

# Imagens de Sensoriamento Remoto no Mapeamento de Lineamentos do Centro do Escudo Sul-Rio-Grandense

Clóvis Carlos Carraro<sup>1</sup>  
André Sampaio Mexias<sup>1</sup>

Universidade Federal do Rio Grande do Sul/UFRGS  
Av. Bento Gonçalves 9500 Prédio 43136  
91540-000 Porto Alegre - RS  
{clovis.carraro, andre.mexias}@ufrgs.Br

**Abstract.** This paper deals with the application of the diversity of remote sensing images to the knowledge of the central part of the Sul-rio-grandense Shield regional tectonics, by the identification, registration, analysis and interpretation of lineaments that are supposed to be related to mineral deposits. The research was developed in the central region of Rio Grande do Sul, in metamorphic, igneous and sedimentary rocks of southern of Província Mantiqueira, which constitutes a tectonic complex controlled by extensive lineaments. The main objective is to associate lineaments with geological and tectonic data with the purpose to identify in the Sul-rio-grandense Shield new occurrences of minerals of economic interest. Images from four sensors, two optics and two radar modes were selected: image TM/Landsat-5, image CCD/Cbers, mosaic Gems-1000 and image Sar/Radarsat-1. Lineaments of regional scale were detected by techniques of image analysis, resultant the Lineaments Map of Cachoeira do Sul Sheet.

**Palavras-chave:** sensoriamento remoto, tectônica, lineamentos, metalogenia, remote sensing, tectonic, lineaments, metallogeny.

## 1. Área de Pesquisa.

O desenvolvimento da pesquisa teve lugar na região central do Estado do Rio Grande do Sul, extremo sul da Província Mantiqueira (Almeida, 1981). Abrange a parte central do Escudo Sul-rio-grandense, constituído por rochas ígneas, sedimentares e metamórficas, formando um complexo controlado por lineamentos extensos. A mineração, que foi extensivamente praticada nessa área desde a metade do século XIX, encontra-se desativada. O suporte geológico-cartográfico é o mapa geológico Cachoeira do Sul do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), Secretaria de Minas e Energia na escala 1:250.000.

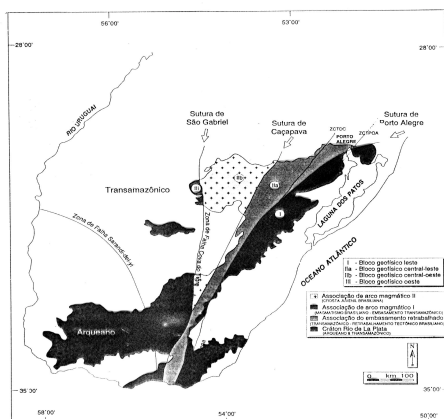


Figura 1 - Compartimentação geotectônica do Escudo Sul-rio-grandense a partir de assinaturas geofísicas, obtidas com gravimetria e aeromagnetometria (Hallinan et al., 1993).

## **2. Tectônica do Escudo Sul-rio-grandense.**

A evolução do conhecimento da geologia estratigráfica e da tectônica do Escudo Sul-rio-grandense (Fig. 1) está sedimentada pelos trabalhos de pesquisa de Robertson (1966), Picada (1971), Ribeiro e Fantinel (1978), Ribeiro (1978), Fragoso-César (1980), Hallinan et al. (1993), Jost (1981), Issler (1982), Soliani Jr. (1986), Tommasi e Fernandes (1990), Fernandes et al. (1995a), Nardi e Lima (2000), Chemale Jr (2000), Paim et al. (2000) e Remus et al. (2000), entre outros.

## **3. Distrito Minas do Camaquã.**

O depósito Minas do Camaquã consiste de veios maciços, *stockworks* e minério disseminado com calcopirita, pirita, bornita, calcosita, ouro, prata e hematita. Sua gênese é controversa, com autores considerando três hipóteses: singenética, diagenética ou magmático-hidrotermal. As reservas pré-mineração do Distrito Minas do Camaquã foram avaliadas em 30,8 milhões de toneladas de minério com teor médio de 1,06% de Cobre, com ouro e prata como subprodutos em hematita e sulfetos, constando de 300.000 t de Cu, 350.000 t de Zn, 500.000 t de Pb, 200 t de Ag e 5 t de Au (Ribeiro, 1991). O depósito Santa Maria, situado três quilômetros ao sudoeste de Minas do Camaquã, contém disseminação e veios maciços de galena e esfarelita e, em menor quantidade, pirita, calcopirita, bornita, calcosita e prata nativa. As reservas do minério, 33,4 Mt, têm teor médio de 1,44% de chumbo e 1,06% de zinco, com prata (12-15 g/t) e cobre como subproduto.

## **4. Mineralização Aurífera Lavras do Sul.**

Na região de Lavras do Sul, a mineralização aurífera, como produtos hipogênicos da alteração hidrotermal, tem sido reconhecida e explorada na forma de garimpo e, em menor importância, através de atividade mineira empresarial de pequeno e médio porte. No trabalho de Teixeira e Leinz (1942), são apresentados os resultados de estudos geológicos e mineiros realizados na jazida do Bloco do Butiá. Na ocasião da pesquisa, foi cubada uma reserva de ~400.000 t de minério na qual os teores oscilavam entre 2 a 4 g/t (~1,2 t de ouro). Kaul e Zir F<sup>o</sup> (1974) apresentam a tipologia, controle tectônico e aspectos genéticos para a mineralização aurífera de Lavras do Sul, com um detalhado estudo estrutural e tectônico, demonstrando que os esforços compressivos de direção E-W atuaram sobre os granitos e as rochas vulcânicas, gerando “falhas de tensão” onde estariam encaixadas estruturas e filões mineralizados. Reischl (1980) salienta que o pertitagrano e o sienograno de borda seriam pós-tectônicos, com mineralização filoneana e lenticular com pirita, galena, blenda, molibdenita, arsenopirita e calcopirita; sustenta o autor que a mineralização está confinada ao esforço de tensão E-W no granito de borda e N60°W no central. Mexias (1990) e Mexias et al. (1994) estudaram extensivamente o hidrotermalismo na região de Lavras do Sul. Eles caracterizaram a região de Volta Grande como constituída por uma seqüência de rochas vulcânicas e piroclásticas (tufos e brechas) pré-cambrianas que são intrudidas pelo Granito Transicional do Complexo Granítico Lavras, gerando auréola de metamorfismo de contato. Ainda segundo os autores, na área Bloco do Butiá, que está inserida na porção oeste do Complexo Granítico Lavras, especificamente, no pertita granito, estruturas mineralizadas e hidrotermalizadas constituem fraturas com centenas de metros de extensão, nas direções preferenciais E-W e N70°W, apresentando um halo de alteração que pode variar de alguns centímetros até dezenas de metros.

## **5. Relação das imagens.**

Foi selecionada a cena da órbita 222 ponto 81 do sensor TM – Landsat, digital, bandas 3, 4 e 5. Visando à diversidade de incidência da radiação solar, optou-se por cenas de inverno, primavera e verão. Do sensor CCD - Câmara de Alta Resolução– CBERS-1 foi selecionada a cena 159/134, visando à comparação de desempenho com imagem óptica com diferente resolução. Selecionou-se a imagem SLAR (*Side Looking Airborne Radar*), mosaico 540 - Cachoeira do Sul, do sensor Gems-1000, aerotransportado, Projeto RadamBrasil. Foram selecionadas duas imagens Sar Radarsat-1 com diferente incidência vertical, visando ao melhor realce dos lineamentos e expansão da área de mapeamento.

## **6. Correção Geométrica da Imagem.**

Distorções geométricas sistemáticas são corrigidas pelo registro das efemérides da órbita do satélite e pelas características do sensor; esse procedimento preliminar de correção é feito pelo órgão que gera e distribui imagens. Distorções geométricas não sistemáticas são originadas pelo posicionamento da plataforma portadora do sensor em relação à superfície do terreno (Jensen, 1986, p.102). Os termos georreferenciamento e ortorretificação são usados para descrever o tipo de correção que é feita na imagem. Georreferenciamento é o ajuste de uma imagem com um mapa topográfico, pelo qual a imagem passa a ter as coordenadas geográficas e plano-retangulares do modelo cartográfico. O ajuste é exclusivamente planimétrico; apesar de ser válido somente para pontos de controle dos quais são conhecidas as coordenadas geográficas, mesmo assim é estendido para todos os pixels da imagem, sem considerar o deslocamento pontual devido ao relevo. A ortorretificação considera o deslocamento pontual da imagem ocasionado pela variação do relevo, resultando que cada pixel da imagem estará posicionado como se fosse observado de um ponto verticalmente acima (Schowengerd, 1997).

## **7. Conceito de lineamento.**

No início do século passado, Hobbs (1904) publicou pesquisa geológica de caráter regional sobre a estrutura da Costa Atlântica dos Estados Unidos quando, pela primeira vez, foi utilizado o termo *lineament*. Com esta definição, foi introduzido na literatura geológica o termo lineamento para caracterizar relações espaciais de (1) linhas de cristas ou limites de áreas elevadas, (2) linhas de drenagem, (3) contatos de formações geológicas de diferentes tipos petrográficos e (4) linhas de afloramentos. A sistematização dos termos relacionados com tectônica, tais como lineamento, lineação e linear, foi apresentada por O'Leary et al. (1976). O conceito de lineamento foi expresso pelos autores nos seguintes termos: "lineamento é uma feição linear simples ou composta da superfície, cujas partes são alinhadas de modo retilíneo ou levemente curvilíneo e que difere distintamente dos padrões de feições adjacentes e presumivelmente reflete um fenômeno subsuperficial."

## **8. Identificação de lineamentos.**

O lineamento será tonal se expresso pelo contraste de brilho ou fisiográfico se expresso pelo relevo. A descontinuidade pode ser discernida tanto na superfície do solo quanto em imagem. Feições superficiais incluem, além das de origem geomorfológica, feições de outras fontes tal como campo potencial de gravidade ou de magnetometria. Caracterização de lineamento quanto à origem, se geomorfológico, de drenagem ou de cristas, é possível em mapeamento na escala 1:50.000. Lineamentos longos, evidenciados em mapeamento na escala 1:250.000, dificilmente serão caracterizados quanto à origem. Análise isolada de

imagens de épocas do ano, de bandas espectrais, de ângulo de incidência da radiação eletromagnética diferentes poderá apresentar resultados diferenciados, tanto em direção quanto em quantidade de lineamentos. A análise visual de imagem em cópia fotográfica é uma técnica freqüentemente usada em mapeamento geológico. A incidência da radiação eletromagnética no instante da coleta dos dados geradores da imagem pode aumentar o contraste tonal e assim realçar lineamentos ou, por outro lado, pode atenuar o contraste e não registrar determinados lineamentos. O sol, como fonte de radiação eletromagnética, tem sua posição definida pela incidência da radiação, ou seja, pelo rumo horizontal medido em relação ao Norte e pela elevação solar, que é o ângulo vertical medido em relação a um plano horizontal genérico. O ângulo vertical entre a direção da radiação e a normal à superfície receptora denomina-se incidência vertical, sendo essa uma alternativa de medida, mais aplicável aos sensores ativos (radar). A cobertura vegetal, por sua alta refletância à radiação do infravermelho próximo, origina imagem com excelente contraste com formas de relevo sombreadas, resultando maior realce de lineamento tonal de cristas. A atmosfera exerce uma interferência que homogeneíza o brilho da imagem nas bandas do visível; torna transparente a névoa na banda infravermelha e completamente transparente à radiação de microondas; por essa razão, tratando-se de imagens ópticas, seleciona-se, preferencialmente, imagem na banda infravermelha, realçando a iluminação solar diferenciada nas vertentes voltadas para o sol. Observa-se que quanto menor a elevação solar, maior o sombreamento do solo devido ao relevo e maior o contraste das feições do relevo. Essa condição ocorre durante os meses de inverno, quando a elevação do sol, em seu movimento aparente, é menor. O Radar, sendo um sensor ativo, independe da iluminação solar. A radiação eletromagnética emitida pelo sensor em banda das microondas tem incidência pré-programada em rumo e ângulo vertical. O sinal de retorno, o retroespalhamento, depende, *a priori*, da capacidade de espalhamento da radiação incidente, função da constante dielétrica do solo e da rugosidade da superfície; entretanto, o principal parâmetro para o efetivo registro é a posição do alvo em relação à incidência da radiação emitida pelo sensor. Retorno da radiação é maior em superfície perpendicular à incidência, atenuado em superfície intermediária, e nulo em superfície na posição angular próxima à direção da incidência. A superfície em posição perpendicular à incidência da radiação fornece melhor realce de elementos morfoestruturais do relevo, facilitando o registro de lineamentos (Queiroz et al., 2000 e Soares et al., 1981). A cobertura vegetal, por sua alta refletância no infravermelho, origina imagem com excelente; diferenças de umidade são ressaltadas na banda do infravermelha médio (Liu et al., 2000).

### **9. Extração de lineamento.**

O procedimento para a extração de feições lineares em imagem de sensoriamento remoto exige cuidadosa análise prévia, na qual são reconhecidas falhas, de desenvolvimento regional, que podem ou não colocar lado a lado diferentes litologias. O registro dos lineamentos é feito sobre transparência sobreposta à cópia da imagem. O efeito tridimensional visualizado em estereoscópio facilita a detecção de lineamentos; entretanto, exige duas imagens, de igual abrangência espacial, obtidas de posições diferentes. A câmara de alta resolução CCD/Chers tem capacidade de inclinar o campo de visada vertical em até 32°, possibilitando a obtenção de par estereoscópico mediante prévia programação. No caso dos sensores ópticos, a programação da inclinação da recepção da radiação eletromagnética pelo solo depende do relevo do terreno. Quanto maior for a declividade das vertentes, menor deve ser a inclinação do campo de visada. No caso de terrenos planos ou com pequena variação de altitude, o campo de visada da câmara deverá ter uma inclinação maior,

aumentando dessa forma o exagero vertical da imagem . O sensor Sar do satélite Radarsat-1 emite e recebe radiação eletromagnética da banda das microondas em 25 diferentes ângulos de incidência, possível obter duas imagens que, abrangendo mesma área do solo porém com diferentes ângulos de incidência, possibilitam a visão estereoscópica. Nesse caso, a programação da incidência da radiação eletromagnética emitida e recebida pelo sensor também depende do relevo dos terrenos, porém de modo diverso dos sensores ópticos. Quanto maior for a declividade dos terrenos, maior deverá ser o ângulo de incidência da radiação eletromagnética emitida pelo sensor. Da mesma forma, quanto mais plano for o terreno, menor deverá ser o ângulo de emissão e recepção da radiação. Pares de imagens obtidos de mesma órbita, ascendente ou descendente, mantém o mesmo sentido de incidência de radiação e, conseqüentemente, sombreamento similar das vertentes, facilitando a visualização do relevo. O sombreamento é um fator importante na detecção de lineamentos em imagens de radar. Observa-se que quanto menor o ângulo de incidência, menor será o sombreamento, dificultando assim a detecção dos lineamentos. Cada pixel da imagem é deslocado de sua posição ortogonal em função da altitude do terreno e do ângulo de visada do sensor. O deslocamento, denominado paralaxe, será diferenciado em cada uma das imagens e a visualização simultânea de duas imagens com auxílio de estereoscópio proporciona a sensação de relevo do terreno.

## **10. Registro de lineamento.**

Concluída a anotação, o mapa dos lineamentos é transferido para arquivo de computador por imageador de mesa (*scanner*) e deve ser georreferenciado com base nas coordenadas de, no mínimo, cinco pontos de controle (GCPs) previamente selecionados. Registro de lineamentos pode ser executado diretamente no computador, com a vantagem de eliminar o procedimento de entrada de dados via *scanner*. O registro é feito pela função anotação (*ann*). A anotação é transformada para o formato vetorial (dxf) e as informações estatísticas são obtidas por software que importa o arquivo vetorial (dxf), gera arquivo de coordenadas dos pontos extremos de cada lineamento e executa os cálculos estatísticos: comprimento e direção do lineamento e diagrama de roseta. O mapa de lineamentos, bem como o mapa de densidade de lineamentos é desenhado com opção de escala e filtros de comprimento e de azimute. Comparação de mapa de lineamentos obtido de diferentes imagens de sensoriamento remoto revela peculiaridades referentes às características de cada imagem quanto ao modo de obtenção dos dados e quanto à iluminação da cena. Os maiores deslocamentos ocorrem na imagem radar, em função do modo de obtenção da imagem em órbita ascendente do satélite Radarsat; como conseqüência, a emissão de radiação é na direção N78°E, ocasionando o deslocamento da imagem na direção S78°W. A emissão de radiação do Slar (sensor Gems 1000/RadamBrasil) tem rumo 90°W, gerando deslocamento da imagem na direção 90°E. Por esse motivo, todas as imagens, mesmo as ópticas, com menor deslocamento devido ao relevo, devem ser ortorreferenciadas.

## **11. Mapa Previsional Metalogenético do Centro do Escudo Sul-Rio-Grandense.**

Análise do Mapa de Lineamentos (Fig. 2) revela que a área foi sucessivamente afetada por eventos tectônicos. O mais antigo é representado pela malha de lineamentos de direção N80°W a E-W e N10°E. Esses lineamentos ocorrem de forma mais evidente na região de Lavras do Sul. Os lineamentos na direção N50°-60°E pertencem ao segundo mais antigo evento tectônico observado e registrado. Evento no rumo N30°E está representado por feições estruturais dominantes tais como extensas falhas concentradas em bandas que se repetem a cada 10 ou 15 km ao longo da área analisada e, muito claramente, em todas

imagens de sensoriamento remoto. No movimento transcorrente, as falhas deslocam o *trend* de lineamentos N60°E, justificando sua condição mais jovem. Feições de lineamentos circulares foram registradas em imagens. Essas feições, representadas por lineamentos circulares, podem indicar que forte atividade tectônica teria formado corpos intrusivos no estágio inicial do tectonismo. O mais jovem evento tectônico da área ocorreu no Cretáceo e corresponde ao extenso magmatismo da Serra Geral, na direção tectônica N60°W e distribuição em toda a região pesquisada, muitas vezes com ocorrência de *sills* e diques de composição básica. O mapa de lineamentos e o mapa de densidade de lineamentos, sobrepostos ao mapa geológico, foram analisados quanto à ocorrência de áreas com jazimentos conhecidos. Foram selecionadas áreas consideradas promissoras à ocorrência de mineralização: (1) Passo São Domingos, situada a Sul de Lavras do Sul e (2) Coxilha da Árvore, situada a Norte da Mina do Seival. Na região das Minas do Camaquã, ocorre espesso pacote de rochas da Formação Guaritas a qual recobre o que poderia ser a continuação das ocorrências minerais para o Norte. Lineamentos na direção N10°E e N60°E ocorrem em área entre a Sutura de Caçapava e a Falha Tapera Emiliano (N30°E), delimitando a área (3) Arroio João Dias. Intersecção dos lineamentos N 10°E e N 60°E ocorrem na área central do Mapa de Lineamentos nos pontos promissores: área 4 Coxilha do Raio, área (5) Arroio Irapuazinho, (6) Arroio dos Nobres e (7) Coxilha do Vento. Este esboço de mapa previsional metalogenético foi elaborado com base na densidade das intersecções de lineamentos pré-selecionados.

## 12. Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; NEVES, B. B. B.; FUCK, R. A. Brazilian structural provinces: an introduction. *Earth Sciences Review*, v. 17, p. 1-29, 1981.
- CHEMALE JR., F. Evolução Geológica do Escudo Sul-rio-grandense. In: HOLZ, M.; De ROS, L. F. (eds.). **Geologia e Estratigrafia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, CIGO/UFRGS, p. 13-52. 2000.
- FERNANDES, L. A. D.; MENEGAT, R.; KOESTER, E.; PORCHER, C. C.; TOMMASI, A.; KRAEMER, G.; RAMGRAB, G.; CAMOZZATO, E. Evolução Tectônica do Cinturão Dom Feliciano no Escudo Sul-Rio-Grandense: Parte 1 - uma contribuição a partir do registro geológico. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 25, n. 4, p. 351-374, 1995 a.
- FRAGOSO CÉSAR, A.R.S. O Cráton do Rio de la Plata e o cinturão Dom Feliciano no Escudo Uruguaio-Sul-Rio-Grandense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31, Camboriú, 1980. **Anais...Camboriú** : SBG, v. 5, p. 2879 – 2892.
- HALLINAN, S.; MANTOVANI, M.; SHUKOVSKY, W.; BRAGGION JR., I. **Estrutura do Escudo Sul-brasileiro: uma revisão através de dados gravimétricos e magnetométricos**. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 23, n.3, p.201-214, 1993.
- HOBBS, W. Lineaments of the Atlantic border region. **GSA Bulletin**, v. 15, p. 483 - 506, 1904.
- ISSLER, R.S. Evento geodinâmico brasileiro – fechamento de oceano e colisão continental dos Crátons Rio de La Plata e Dom Feliciano: granitos a duas micas e ofiolitos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32, Salvador, 1982, **Anais...** Salvador: SBG, 1982. v. 1, p. 24 - 38.
- JENSEN, J.R. **Introductory digital image processing**. New York: Prentice-Hall. 379 p., 1986.
- JOST, H. 1981. **Geology and metallogeny of the Santana da Boa Vista, South Brazil**. Tese (Doutorado) University of Georgia. Athens, 1981. 272 f.
- KAUL, P. F. T.; ZIR Filho, J. A. Mineralizações Auríferas de Lavras do Sul: tipos, controle tectônico, aspectos genéticos e guias para a localização de novos corpos mineralizados. In.: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 27, Porto Alegre, 1974. **Anais...** Porto Alegre, SBG.
- LEINZ, V.; BARBOSA, A.F.; TEIXEIRA, E.A. Mapa Geológico Caçapava-Lavras. Boletim da Diretoria da Produção Moneral, n.90, p.1-39, 1941.b

- LIU, C.C.; SOUZA Jr., M.A.; GOPINATH, T. R. Regional structural analysis by remote sensing for mineral exploration, Paraíba State, Northeast Brazil. **Geocarto International**, v. 15, n. 1, p. 69 – 75, 2000.
- MEXIAS, A.S. **O sistema hidrotermal fóssil de Volta Grande - Lavras do Sul/RS. Dissertação.** (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1990. 182 f.
- MEXIAS, A. S.; GOMES, M. E. B.; FORMOSO, M. L. L.; MEUNIER, A. Considerações sobre a Alteração Hidrotermal da Área Bloco do Butiá (Complexo Granítico Lavras) Lavras do Sul/RS. In.: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38., 1994, Camboriú. **Anais...** Camboriú, SBG. p.126-128, 1994.
- NARDI, L.V.S. ; LIMA, E. F. O magmatismo shonshonítico e alcalino da bacia do Camaquã. In: HOLZ, M.; DE ROS, L. F., (ed.) **Geologia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre : CIGO/IG/UFRGS, 2000. p. 119 - 132.
- O'LEARY, D.W.; FRIEDMAN, J. D.; POHN, H. A. Lineament, linear, lineation: some proposed new standards for old terms. **GSA Bulletin**, v. 87, p. 1463 - 1469, 1976.
- PAIM, P.S.G.; CHEMALE JR., F. ; LOPES, R. C. A Bacia do Camaquã. In: HOLZ, M.; DE ROS, L. F. (ed.). **Geologia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, CIGO/IG/UFRGS, 2000. p. 231 - 74.
- PICADA, R.S. Ensaio sobre a tectônica do Escudo Sul-rio-grandense. Caracterização dos sistemas de falhas. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 25°. **Anais...** p.167 – 191. 1971.
- QUEIROZ, C.L.; MENESES, P.R.; JOST, H. Lineamentos em imagens de sensores remotos e seu significado estrutural nos terrenos *granito-geenstone belt* de Crixás (GO) **Revista Brasileira de Geociências**, v. 30, n. 4 p. 655 - 662, 2000.
- REISCHEL, J. L. Mineralizações auríferas associadas ao Complexo Granítico Lavras do Sul - RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32, Camboriú, 1980. **Anais...** Camboriú: SBG, 1980. v. 3, p. 1700 - 1712.
- REMUS, M. V. D.; HARTMANN, L. A.; McNAUGHTON, N. J.; GROVES, D. I.; Fletcher, I. R. A Distal Magmatic-Hydrothermal Origin for the Camaquã Cu (Au-Ag) and Santa Maria Pb, Zn (Cu-Ag) Deposits, Southern Brazil. **Gondwana Research**, v. 3, n. 2, p. 155-174, 2000.
- RIBEIRO, M. **Mapa Previsional do cobre no Escudo Sul-rio-grandense**. CPRM, Série Geologia, n.3, Seção Geologia Econômica, n. 1, p. 1-104, 1 mapa, 1978.
- RIBEIRO, M.; FANTINEL, L.M. Associações petrotectônicas do Escudo Sul-rio-grandense: I - Tabulação e distribuição das associações petrotectônicas do Escudo do Rio Grande do Sul. **Iheringia, Ser. Geologia**, v. 5, p. 19 - 54, 1978.
- RIBEIRO, M. Sulfetos em sedimentos detríticos cambrianos no Rio Grande do Sul, Brasil. Tese (Doutorado Geociências) Instituto de Geociências, Curso de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1991.
- ROBERTSON, J.F. Revision of the stratigraphy and nomenclature of rock units in the Caçapava-Lavras region, State of Rio Grande do Sul, Brazil. **Notas e Estudos**, Escola de Geologia, UFRGS. Porto Alegre, v. 1 n. 2, p. 41 - 54, 1966.
- SCHOWENGERTD, R.A. **Remote Sensing. Model and methods for Image processing**. San Diego: Academic Press, 1997. 522 p.
- SOARES, P.C.; Mattos J.T.; Balieiro M.G.; Barcellos P.E.; Meneses P.R.; Guerra S.M.S.; Csordas S.M. Análise mosfoestrutural regional com imagens de RADAR e LANDSAT na Bacia do Paraná. In: Simpósio Regional de Geologia, 3º, Curitiba, 1981. **Separata**, 1981. 23 f.
- SOLIANI JR., E. **Os dados geocronológicos do Escudo Sul-rio-grandense e suas implicações de ordem geotectônica**. Tese (Doutorado Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1986. 425 f.
- TEIXEIRA, E. A.; LEINZ, V. Ouro no Bloco do Butiá. Rio de Janeiro, **Boletim da Divisão de Fomento da Produção Mineral, DNPM**, n. 50, p. 1 - 81, 1942.
- TOMMASI, A.; FERNANDES, L.A.D. O ciclo brasileiro na porção sudeste da Plataforma Sul-americana: um novo modelo. In: CONGRESSO URUGUAIO DE GEOLOGIA, Montevideu, 1990. **Anais...** Montevideu, 1990.

