

RESUMOS DE TESES

Teses e dissertações, salvo raras exceções (v. g. INPE), são considerados documentos inéditos, de "edição do autor". Em vista disto, os interessados em obter cópias devem solicitá-las no endereço assinalado em cada resumo ou obter autorização expressa do autor, para fornecimento por meio do SECOB – Serviço de Comunicação Bibliográfica da SBG.

ANÁLISE DAS VELOCIDADES COMPRESSIONAIS E CISALHANTE DO POÇO 1-TP-3-SC – ONDAS PLANAS*

DESIDERIO PIRES SILVEIRA

PETROBRÁS/SEN-BA – Av. Antônio Carlos Magalhães, s/nº, Pituba, CEP 40.000, Salvador, BA

ABSTRACT The use of shear waves in the reflection seismic method has been considered for a long time, but renewed interest in these waves has recently increased after the discovery that the ratio between compressional and shear wave velocities is a good indicator of the lithology and pore fluid. The aim of the present work is to study the behaviour of compressional and shear wave propagation velocities for a lithologic section, using sonic log data of the well 1-TP-3-SC. For this, we used the Goupillaud model to generate synthetic seismograms. We plotted the transmission loss and we got amplitude spectra of the principal characteristics for both kinds of waves. Also, the relationship between the P and S velocities themselves and the velocities with the density of the medium was studied. The density log was generated theoretically using the Gardner's relation. The results were compared with those obtained from shear wave synthetic velocity, data. One main result comes from comparing the behaviour of the velocities, densities, V_p/V_s ratio and Poisson's ratio with the lithologic log. The logs show that within the basalt section there is an oscillation between two extrem values which represent the massive and viscular basalt layers, respectively. This behaviour corresponds to cyclic media in the O'Doherty & Anstey sense. Within the sedimentary section, the logs show short oscillations and increase little with depth. This corresponds to a transitional medium in the sense of the afore mentioned authors. The transmission loss curves, when plotted against depth, show conspicuous difference at some depths, indicating the different behaviour between compressional and shear wave velocity propagation in the same geologic section. On the synthetic seismograms it is observed that peg-leg effects influence the primary reflections, for both types of waves, principally in the cyclic section. This effect is constructive in the sense that it recovers the 'loss' due to transmission. It is destructive in the sense that it reduces the precision of the reflection time. The synthetic seismogram of the computed shear wave show signals of greater amplitude than signals for actual data. The analysis of the amplitude spectrum of the reflectivity function shows a low-cut spectrum but with some 'notch' on the frequencies above the cut-off frequency. Both compressional and shear wave spectra of the transmissivity function are low-pass spectra, but with some frequencies above the cut-off frequency. The different values for the cut-off frequencies shown by compressional and shear wave functions are due to the sampling effect. The analysis to the amplitude spectrum of the two-way transmissivity function, convolved with the source wavelet, in the compressional wave case, show a very good transmission around the frequency of 37 Hz and a very bad transmission around the frequency of 75 Hz. The analysis of the corresponding spectrum in the S wave, shows a bad transmission around the frequency of 43 Hz and a very good transmission around frequency of 72 Hz. That is to say, there is almost an inverse effect on the transmission of the two waves at these frequencies. The amplitude spectrum of the reflectivity function, in the case of the synthetic shear waves, shows higher amplitudes at high frequencies that the correspondent spectrum in the case of real shear waves. The analysis of the amplitude

spectrum of the transmissivity function shows that the high frequencies are still more attenuated than in the case of actual shear waves. However, they preserve the inverse effect mentioned above. The influence of the densities on the reflection coefficients was shown to be more important in the case of shear waves than in the case of compressional waves.

RESUMO O uso de ondas cisalhantes no método sísmico de reflexão é uma idéia de longa data, mas o interesse no estudo desse tipo de onda cresceu depois que se descobriu que a razão entre as velocidades de propagação da onda compressional e cisalhante é indicadora de litologia e fluido de poro. O objetivo do presente trabalho é estudar o comportamento da velocidade de propagação da onda compressional e cisalhante, através de uma seção litológica, usando dados de sondagem sônica do poço 1-TP-3-SC. Para isso, usamos o modelo de Goupillaud para gerar sismogramas sintéticos; plotamos a curva de perda por transmissão e obtivemos espectros de amplitudes das principais funções obtidas para ambos os tipos de onda. Também foi estudado o relacionamento das velocidades entre si e com a densidade do meio. O perfil de densidade foi calculado teoricamente usando-se a relação de Gardner. Os resultados foram comparados com resultados obtidos a partir de dados sintéticos de velocidade de propagação da onda cisalhante. O primeiro resultado obtido foi da observação do comportamento dos perfis de velocidade, densidade, razão V_p/V_s e razão de Poisson, diante do perfil litológico. Esses perfis mostram que, dentro da seção de rochas basálticas, existe uma oscilação entre dois valores extremos, superior e inferior, que representam as zonas de basalto maciço e basalto vesicular, respectivamente. Este comportamento corresponde a um meio cíclico no senso de O'Doherty & Anstey. Dentro da seção sedimentar, os perfis mostram pequenas oscilações e a tendência de um lento crescimento com a profundidade, que corresponde a um meio transicional, no senso desses autores. As curvas de perda por transmissão de ambas as ondas, quando plotadas lado a lado versus profundidade, mostram diferenças marcantes em certas profundidades, indicando um comportamento diferenciado entre as velocidades de propagação de onda P e onda S, na mesma seção geológica. Nos sismogramas sintéticos observa-se o efeito das peg-legs sobre as reflexões primárias, para as duas ondas, principalmente na seção cíclica do perfil. Este efeito é construtivo, no sentido que recupera a energia 'perdida' por transmissão, e destrutivo no sentido que diminui a definição do tempo exato de reflexão. A melhor resolução dos refletores no sismograma da onda S deve-se ao maior tempo de propagação. O sismograma sintético da onda cisalhante, usando dados artificiais de velocidade de propagação, mostra maior amplitude no sinal do que aquele de dados reais. A análise do espectro de amplitudes da função refletida mostra um espectro corta-baixas, mas com alguns "notch" nas frequências acima da frequência de corte, tanto para a onda P quanto para a onda S. O espectro da função transmissividade é um espectro passa-baixas, mas com alguns passa-banda nas frequências acima da frequência de corte, para ambos os tipos de onda. Os valores diferentes de frequência de corte, observados

* Dissertação de Mestrado – março de 1984 – Universidade Federal da Bahia.

entre a onda P e S, devem-se à amostragem. A análise do espectro de amplitudes da função transmissividade ida e volta, convolvida com a assinatura da fonte, para o caso da onda P, mostra uma ótima transmissão em torno da frequência de 37 Hz e uma péssima transmissão em torno da frequência de 75 Hz. A análise do correspondente espectro para o caso da onda S mostra uma péssima transmissão em torno da frequência de 43 Hz e uma ótima transmissão em torno da frequência de 72 Hz. Isto é, praticamente existe um efeito inverso na transmissão das duas ondas nessas frequências. O espectro de am-

plitude da função reflectividade para o caso da onda cisalhante sintética mostra maior amplitude para as frequências altas do que o correspondente da onda cisalhante real. A análise do espectro de amplitudes da função transmissividade mostra que as frequências altas são ainda mais atenuadas que no caso da onda S real, mas o efeito inverso de transmissão com a onda P, nas frequências de 43 e 72 Hz, permanece. A influência das densidades no valor dos coeficientes de reflexão mostrou-se mais importante para o caso da onda cisalhante do que para a onda compressional.

DETERMINAÇÃO DE VELOCIDADES INTERVALARES EM MODELOS BIDIMENSIONAIS A PARTIR DOS DADOS SÍSMICOS *

CÉSAR AUGUSTO GUIMARÃES PEREIRA

PETROBRÁS/SEN-BA -- Av. Antônio Carlos Magalhães, s/nº, Pituba, CEP 40.000, Salvador, BA

ABSTRACT Conventional seismic sections, in the presence of non-horizontal layers, may produce a distorted picture of the subsurface structure. The creation, the modification and even the destruction of true structural anomalies can occur. In order to avoid such difficulties, it is desirable that time sections be converted into depth sections. Any procedure used to generate depth sections requires an accurate knowledge of the interval velocity distribution as well as of the normal ray paths to each interface. The interval velocities usually obtained through Dix's formula using stacking velocities may, in certain situations, be largely inaccurate. Al-Chalabi has introduced the concept of heterogeneity factor and a correction procedure which involves a computation of bias existing between, stacking and normal-moveout velocities. His analysis has been limited to horizontal plane interfaces. In this thesis, the various considerations and methods of velocity analysis have been reviewed and converted to computational form. The analysis of Al-Chalabi have been extended to the case of dipping plane interfaces, and an algorithm and computer program has been presented which includes bias corrections for the velocity estimations in the case of such dipping plane interfaces. The implementation of the corrections involves an interactive ray-tracing loop. This algorithm computes normal-moveout velocities for each interface of a given model, considering stacking velocities and normal reflection times as input parameters. It uses Shah's relations and normal ray parameters, which are also calculated by the technique, to determine adequate interval velocities. Various simulation results obtained from synthetic data, considering both horizontal and dipping plane interfaces, were quite accurate. Errors in the determination of interval velocities were smaller than 1%. The errors in the prediction of depths were smaller than 0.2%.

RESUMO Na presença de interfaces que não sejam plano-horizontais, as seções sísmicas convencionais podem propiciar a criação de falsas estruturas, a atenuação e, mesmo, a destruição de anomalias estruturais verdadeiras. Para se evitar este problema é recomendável que as seções em tempo sejam convertidas para profundidade. Qualquer procedimento utilizado para a obtenção de seções em profundidade requer um conhecimento bastante acurado das velocidades intervalares e dos caminhos dos raios normais a cada interface. As velocidades intervalares, obtidas rotineiramente através da fórmula de Dix e das velocidades de estaqueamento, podem, em alguns casos, apresentar erros inaceitáveis. Al-Chalabi introduziu o conceito de fator de heterogeneidade e alguns procedimentos para a obtenção das velocidades intervalares adequadas por meio da determinação do Bias, diferença existente entre as velocidades de estaqueamento e as velocidades de normal-moveout. Seus estudos limitaram-se a modelos com interfaces plano-horizontais. Nesta tese, várias considerações e métodos de análises de velocidades foram revisados e convertidos para uma forma computacional. Foi gerado um algoritmo e um programa de computador que possibilita o cálculo do Bias, por meio de um ray-tracing interativo, estendendo as análises de Al-Chalabi para o caso de interfaces planas com mergulho. Considerando como dados de entrada as velocidades de estaqueamento e os tempos normais a cada refletor, o algoritmo possibilita o cálculo da velocidade de normal-moveout em cada interface e, conseqüentemente, a determinação das velocidades intervalares corretas, utilizando-se a fórmula de Shah e os parâmetros dos raios normais, que também são obtidos. Os resultados obtidos com dados sintéticos, considerando modelos com interfaces plano-horizontais e mergulhantes, foram muito precisos. Os erros na determinação de velocidades intervalares foram menores que 1%. Os erros cometidos na previsão de profundidade foram menores que 0,2%.

* Dissertação de Mestrado – março de 1984 – Univ. Fed. Bahia.

APLICAÇÃO DOS COEFICIENTES DE TRANSMISSÃO ACÚSTICA NA MIGRAÇÃO EM UM MODELO DE VELOCIDADE VERTICALMENTE NÃO-HOMOGÊNEA *

EDUARDO THEOPHILO DA CUNHA ABDALLA

PETROBRÁS/SEN-BA -- Av. Antônio Carlos Magalhães, s/nº, Pituba, CEP 40.000, Salvador, BA

ABSTRACT The study of seismic migration with respect to analysing the transmission effects of amplitudes in acoustic media of a vertically inhomogeneous velocity distribution and the subsequent recovery of the subsurface reflection coefficients constitute the

goals of this work. The approach is based on using the so called Snell waves and Zoeppritz waves. The first ones are plane waves that are well known in migration theory. They don't take into account amplitude changes on interfaces due to transmission. The second

* Dissertação de Mestrado – março de 1984 – Universidade Federal da Bahia.

ones, introduced in this work, are plane waves that consider the transmission losses. These later waves, the superposition of which may approximate any wavefield, are employed here to simulate the wavefield of the exploding reflector model. A direct and inverse modeling is performed with seismic data generated from theoretical models. The objective is to recover laterally changing reflection coefficients of a surface. The reflection coefficients obtained with the help of Zoeppritz waves are compared with the theoretically expected values of these coefficients. The growing interest of recovering reflection coefficients from seismic data raises the problem of improvement of migration algorithms. A true amplitude seismic migration, as performed here, can be looked upon as a contribution in this way. The major obstacle of applying the theory to real data, however lies largely in the insufficiently well defined exploding reflector model, which is generally assumed to describe a seismic stack section that is to be migrated.

RESUMO O estudo da migração sísmica fazendo a correção das amplitudes das ondas quanto ao efeito da transmissão nas interfaces, em meios acústicos com distribuição de velocidade verticalmente não-homogênea, e a conseqüente recuperação dos coeficientes de

reflexão em subsuperfície, constituem os objetivos deste trabalho. A abordagem deste assunto é baseada nos conceitos das assim chamadas Ondas Snell e Ondas Zoeppritz. As primeiras são ondas planas bem conhecidas na teoria da migração. Estas ondas não consideram a variação das amplitudes nas interfaces devido à transmissão. As segundas, introduzidas neste trabalho, são ondas planas que levam em conta as perdas por transmissão. Estas ondas, as quais são superpostas para aproximar qualquer campo de ondas, são empregadas aqui para simular o campo de ondas gerado no modelo do refletor explosivo. Processa-se o modelamento direto e inverso dos dados sísmicos gerados a partir de modelos teóricos, com o objetivo de recuperar variações laterais dos coeficientes de reflexão de uma superfície. Os coeficientes de reflexão obtidos através das ondas Zoeppritz são comparados com os valores teoricamente previstos para estes coeficientes. O crescente interesse na recuperação dos coeficientes de reflexão a partir dos dados sísmicos gera a idéia de um maior aperfeiçoamento dos algoritmos da migração. A migração sísmica com amplitude verdadeira, conforme realizada neste trabalho, pode ser considerada como uma contribuição neste sentido. O maior obstáculo na aplicação desta teoria a dados reais está relacionado, em grande parte, à insuficiência do refletor explosivo em descrever a seção sísmica estaqueada, a qual é geralmente usada na migração.

GÊNESE DO MINÉRIO DE NÍQUEL DE SÃO JOÃO DO PIAUÍ POR ALTERAÇÃO INTEMPÉRICA*

RODOLFO DINO

Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. Cx. Postal 7141, CEP 01000, São Paulo, SP

ABSTRACT This work is a study on the weathering of the São João do Piauí Precambrian basic-ultrabasic massif, which occurs in southeast Piauí, Brazil. This massif is of the "Alpine" type and comprises serpentinites surrounded by gabbros, olivinic-gabbros and diorites.

The environment in which weathering occurs is characterized by a semi-aride climate, having high temperatures all the year round and a mean annual rainfall of 600 mm concentrated in only three months. The topography is dominated by a gently undulating surface developed upon the crystalline basement; projecting upwards from this surface are sedimentary rocks in form of cuestas and plateaux and the São João do Piauí massif with gentle slopes and some abrupt scarps. The soil is thin and poor; the vegetation is of the *caatinga* type.

Weathering forms thin profiles at the margins of the plateau and very thick profiles on the middle hillsides, foothills and lower plains. The top of the massif is tabular and sustained by a thick "silcrete" level; beneath the "silcrete", thick profiles are developed. This "silcrete" is an erosional vestige of ancient profiles.

In the first stages, the minerals of lowest stability are weathered (brucite, carbonates and microcrystalline serpentine). In the saprolite facies, the total weathering of the three types of serpentine minerals occurs, microcrystalline serpentine first, followed by fibrous serpentine and finally by vein serpentine. The weathering products of these mafic silicates are nontronite, which itself shows incipient weathering to goethite.

The superficial horizon facies is rich in crystalline oxides and hydroxides of Fe, Mn, Al e Co (mainly goethite), structured as oóids and contains small quantities of smectites.

The geochemical evolution is characterized by a pronounced loss of magnesium oxide and by retention of silica and iron. The weathering process also favors downward movement of silica derived from the "silcrete" and promotes marked silicification in the profiles of the plateau, upperhillsides and middle hillsides. This silicification does not reach the profiles of the foothills and plains nor the weathering front. The minor elements in general, behave like the residual ones.

The plateau and upper hillside profiles are unproductive. However, Ni-ore is found in the profiles of the middle hillsides, foothills and plains. Ni-enrichment is result from a contributions from present weathering and from the Ni stock in the ancient profiles.

As a function of the geochemical balance, calculated through the proportions of the amount lost in the different facies, the elements show the following mobility scale: Mg > Ni > Si > Mn, Co > Fe, Al, Cu, Cr.

The type of weathering as indicated by the principal neoformed minerals, may be called smectitization (bissialitization), with incipient evolution towards lateritization.

The horizons of altered rock, coarse saprolite and fine saprolite constitute a Ni-silicate ore with estimated reserves of $20 \cdot 10^6$ t and a Ni content of 1.57%.

RESUMO Neste trabalho é estudada a alteração supérgena das rochas no maciço básico-ultrabásico de São João do Piauí, situado no sudeste do Piauí, Brasil. Trata-se de um maciço do tipo Alpino, com idade presumida entre 1000 – 1800 Ma., constituído de serpentinas circundados por gabros, gabro-olivínicos e dioritos.

O ambiente em que a alteração se processa caracteriza-se pelo cli-

* Dissertação de Mestrado – outubro de 1984 – Inst. Geoc. USP

ma semi-árido, com estações térmicas caracterizadas por altas temperaturas durante todo o ano e precipitação média anual de 600mm, concentrada em apenas três meses do ano. O relevo é dominado por uma superfície levemente ondulada correspondente ao embasamento cristalino; ressaltam dessa superfície elevações de rochas sedimentares, na forma de cuestas e chapadas e o maciço de São João do Piauí, com encostas ora íngremes, ora suaves. O solo é raso, muito pouco desenvolvido e pobre; a vegetação é a caatinga.

A alteração forma perfis delgados nas bordas do platô e perfis bastante espessos nas áreas de meia encosta, sopés e planície. O topo do maciço é tabular, sustentado por espesso nível de silcrete, sob o qual desenvolvem-se perfis com até 20 metros de espessura. Esse silcrete é um testemunho de antigos perfis existentes e hoje erodidos.

Nos estágios iniciais, são alterados os minerais mais instáveis (brucita, carbonatos e serpentina II). Na fácies saprolito, ocorre a alteração total dos três tipos de serpentina existentes, embora a serpentina II se altere primeiro, seguida da alteração da serpentina I e, finalmente, da alteração da serpentina III. Essa alteração se dá com formação de esmectitas férricas (nontronitas); ainda na fácies saprolito as esmectitas mostram incipiente alteração em goethita.

A cromita e a magnetita são pouco alteradas, motivo pelo qual esses minerais são encontrados em grande quantidade no horizonte superficial.

A fácies horizonte superficial é rica em óxidos e hidróxidos de Fe, Mn, Al e Co, estruturados sob a forma de oólitos e por vezes

soldados em crostas; contém ainda quantidades diminutas de esmectitas.

A evolução geoquímica caracteriza-se pela perda acentuada do magnésio e concomitante retenção da sílica e do ferro. A evolução da alteração, além de ocorrer com retenção de sílica, favorece movimentos descendentes da mesma, proveniente do silcrete, provocando intensa silicificação, porém, não atinge as baixadas, nem as frentes de alteração dos perfis. Os elementos menores, de uma maneira geral, se comportam como elementos residuais.

O níquel, em particular, praticamente não se concentra no platô e no topo das encostas; os perfis de meio, base das encostas e planície é que são enriquecidos. O enriquecimento em níquel é provocado pela contribuição da alteração dos perfis atuais e pela contribuição do níquel estocado dos antigos perfis.

Em função do balanço geoquímico, calculado através das perdas e ganhos dos teores nas diferentes fácies do perfil de alteração, os elementos químicos mostram a seguinte escala de mobilidade: $Mg > Ni > Si > Mn, Co > Fe, Al, Cu, Cr$.

O tipo de alteração, interpretado a partir da composição dos principais minerais neoformados, pode ser denominado de esmectitização (bissialitização), com uma incipiente evolução a laterização.

A jazida está localizada nas encostas, sopés e planície; os horizontes rocha alterada, saprolito grosseiro e saprolito argiloso constituem minério, que é do tipo silicatado. A jazida possui 20×10^6 t de minério (reserva medida), com teor médio de 1,57% Ni; é uma jazida relativamente pequena no cenário brasileiro.

MECANISMO DE UM ESCORREGAMENTO TRANSLACIONAL EM SOLO OCORRIDO EM DEZEMBRO DE 1979 NOS MORROS DE SANTOS E SÃO VICENTE, ESTADO DE SÃO PAULO*

MÁRCIO ANGELIERI CUNHA

Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. Cx. Postal 7141, CEP 01000, São Paulo, SP

ABSTRACT The occurrence of slides in Santos and São Vicente hill-slopes area, situated by the coastal region of São Paulo State, Brazil, is analysed in this dissertation.

In its first part two distinct events of slides occurred in 1978 and 1979 have been comprehensively studied. After that, an individual study of a typical slide selected from the 1979 event is carried out with a failure mechanism being proposed.

The methods employed in this study gave emphasis to the development of fieldwork activities as the best approach to the understanding of the phenomena associated with the slides.

The results so obtained allowed, in the first part of the study, to correlate the different types of slides with the various conditions of the environment studied. In its second part they allowed to confirm the process of the typical slide selected as the most common one amongst all the events that presently occur on the region of natural hill-slopes as well as to establish that the slides are closely related to the specific geological and geomorphological local conditions. It was also verified that the occurrence of such events on the hill-slopes has a return period of one year and that creeping processes have an important role in the establishment of the physical characteristics of the area as well as in the conditions for the occurrence of slides.

RESUMO Este trabalho faz uma análise da ocorrência de escorregamentos na área compreendida pelos morros de Santos e São Vicente, no litoral do Estado de São Paulo, Brasil.

Apresenta inicialmente uma primeira parte onde os escorregamentos são analisados de forma global, em dois episódios distintos, ocorridos em 1978 e 1979.

Posteriormente apresenta um estudo específico sobre um escorregamento representativo do episódio de 1979, para o qual é proposto um mecanismo de mobilização.

Os métodos adotados neste trabalho enfatizaram o desenvolvimento de estudos de campo, como forma de melhor conhecer os fenômenos associados a escorregamentos.

Os resultados encontrados permitiram, na primeira parte deste trabalho, associar os diversos tipos de escorregamentos às diversas condições do meio físico estudado. Na segunda parte permitiu confirmar que o escorregamento estudado representa o tipo de processo mais comum, dentre os diversos que atualmente ocorrem nas encostas dos morros, e que têm relação direta com determinadas condições geológicas e geomorfológicas locais; que existe uma ciclicidade anual dos processos que ocorrem nas encostas dos morros; e que o processo de rastejo possui papel determinante na configuração do local e condições para a ocorrência dos escorregamentos.

* Dissertação de Mestrado – novembro de 1984 – Inst. Geoc. USP.

TAXIONOMIA DE DENTES E ESPINHOS ISOLADOS DE *XENACANTHODII* (*CHONDRICHTHYES ELASMOBRANCHII*) DA FORMAÇÃO CORUMBATAÍ. CONSIDERAÇÕES CRONOLÓGICAS E PALEOGRÁFICAS*

ÉVALDO WEHMUTH RAGONHA

Instituto de Geociências e Ciências Exatas – UNESP – Campus de Rio Claro. Cx. Postal 178, CEP 13500, Rio Claro, SP

ABSTRACT The Corumbataí Formation of the Paraná Basin contains a rich and diversified paleoichthyofauna little known up to now. Various representatives of the Osteichthyes and Chondrichthyes are found dispersed in the sediments. As regards the Chondrichthyes, the order Xenacanthodii – considered as a primitive branch of the main evolutionary line of the elasmobranchs, whose members were freshwater forms – so well known in the northern hemisphere, are also represented here by different forms of teeth and cephalic spines. If we take into account that most of them had cartilaginous skeletons, it is not surprising that the number of forms described on this basis are so exceedingly rare. Most of the species in this order are therefore recognised by the morphology of their teeth and cephalic spines.

Four species are described here on the basis of isolated teeth: three of these are new species, *Xenacanthus angatubensis*, *X. camaquensis* and *X. ferrazensis*, plus a fourth *Xenacanthus moorei* (Woodward, 1889), previously known only in the northern hemisphere, and now recorded for the first time from the southern hemisphere – a compelling evidence that not all the fauna of Corumbataí Formation was endemic.

As far as the isolated cephalic spines are concerned, species of the genus *Xenacanthus* are recognised for the first time in the sedimentary Paraná basin. Of these, three are diagnostic, two of which are new species: *X. santaritensis* and *X. taquaritentensis*; the third, whose proximal part is dilated in the form of a bulb, is the second occurrence in the world with this conspicuous character.

Considerations regarding the habitat, habits, functional morphology and geological distribution of this group of sharklike fishes, in addition to other animal and plant fossils also belonging to the formation, together with the physical aspect of the rocks, offer elements which enable us to establish new concepts for the prevailing paleoenvironment at the sediments deposition time that characterize the Corumbataí Formation: a predominance of lacustrine system within flood plains compared to other possible depositional systems of this period.

The presence of *Xenacanthus moorei* and other elements of paleoichthyofauna associated with them favour a Triassic age (possibly Carnian) for the deposits considered to be the upper part of the sedimentary sequence of this well known geological formation.

RESUMO A Formação Corumbataí da Bacia do Paraná abriga

uma rica e diversificada paleoictiofauna até então muito pouco conhecida. Vários representantes das Classes Osteichthyes e Chondrichthyes acham-se dispersos nos seus sedimentos. No que concerne aos condrictes, a ordem Xenacanthodii – tida como um primitivo ramo lateral da linha principal de evolução dos elasmobrânquios, cujos representantes foram dulciaquícolos – tão bem conhecida no Hemisfério Norte, também aqui se faz presente por meio de diferentes formas de dentes e espinhos cefálicos.

Levando-se em conta o caráter cartilaginoso do esqueleto, raríssimas são as formas conhecidas no mundo cuja descrição tenha se baseado neste particular. Assim é, que a maior parte das espécies que integram essa ordem são conhecidas com base na morfologia de dentes e/ou espinhos cefálicos.

Quatro espécies são aqui descritas levando-se em conta dentes isolados. Destas, três são espécies novas: *Xenacanthus angatubensis*; *X. camaquensis* e *X. ferrazensis* e a quarta, *Xenacanthus moorei* (Woodward, 1889), anteriormente só conhecida no Hemisfério Norte, é agora, pela primeira vez, registrada no Hemisfério Sul, demonstrando, com efeito, que nem toda a fauna da Formação Corumbataí fora endêmica.

No que concerne a espinhos cefálicos isolados, pela primeira vez, espécies do gênero *Xenacanthus* tornam-se conhecidas na bacia sedimentar do Paraná. Três exemplares foram diagnosticados, sendo dois tratados como espécies novas: *X. santaritensis* e *X. taquaritentensis*; o terceiro – cuja porção proximal mostra-se dilatada, com aparência de bulbo – se converte na segunda ocorrência mundial relatada com base nesse conspicuo caráter.

Considerações a respeito do habitat, hábito, morfologia funcional e distribuição geológica dos elementos que compõem esse grupo de tubarões, em adição a outros grupos fósseis de animais e vegetais também presentes na formação, aliados aos aspectos físicos das rochas, forneceram elementos capazes a uma nova conceituação quanto ao paleoambiente que teria predominado nos tempos de deposição dos sedimentos que caracterizam a Formação Corumbataí: o domínio de um sistema lacustre em planície de inundação sobre outros sistemas deposicionais eventualmente atuantes.

A presença de *Xenacanthus moorei* e de outros elementos da paleoictiofauna que se lhe associam propendem à aceitação de uma idade triássica (possivelmente Carniano) aos termos que se julga finais desta tão conhecida formação geológica.

* Tese de Doutorado – Novembro de 1984 – Inst. Geoc. USP

ESTRUTURAS CIRCULARES DE ÁGUA VERMELHA*

JESUS SEBASTIÃO ARAÚJO

Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. Cx. Postal 7141, CEP 01000, São Paulo, SP

ABSTRACT Eleven circular structures of Água Vermelha region are here described. The features unconformably cut off basaltic flows of the Serra Geral Formation exposed along the Rio Grande

River valley, and are filled with pyroclastic breccias and thin basaltic flows, formed under subaerial environment as result of lava lakes activity.

* Dissertação de Mestrado – agosto de 1984 – Inst. Geoc. USP.

All these circular features have similar morphology and structure patterns, as long as they could be observed, and a single genetic process may be envisaged. Their essential characteristics are:

- different thickness and structural pattern of the thin lava layers that fill the crater relative to the country basalts;
- unconformable contact to the wall rock;
- associated ring dykes, sometimes multiple dykes, of compact basalts, clearly recognized through their horizontal columnar jointing;
- concentric and radial joint systems in the country basalts;
- ring dykes with sedimentary clastic material or secondary/late mineral fillings.

The review of the features and characteristics of the pyroclastic deposits of some small volcanic craters allowed to conclude that the circular structures of Água Vermelha are to be related to magmatic explosions rather than to maars, tuff cones or tuff rings.

The observed morphological and structural features indicate that at least three eruptive episodes occurred through the craters and associate dykes of Água Vermelha, and, so, they probably represent a kind of lava feeder for the basaltic flows of Paraná Basin.

RESUMO Estudou-se um grupo de onze estruturas circulares que cortam discordantemente os derrames basálticos da Formação Serra Geral na localidade de Água Vermelha, vale do Rio Grande. As estruturas constituíram-se de crateras, que foram preenchidas por brechas piroclásticas e por derrames basálticos de pequena espessura,

formados em ambiente subaéreo, como resultado da atividade de lagos de lavas que nelas se estabeleceram.

Até onde pode ser observado, todas as estruturas possuem as mesmas feições estruturais e morfológicas, sugerindo formação através de um mesmo processo genético. São caracterizadas por:

- espessuras e padrão estrutural dos derrames basálticos de preenchimento, diferentes dos apresentados pelos basaltos encaixantes;
- um contato brusco com as rochas encaixantes;
- presença de diques anelares de basalto compacto, reconhecidos pelo seu diaclasamento colunar horizontal muito bem desenvolvido, por vezes com características de diques múltiplos;
- um sistema de fraturas anelares e radiais nas suas bordas, afetando as encaixantes;
- um sistema de diques anelares de materiais clásticos sedimentares e de minerais de deposição tardia ou secundária.

Estruturas vulcânicas de pequenas dimensões são referidas na literatura geológica a crateras de explosão, maars, cones de tufo ou tufo anelares. Uma análise de dados bibliográficos sobre essas estruturas indicou que as características das feições e materiais piroclásticos preservados em Água Vermelha estão relacionadas a crateras de explosão por gases magmáticos.

As várias feições morfológicas e estruturais observadas indicam que as estruturas circulares e diques associados não constituíram um incidente isolado, mas foram sede de passagem de lavas em pelo menos três episódios eruptivos e muito provavelmente representam elementos de canais alimentadores de lavas formadoras de derrames basálticos da Bacia do Paraná.

ANÁLISE ESTRUTURAL DE LINEAMENTOS EM IMAGENS DE SENSORIAMENTO REMOTO: APLICAÇÃO AO ESTADO DO RIO DE JANEIRO*

LIU CHAN CHIANG

Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE - Av. dos Astronautas, 1758, Cx. Postal 515, CEP 12200, São José dos Campos, SP

ABSTRACT Gathering data on a scale in agreement with the type of geological features being analysed is the basic principle of remote sensing application to structural studies. The influence of many forms of structures on geomorphology is so conspicuous that structural studies on a regional scale utilize topographic analysis as the principal criterion for the interpretation of features with geological significance.

However, it is necessary to have the most appropriate means and methods so that such features can be analysed in the context of their regional dimensions. Orbital remote sensing provides the means, mainly through LANDSAT images, as one of the major alternative for the study of important aspects of certain structural features. Obviously, the use of any single tool does not satisfy all the requirements in structural studies. The use of remote sensing data for the propositions of structural models or more extensive deductions, such as, for instance, of tectonic evolution, will be necessary in conjunction with other informations or other types of data. Without such integrations of data or informations, the propositions or deductions based on the models found in the literature will be able to be formulated only tentatively.

Relevant aspects of LANDSAT imagery in the study of structural geology include spatial and temporal characteristics. The former makes it possible to view major structural features through the analysis of geomorphic forms, patterns and textures, while the latter provides seasonal enhancement of the terrain features. Seasonal enhancement of geomorphic features is the main reason that multi-

seasonal analysis of LANDSAT imagery provides more structural informations than what can be obtained from one scene only. Variations in the sun's elevation and azimuth can accentuate terrain texture and topographic pattern due to shadow effects very similar to those observed in side-looking radar where shadow enhancement is used advantageously in the interpretation of geologic structures.

Nevertheless, structural features extracted from LANDSAT imagery are biased by sun's azimuth and elevation, while in SLAR imagery they are biased by the illumination direction of the radar system. In this way, the concomitant use of LANDSAT (MSS and RBV) and SLAR may eliminate these deficiencies and increase the amount and reliability of structural information extracted through an interactive process of image interpretation. This is an important point since lineaments are the main structural features observed in such images.

The classification of the numerous lineaments exhibited by these images is a weighty procedure in lineament analysis and reveals the necessity of development and application of a sound methodology, which is the main goal of this study. The methodology applied to extract lineaments in the State of Rio de Janeiro may be summarized into a sequential procedure consisting of three steps: a) identification of the natural terrain features, such as rectilinear valleys, ridges, escarpments, segments of drainages, elongated depressions and lakes, rectilinear discontinuities of terrain textures, linear terrain features, etc; b) extraction of the linear features in their exact form as observed in the images; c) analysis of the lineaments including their

* Tese de Doutorado - agosto de 1984 - Inst. Geoc. USP.

direction, spatial distribution pattern and density, relative length, degree of terrain expression, mutual relationship and intersecting angles, continuity and discontinuity of the linear features, etc. From this analysis, lineaments in the State of Rio de Janeiro are classified into systems and subsystems from which the structural significance of the lineaments may be tentatively inferred.

Even though lineaments may represent only a small part of the diverse types of structures found in the area and may not necessarily be the most important in structural evolution, the study sought to investigate a possible relationship among the main regional structures, in the absence of other data. Examples of such structures are the "Além Paraíba" lineament, the cataclastic belts in the northeastern portion of the State, the plutons and the fracture system of "Serra do Mar", all of them discussed in the literature. The resulting attempt to have a sketch of the structural and tectonic evolution of the area, based on this analysis, is merely speculative and its objective is to document and interpretation hypothesis that will be used to confront with detailed structural data in the future.

RESUMO A coleta de dados numa escala adequada ao tipo de feição geológica a ser analisada é o princípio básico da aplicação do sensoriamento remoto a estudos estruturais. A influência das várias formas de estruturas na geomorfologia é de tal modo conspícua, que os estudos estruturais em escala regional têm na análise das feições topográficas seu principal critério para a interpretação de seus significados geológicos.

Entretanto, é necessário que se tenham os meios e os métodos mais apropriados para que tais feições estruturais possam ser analisadas dentro do contexto de sua dimensão regional. O sensoriamento remoto a nível orbital é uma destas possibilidades e inclui as imagens LANDSAT como uma das principais opções para o estudo de alguns importantes aspectos acerca de certas feições estruturais. É óbvio que não se pode exigir que uma única ferramenta venha a satisfazer todas as expectativas num estudo de geologia estrutural. Quaisquer proposições de modelos estruturais ou deduções de maior alcance, como, por exemplo, sobre evolução tectônica, necessitarão forçosamente da conjunção de outros níveis de informações ou tipos de dados. Sem esta conjunção de informações as proposições baseadas em modelos encontrados na literatura poderão ser concebidas apenas tentativamente.

No sensoriamento remoto, um dos aspectos mais relevantes para estudos de geologia estrutural é a abordagem dentro do âmbito espacial e temporal. Enquanto o primeiro torna possíveis as observações das principais estruturas através da análise dos padrões texturais e formas geomórficas, o segundo permite analisar as variações de suas expressões pelo realçamento sazonal. O realce sazonal das feições é o principal motivo do porquê de a análise de várias imagens LANDSAT de diferentes épocas fornecer mais informação do que aquela contida numa cena de uma única estação do ano. As variações

na iluminação da cena através de variações do azimute e ângulo de elevação solar em imagens de épocas diferentes podem acentuar a textura superficial e o padrão topográfico, devido ao realce por sombreamento, produzindo efeitos similares aos obtidos pelos sistemas de radar de visada lateral, e que são bastante vantajosos na interpretação de estruturas geológicas.

Contudo, estas variações do azimute e ângulo de elevação solar podem ocasionar tendenciosidades na amostragem das feições estruturais extraídas das imagens LANDSAT, principalmente em relação aos lineamentos. As imagens de radar também ostentam efeitos similares, conforme seja a direção de iluminação (ou visada) do sistema. Deste modo, o uso conjunto de imagens LANDSAT (RBV e MSS) e de radar pode minimizar estas deficiências e aumentar a quantidade e confiabilidade das informações estruturais adquiridas, através de um processo interativo de interpretação. Isto se reverte numa importante questão, uma vez que os lineamentos são as principais feições estruturais exibidas por essas imagens.

Devido à numerosa quantidade de lineamentos que frequentemente é extraída dessas imagens, a sua classificação torna-se um procedimento preponderante para análise das informações estruturais que contém. Disto advém a necessidade do desenvolvimento e aplicação de uma criteriosa metodologia de trabalho, motivação maior do presente estudo. Na pesquisa realizada sobre os lineamentos do Estado do Rio de Janeiro, esta metodologia resume-se basicamente numa seqüência ordenada de três etapas que envolvem: a) identificação, que é o reconhecimento das feições naturais lineares da superfície, tais como vales, cristas e escarpas retilíneas, segmentos retilíneos de drenagem, depressões ou lagos alongados, descontinuidades retilíneas de terrenos texturalmente distintos, feições tonais lineares etc; b) extração, que consiste em cartografar a exata forma com que a imagem exhibe o lineamento; c) análise, que envolve uma gama de observações acerca da direção, distribuição e padrão espacial, densidade, comprimento relativo, curvilinearidade, grau de expressão no terreno, relações de intersecção e angularidade, continuidade ou descontinuidade da feição linear etc. Desta análise os lineamentos são classificados em sistemas e subsistemas, que devem mostrar coerência para permitir uma interpretação estrutural adequada.

Embora estejamos conscientes de que os lineamentos representam apenas uma parcela dos tipos de estruturas existentes na área e que na evolução estrutural não necessariamente são os mais importantes, na ausência de outros dados procurou-se investigar as possíveis relações existentes entre as principais estruturas de caráter regional tais como o Lineamento de Além Paraíba, as faixas cataclásticas do nordeste do Estado, os plútons da Serra do Mar e os sistemas de fraturas, todos já citados na literatura geológica. O esboço da evolução estrutural e tectônica resultante desta análise é por tal fato meramente especulativo e sua pretensão, neste trabalho, é a de deixar documentada uma hipótese de interpretação que possa ser confrontada com dados estruturais mais detalhados no futuro.