prontos para utilização em ambiente SIG e praticamente sem ônus para os processamentos principais.

Tal metodologia pode ser aplicada em outras áreas desde que haja um mapa digital em formato *raster* de estruturas rúpteis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATISTA, J. J. (coord.); Simões, L. S. A.; Oliveira, M. A. F. de; 1986. **Carta Geológica do Estado de São Paulo** (1:50.000): Folha Jundiaí. Convênio SICCT/PRÓ-MINÉRIO – IGCE/UNESP, Rio Claro, Relatório Final, v.1, texto, 115p.

BISTRICHI, C. A.; CARNETO, C. D. R.; DANTAS, A. S. L.; PONÇANO, W. L.; CAMPANHA, G. A. da C.; NAGATA, N.; ALMEIDA, M. A.; Stein, D. P.; MELLO, M. S. de ; CREMONINI, O. A., 1981. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**, escala 1:50.000. São Paulo, Publicação IPT n. 1184 (Monografias 6), v. 2 (mapa).

DAVIS, G. H., REYNOLDS, S. J.,1996. **Structural**

Rocks of Rocks and Regions. John Wiley & Sons, INC, Canada.

HASSUI, Y.; CARNEIRO, C.D.R.; GLANCURSI, F.D. e GUSSO, L.G.N. – 1976 – Condicionamento Tectônico da Bacia Sedimentar de São Paulo. *In: Anais do XXIX Congresso Brasileiro de Geologia*, SBG, Belo Horizonte, p. 257 – 268.

HASSUI, Y.; PONÇANO, W.L.; BISTRICHI, C.A.; STEIN, D.P.; GALVÃO, C.A.C.F.; GIMENEZ, A.F.; ALMEIDA, M.A. de; MELO, M.S. de; PIRES NETO, A. G. – 1977 – As grandes falhas do Leste Paulista, *in: atas do 1º Simpósio de Geologia Regional*, p. 369 – 380.

HASSUI, Y; TOGNON, A. A.; SOARES, L.; CSORDAS, S. M.. 1978. Geologia e tectônica da Serra do Japi. **Boletim do Instituto de Geociências**, USP. N. 9, p. 17 – 24.

HASSUI, Y; DANTAS, A. L.; CARNEIRO, C. D. R.; BISTRICHI, C. A., 1981. O embasamento Pré-cambriano e o Eopaleozóico em São Paulo. In: Almeida et al., **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**, escala 1:500.000, Publicação IPT n.1184 (Monografia 6), São Paulo, v1 (nota explicativa).

HASSUI, Y.; ALMEIDA, F.F.M. de; MIOTO, J.A.; MELO, M.S. de. 1982. **Geologia, Tectônica, Geomorfologia e Sismologia regionais de interesse às usinas nucleares da praia de Itaorna**. Publicação IPT n. 1225 (Monografia 7), São Paulo, 150p.

HASSUI, Y; HRARALYI, N. L. E.; MIOTO, J. A.; SAAD, A. R.; Campanha, V. A.; Hamza, V. M.; Galli, V. A.; Frangipani, A.; Puleghini Filho, P. 1989. **Compartimento Estrutural e Evolução Tectônica do Estado de São Paulo**. São Paulo, Relatório IPT n. 27.394, v. 1 e 2.

MIDDLETON, G.V. (org); Loncarevic, B.D.; Chadam, J., Fowler, A.; Goodings, D.; Middleton, G.; Roach, D.; Shaw, H.; Turcotte., 1991. **Nonlinear Dynamics, Chaos and Fractals**. Geological Associate of Canada, Toronto, Ontario.

MOSTAFA, M. E., QARI, M. Y. H. T. 1995. An exact technique of counting lineaments. **Engineering Geology**, 39: 5-16.

MARTIN, H.; MAU, H. e BJÖRNBERG, A. J.S. 1959. Vale Pré Glacial a Nordeste de Jundiáí, SP. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**, São Paulo, Boletim 2, 8: 35 – 30.

NEVES, M. A. 1999. **Evolução Cenozóica da Região de Jundiáí (SP)**. Dissertação de mestrado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Rio Claro – SP.

SANTORO, E. 1985. **Geologia da Folha Cabreúva (SP)**. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências da USP, São Paulo, 114 p.

ZAKIR, F. A., QARI, M. H. T., MOSTAFA, M. E., 1999, A New Optimizing for Preparing Lineament Density Maps. **International Journal of Remote Sensing**, 20: 1073 – 1085.