

RESUMOS DE TESES E DISSERTAÇÕES
ABSTRACTS OF THESES AND DISSERTATIONS

PROCESSAMENTO E INVERSÃO DE DADOS DE CAMPOS POTENCIAIS: NOVAS ABORDAGENS

Vanderlei Coelho de Oliveira Junior

IMPLANTAÇÃO DO CAMPO DE TESTES DA UFPA PARA MEDIDAS GEOFÍSICAS

Jerry Williamis Lima Alves

CLIMA ESPACIAL: MECANISMOS E EFEITOS NA TERRA

Marcos Antonio Garcia

IDENTIFICATION AND CHARACTERIZATION OF INTERPLANETARY MAGNETIC CLOUDS

Arian Ojeda González

PROCEDIMENTOS LINEARES DE INVERSÃO GRAVIMÉTRICA PARA ESTIMAR O RELEVO 3D DO EMBASAMENTO DE BACIAS SEDIMENTARES

Laisse Costa Ramos

IDENTIFICAÇÃO LITOLÓGICA COM *AFFINITY PROPAGATION*

Nayara Safira da Silva Caldas

INFLUÊNCIA DOS COMPONENTES DE BAIXA FREQUÊNCIA NA CARACTERIZAÇÃO DE ANOMALIAS SÍSMICAS: UMA COMPARAÇÃO ENTRE AS TÉCNICAS DE AVO E INVERSÃO ELÁSTICA

Glauco Macedo Sousa

AVALIAÇÃO GEOFÍSICA DA CONTAMINAÇÃO SUBTERRÂNEA NO ENTORNO DO CEMITÉRIO MUNICIPAL DE ALAGOINHAS-BA

Eduardo Menezes de Souza Amarante

ESTUDO DA BACIA DOS PARECIS A PARTIR DA INTEGRAÇÃO DE DADOS GRAVIMÉTRICOS, MAGNETOMÉTRICOS E MAGNETOTELÚRICOS

Hans Schmidt Santos

CARACTERIZAÇÃO DA BACIA DE SÃO FRANCISCO: INTEGRAÇÃO GEOFÍSICA E INVERSÃO CONJUNTA DE DADOS MT, SÍSMICOS, MAGNÉTICOS E GRAVIMÉTRICOS

Flora Ferreira Solon

MIGRAÇÃO 3-D KIRCHHOFF-GAUSSIAN-BEAM (KGB) PRÉ-EMPILHAMENTO NO DOMÍNIO DA PROFUNDIDADE

Glauco Lira Pereira

CARACTERIZAÇÃO DE RESERVATÓRIOS SILICICLÁSTICOS NEOAPTIANOS: UM ESTUDO DO MEMBRO CARMÓPOLIS NO CAMPO DE CAMORIM, SUB-BACIA DE SERGIPE, BRASIL

Filipe Silva Lira

PROCESSAMENTO E INVERSÃO DE DADOS DE CAMPOS POTENCIAIS: NOVAS ABORDAGENS

Vanderlei Coelho de Oliveira Junior

Orientadora: Dra. Valéria Cristina Ferreira Barbosa (ON)

143 p. – Tese (Doutorado) – Defesa 16.01.2013

RESUMO. Esta tese desenvolveu duas metodologias novas para o processamento e inversão de dados de campos potenciais. A primeira é a Camada Equivalente Polinomial, que é um método novo e computacionalmente efetivo para o processamento de grandes volumes de dados de campos potenciais via técnica da camada equivalente. Nesta abordagem, a camada equivalente é dividida em uma grade regular de janelas de fontes equivalentes. Dentro de cada janela, a distribuição de propriedade física é descrita por meio de um polinômio bivariado. Enquanto a abordagem clássica estima diretamente a distribuição de propriedade na camada equivalente, o método da Camada Equivalente Polinomial resolve um sistema de equações lineares com dimensão baseada no número total de coeficientes polinomiais dentro de todas as janelas de fontes equivalentes. Este novo método reduz drasticamente o número de parâmetros a serem estimados no problema inverso se comparado com a abordagem clássica. Comparando o número total de operações de ponto flutuante necessárias para estimar uma camada equivalente via o nosso método com a abordagem clássica, ambos formulados com decomposição de Cholesky, verificamos que o tempo de cálculo necessário para construir o sistema linear e resolver o problema inverso linear pode ser reduzido em até três e quatro ordens de magnitude, respectivamente. Aplicações a dados sintéticos e reais mostram que o nosso método realiza, de forma acurada, as transformações lineares padrões de dados de campos potenciais. A segunda metodologia desenvolvida nesta tese é um método não-linear de inversão de dados de gradiometria da gravidade para estimar a forma de um corpo geológico 3-D, isolado e localizado em subsuperfície. Este método presume o conhecimento da profundidade do topo e do contraste de densidade da fonte. O corpo geológico é aproximado por um conjunto de prismas 3-D, retos e verticalmente justapostos, cada um com espessura e contraste de densidade conhecidos. Todos os prismas têm uma seção horizontal poligonal cujos vértices são igualmente espaçados de 0° a 360° e têm suas posições descritas em coordenadas polares referidas a uma origem dentro do polígono. O método recupera a geometria do corpo geológico via estimação dos raios de todos os vértices a das coordenadas Cartesianas horizontais da origem que definem as seções horizontais de todos os prismas. Este problema é formulado como uma otimização não-linear vinculada e nós também utilizamos uma estratégia de pré-condicionamento para melhorar a convergência. Embora o método de inversão proposto pode obter estimativas estáveis e que ajustam os dados observados, diferentes estimativas com diferentes profundidades máximas podem produzir ajustes igualmente aceitáveis dos dados. Para lidar com essa ambiguidade, nós produzimos um conjunto de estimativas com diferentes profundidades máximas e utilizamos um critério baseado na norma L_1 dos resíduos e no volume estimado para escolher a estimativa com a profundidade máxima ótima. Este critério possibilita a análise da resolução vertical dos dados observados de gradiometria da gravidade. Confirmamos a habilidade do nosso método em recuperar completamente a geometria da fonte se os dados têm resolução vertical suficiente. Caso contrário, nosso método é capaz de recuperar somente a parte superior da fonte. Por meio da inversão dos dados provenientes de um levantamento sobre o domo de sal Vinton (Louisiana, EUA), com contraste de densidade $0,55 \text{ g/cm}^3$, estimamos uma cobertura rochosa que possui profundidade máxima de $460 \pm 10 \text{ m}$ e porção superior alongada na direção nordeste-sudoeste, concordando com a direção da principal falha geológica na área de estudo.

ABSTRACT. This thesis has developed two new methodologies for processing and interpreting potential field data. The first one is the Polynomial Equivalent Layer, which is a new cost-effective method for processing large potential-field data sets via the equivalent-layer technique. In this approach, the equivalent layer is divided into a regular grid of equivalent-source windows. Inside each window, the physical-property distribution is described by a bivariate polynomial. While the classical approach directly estimates the physical-property distribution within the equivalent layer, the method Polynomial Equivalent Layer deals with a linear system of equations with dimension based on the total number of polynomial coefficients within all equivalent-source windows. This new method drastically reduces the number of parameters to be estimated in the inverse problem if compared with the classical approach. By comparing the total number of floating-point operations required to estimate an equivalent layer via our method with the classical approach, both formulated with Cholesky's decomposition, we verify that the computation time required for building the linear system and for solving the linear inverse problem can be reduced by as many as three and four orders of magnitude, respectively. Applications to both synthetic and real data show that our method performs the standard linear transformations of potential-field data accurately. The second new methodology developed in this thesis is a non-linear method for inverting gravity-gradient data to estimate the shape of an isolated 3-D geological body located in subsurface. This method assumes the knowledge about the depth to the top and density contrast of the source. The geologic body is approximated by an ensemble of vertically juxtaposed 3-D right prisms, each one with known thickness and density contrast. All prisms have a polygonal horizontal cross-section whose vertices are equally spaced from 0° to 360° and have their horizontal locations described in polar coordinates referred to an origin inside the polygon. The method recovers the geometry of the geological body by estimating the radii of all vertices and the horizontal Cartesian coordinates of all origins defining the horizontal cross-sections of all prisms. This problem is formulated as a constrained non-linear optimization and we also used a preconditioning strategy in order to improve the convergence. Although the proposed inverse method can obtain a stable estimate that fits the observed data, different estimates with different maximum depths can produce equally acceptable data fits. To deal with this ambiguity, we produced a set of estimates with different maximum depths and used a criterion based on the L_1 norm of the residuals and the estimated volume for choosing the estimate with optimum maximum depth. This criterion allows the analysis of the in-depth resolution of the observed gravity-gradient data. We confirmed the ability of our method to recover the source geometry entirely if the data have sufficient in-depth resolution. If not, our method is able to recover only the upper part of the source. By inverting the data from a survey over the Vinton salt dome (Louisiana, USA) with a density contrast of 0.55 g/cm^3 , we estimated a massive cap rock whose maximum depth attains $460 \pm 10 \text{ m}$ and its shallowest portion is elongated in the northeast-southwest direction, according to the direction of the main geological fault in the study area.

IMPLANTAÇÃO DO CAMPO DE TESTES DA UFPA PARA MEDIDAS GEOFÍSICAS

Jerry Williamis Lima Alves

Orientador: Dr. José Gouvêa Luiz (UFPA)

77 p. – Dissertação (Mestrado) – Defesa 31.01.2013

RESUMO. Apresentamos o trabalho desenvolvido durante a implantação do Campo de Testes para medidas geofísicas da UFPA. O trabalho envolveu três etapas: na primeira etapa foram construídos perfis e executadas medidas para o reconhecimento de estruturas pré-existentes na área; na segunda etapa foram enterrados artefatos para simular anomalias geofísicas nas medidas; e, na terceira etapa, foram realizadas novas medidas para a detecção de anomalias provocadas pelos artefatos enterrados. Foi enterrada na área apenas uma parte dos artefatos programados para enterramento no Campo de Testes. Os artefatos enterrados são tubos metálicos e tambores metálicos e de plástico. As medidas executadas na primeira e terceira etapas envolveram os métodos da Eletroresistividade, Radar de Penetração no Solo (GPR), Eletromagnético EM-34 e Magnético. As medidas realizadas na terceira etapa acusam a presença dos artefatos na posição real onde foram enterrados, o que torna a área apta a servir como local de treinamento de práticas experimentais geofísicas.

ABSTRACT. We describe the results obtained during the implementation of the Federal University of Pará test site for geophysical measurements. The work was done in three stages. In the first stage, preliminary studies were accomplished to know the physical background of the area. In the second, artifacts were buried to simulate geophysical anomalies in the measurements. In the third one, new measures were performed to detect anomalies caused by the buried artifacts. Only a part of the artifacts that are scheduled for burial was buried in the site. The buried artifacts are metal pipes, metal drums, and plastic drums. The measures implemented in the first and third stages involved the methods of Electrical Resistivity, Ground Penetrating Radar (GPR), Electromagnetic and Magnetic. The measurements performed in the third stage showed the presence of artifacts in the actual position where they were buried, which turns the area suitable to serve as a training site for geophysical experimental practices.

CLIMA ESPACIAL: MECANISMOS E EFEITOS NA TERRA

Marcos Antonio Garcia

Orientador: Dr. Alexandre Humberto Andrei (ON)

147 p. – Dissertação (Mestrado) – Defesa 01.02.2013

RESUMO. Este trabalho visa o estabelecimento de uma correlação entre a série temporal do diâmetro solar, obtida no *campus* do ON/MCTI, localizado no bairro Imperial de São Cristóvão, com eventos solares explosivos, como flares e CMEs (emissões de massa coronal), e associar a partir destes eventos a ocorrência de tempestades geomagnéticas na Terra. Empregando a série temporal de dados geomagnéticos obtidos do Observatório Magnético de Vassouras, administrado pelo ON, estuda-se usar as variações súbitas do diâmetro solar como predictor de ocorrência de tempestades geomagnéticas. O trabalho também visa uma releitura da literatura fundamental referente ao Clima Espacial e sua fenomenologia, bem como contribuir para a competência de Geofísica Espacial e Clima Espacial no ON/MCTI. As medidas que compõem a série temporal da componente geomagnética H, a que sofre maior variação devido a eventos solares, são tomadas diariamente, de maneira ininterrupta no observatório de Vassouras/RJ (situado na latitude $-22,40^\circ$, longitude $316,35^\circ$, altura de 457 metros), usando o magnetômetro vetorial tipo Fluxgate LEMI-417. O Observatório Magnético de Vassouras é filiado à rede INTERMAGNET desde 1999. As medidas do diâmetro solar foram obtidas por meio de dois dispositivos: o Astrolábio Solar CCD, que forneceu as medidas entre 1998 e 2008, e o Heliômetro, entre 2011 e 2012, ambos localizados no *campus* principal do ON/MCTI. A análise revelou que os índices solares referentes à flares e manchas solares não são bons previsores de tempestades geomagnéticas (correlação baixa), ao passo que o diâmetro solar se mostra como um bom predictor da eclosão de CMEs intensas e quase simultâneas.

ABSTRACT. This work aims to establish a correlation between sudden, intense variations of the solar diameter, as obtained at the ON/MCTI *campus*, located in São Cristóvão, with explosive solar events such as flares and CMEs (coronal mass ejections), and to associate these events to the occurrence of geomagnetic storms. Using the data time series obtained from the Vassouras Geomagnetic Observatory, managed by ON, the sudden variations of the solar diameter as a precursor for the occurrence of geomagnetic storms are studied. The work also aims to revisit the basic literature on Space Weather and its phenomenology, as well as to contribute for the endowment of the area of Space Geophysics and Space Weather at the ON/MCTI. The measurements of the time series of geomagnetic H component, the one that experiences larger variation due to solar events, are daily, automatically taken at the Vassouras Observatory/RJ (site at latitude -22.40° , 316.35° longitude, height of 457 meters), using a vector magnetometer Fluxgate type LEMI-417. The Magnetic Observatory of Vassouras is affiliated to the INTERMAGNET network since 1999. The measurements of the solar diameter have been obtained through two instruments: the CCD Solar Astrolabe, between 1998 and 2008, and the Heliometer, between 2011 and 2012. Both are located on the main *campus* of ON/MCTI. The analysis has revealed that the indices related to solar flares and sunspots are not good, direct predictors of geomagnetic storms (low correlation), whereas the solar diameter is shown as an efficient predictor for the onset of intense, nearly simultaneous CMEs.

IDENTIFICATION AND CHARACTERIZATION OF INTERPLANETARY MAGNETIC CLOUDS

Arian Ojeda González

Orientadores: Dr. Odim Mendes Junior (INPE) e Dra. Margarete Oliveira Domingues (INPE)

292 p. – Tese (Doutorado) – Defesa 27.02.2013

RESUMO. Nas Ejeções de Massa Coronal Interplanetária (ICMEs), há um subconjunto específico, onde o plasma possui um campo magnético bem estruturado em forma de corda de fluxo chamado de nuvem magnética (MC). As características principais são: o aumento da intensidade do campo magnético em relação ao valor médio no vento solar circundante, a rotação suave do vetor campo magnético, com duração na ordem de um dia e, a baixa densidade de prótons. Em consequência do rápido movimento das MCs em relação ao vento solar circundante, o plasma e as linhas de campo magnético se acumulam na frente da nuvem numa região chamada de bainha magnética. As MCs são importantes devido ao efeito sobre a atividade geomagnética. Dependendo das características, o plasma no interior da nuvem tem um acoplamento eletrodinâmico com a magnetosfera da Terra. O objetivo desta tese foi desenvolver uma metodologia para identificar e, posteriormente, caracterizar a dinâmica das MCs no meio interplanetário a partir de sinais recebidos pelos satélites. Nem sempre é possível usar os dados de plasma no vento solar (SW) devido à indisponibilidade para fazer esta identificação. Neste trabalho as ferramentas usadas foram: entropia espaço temporal, expoentes de persistência, transformada wavelet discreta e o método de mínima variância. Para isso, utilizou-se os dados do satélite ACE, localizado no ponto de Lagrange L1 a 1.5 milhões de km da Terra. Dos dez instrumentos a bordo do ACE, foram utilizados dois deles, o SWEPAM e o MAG que medem dados de plasma e campo magnético, respectivamente. Utilizou-se os sistemas de coordenadas GSE e GSM, com resolução temporal de 16 s, porém alguns resultados foram gerados com dados em outras resoluções temporais. As ferramentas físico-matemáticas citadas foram testadas, em 41 MCs identificadas anteriormente por outros autores, na região da bainha de plasma, da nuvem, e na região após nuvem visando validar a metodologia. A base física para a utilização das técnicas foi a existência de características relacionadas com as ocorrências de MC, pois verificamos que as MCs têm um campo magnético ordenado, auto correlacionado, com poucas flutuações e com aumento da memória na série temporal. Das ferramentas utilizadas foi desenvolvido um grupo de índices relacionadas com a entropia (IE), o comportamento e as características de persistência, e os coeficientes *wavelet*. Os índices são calculados continuamente em janelas de 11.11 h em vários intervalos de vento solar. Eles auxiliam numa rápida identificação dos candidatos à MCs no vento solar. Foi utilizado a técnica de Análise de Mínima Variância (MVA) para determinar a direção de rotação do campo magnético dentro das MCs e a orientação do eixo das mesmas. Assim, as fronteiras da região da MC ficaram bem delimitadas. Nos casos utilizados para teste a metodologia mostrou-se útil. Comprovou-se a eficiência das ferramentas utilizadas, pois foi possível identificar novas MCs. Também foi estudado dois casos onde duas MCs interagem. Para isso, foi necessário gerar mapas bidimensionais para visualizar as linhas de campo magnético, isto foi feito com uma técnica de reconstrução utilizando a equação diferencial de Grad-Shafranov (GS). No primeiro caso, onde duas MCs interagem, observa-se reconexão magnética, além de encontrar lâminas de correntes nessa região. A técnica dos coeficientes *wavelet* auxiliou na identificação do ponto X de reconexão. No segundo caso estudado, o ponto X de reconexão não é observado. Esses resultados concordam com a física do problema, das possíveis combinações de tipos de cordas de fluxos interagindo só vão se reconectar aqueles onde os campos magnéticos entre eles tenham sentidos opostos. A contribuição desta tese é a criação de uma nova metodologia para identificação e caracterização das MCs, utilizando novas ferramentas, até então não experimentadas, com as outras já existentes. A metodologia pode ser ajustada, em um curto prazo de tempo, como um produto eficiente para estudar variabilidade do Clima Espacial.

ABSTRACT. A subset of interplanetary Coronal Mass Ejections (ICMEs) has simple flux rope-like magnetic fields, named magnetic clouds (MCs). Plasmas and magnetic field typically accumulate in the sheath region ahead of MCs driving interplanetary shocks. The aim of this work is to create a methodology to identify and subsequently characterize the dynamics of MCs from interplanetary magnetic field (IMF) signals received by satellites. A set of physical-mathematical techniques was analyzed and selected to study MC events. The spatio-temporal entropy, persistence exponents, discrete wavelet transform, and minimum variance analysis are the techniques applied. Datasets from ACE spacecraft localized at L1 Lagrangian point about 1.5 million km from Earth are used. MAG and SWEPAM are only used among a total of ten instruments onboard ACE. The SWEPAM measures the solar wind plasma and the MAG measures interplanetary magnetic field. This work deals with the 16 s time resolution most of the time. A total of 41 MCs identified by other authors were used, which allows dealing with the plasma sheath region, the MC and a post-MC region. As results, the time series analysis of the magnetic field inside the MCs regions shows that their fields are autocorrelated and structured, with few fluctuations and long memory in time series. From the above techniques, a set of indices were derived and related to the interplanetary entropy (IE), the persistence behavior and the wavelet coefficient identified features. The indices have been calculated continuously from 11.11 h (2500 records) windows using a proper SW time step. The use of these indices builds a useful tool to allow practical identification of MC candidates in the SW. We use the local Minimum Variance Analysis (MVA) to determine the direction of rotation of the magnetic field inside the MCs and the orientation of the MC axis, and identified their boundaries. The methodology was demonstrated to be useful with test cases. The tool was able to find MCs not previously identified. A case of double flux rope magnetic cloud presenting magnetic reconnection was studied from them. The reconstruction of two-dimensional maps of the magnetic configuration was also studied by using the Grad-Shafranov equation. In this case, we detect current sheet in this region, where two MCs are interacting, and the magnetic reconnection is observed. The wavelet coefficients technique becomes a tool for finding reconnection signatures or X-type neutral point in interaction regions between flux-ropes. A second case of double flux rope magnetic cloud was studied, where X-type neutral point in the interaction region was not observed, because the magnetic fields were parallel among them (inside the interaction region). The major contribution of this work is the implementation of a methodology for the identification and characterization of MCs, adding new resources to the earlier tools. In a general sense, the proposed methodology can constitute an easy and automatic computational procedure for preliminary survey on MC occurrences for scientific goals, or even a convenient MO warning for the space weather purposes.

PROCEDIMENTOS LINEARES DE INVERSÃO GRAVIMÉTRICA PARA ESTIMAR O RELEVO 3D DO EMBASAMENTO DE BACIAS SEDIMENTARES

Laisse Costa Ramos

Orientador: Dr. Cristiano Mendel Martins (UFPA)
53 p. – Dissertação (Mestrado) – Defesa 27.02.2013

RESUMO. O aperfeiçoamento tecnológico tem proporcionado a aquisição de um grande volume de dados geofísicos, motivo pelo qual o trabalho de interpretação das anomalias gravimétricas e de estimação do relevo de bacias sedimentares demanda cada vez mais inovação na formulação computacional e matemática que viabilize tal oferta. A fim de obter soluções eficientes computacionalmente e eficazes propomos dois novos métodos que incorporam procedimento de inversão linear para a solução de um problema de inversão não linear. O primeiro método proposto aproxima a solução da inversão não linear por procedimentos de inversão linear e aplica correções em iterações, a partir da aproximação inicial, até que seja obedecido o critério de convergência. O segundo método proposto aproxima a solução da inversão não linear por procedimentos de inversão linear apenas na primeira iteração, a partir da segunda iteração são aplicadas iterações adicionais de correção. As inversões realizadas, nos dois novos métodos e na inversão não linear, são estabilizadas pelo funcional regularizador de Tikhonov de primeira ordem (suavidade). As observações são modeladas por um conjunto de prismas retangulares 3D verticais cujas espessuras são os parâmetros que definem discretamente o relevo estimado em alguns pontos. A realização do procedimento de inversão não linear se fez necessária para a validação da estimativa do relevo do embasamento de bacias sedimentares produzidas pelos novos métodos propostos, sendo esta validação dada pela comparação entre os resultados obtidos pelos procedimentos de inversão linear com os de inversão não linear. Avaliamos também a eficiência e a eficácia dos métodos propostos e da inversão não linear a partir de testes sintéticos. Os métodos propostos mostraram-se mais eficientes que o método de inversão não linear, visto que exigiram menor tempo computacional para a recuperação de relevos virtualmente idênticos. No que diz respeito a eficácia, concluímos que os métodos propostos são tão eficientes quanto o de inversão não linear, visto que as estimativas do relevo do embasamento são em escala e em forma equivalentes entre si.

ABSTRACT. The technological improvement has provided the acquisition of a large volume of geophysical data, which is why the work of interpretation of gravity anomalies and pet relief sedimentary basins increasingly demand innovation in computational and mathematical formulation that allows for such offer. In order to obtain effective and computationally efficient solutions propose two new methods that incorporate linear inversion procedure for the solution of a nonlinear inversion problem. The first proposed method approximates the solution of the nonlinear inversion by linear inversion procedures and applies corrections in iterations from the initial approach, obeyed until the convergence criterion. The second method proposed solution approximates the nonlinear inversion of the linear inversion procedures only on the first iteration, the second iteration from the additional iterations are applied for correction. The investments made in the two new methods and nonlinear inversion, are stabilized by Tikhonov regularization functional first order (smoothness). The observations are modeled by a set of 3D vertical rectangular prisms whose thicknesses are parameters that define discreetly relief estimated at some points. The realization of nonlinear inversion procedure was necessary to validate the estimated basement relief of sedimentary basins produced by the new proposed methods, this validation is given by comparing the results obtained by the procedures of linear inversion with the inversion of nonlinear. We also evaluate the efficiency and effectiveness of the proposed methods and nonlinear inversion from synthetic tests. The proposed methods have proved more efficient than the nonlinear inversion method, since reduced computational time required to recover virtually identical reliefs. As regards efficiency, we conclude that the proposed methods are as effective as the nonlinear inversion, since the estimates of the basement relief scale and are equivalent to each other in shape.

IDENTIFICAÇÃO LITOLÓGICA COM *AFFINITY PROPAGATION*

Nayara Safira da Silva Caldas

Orientador: Dr. André José Neves Andrade (UFPA)
62 p. – Dissertação (Mestrado) – Defesa 26.03.2013

RESUMO. Este trabalho apresenta uma metodologia para a solução do problema da extração de uma informação geológica, como a identificação de litologias em profundidade, diretamente dos perfis geofísicos de poços. Para isto, faz-se o uso do Gráfico Vsh-M-N, que é uma adaptação do Gráfico M-N, clássico da avaliação de formação, para a identificação litológica em termos das propriedades físicas do mineral principal e da argilosidade. A interpretação visual do Gráfico Vsh-M-N é limitada devido ao grande espalhamento dos pontos. Assim, apresenta-se uma forma de interpretação computacional para o Gráfico Vsh-M-N com a utilização do algoritmo *Affinity Propagation*, que em função das suas características de transporte da informação entre objetos semelhantes possibilita a interpretação dos pontos no Gráfico Vsh-M-N segundo as suas propriedades físicas e a sua continuidade em profundidade. Esta metodologia é apresentada com dados sintéticos e perfis de um poço testemunhado do Campo de Namorado, na Bacia de Campos, Brasil.

ABSTRACT. This work presents a methodology for solving the problem of extracting geological information, such as identification of lithologies at depth, directly from wireline logs. For this propose, the Vsh-M-N plot is used as the formation evaluation technique for identifying the lithologies in the logged borehole, in terms of the physical properties of the main mineral in each lithology. However, the visual interpretation of this graphic is limited by the large spread of the points in the graph. To evaluate a form of computational interpretation of the Vsh-M-N, the affinity propagation algorithm is used in reason of its characteristic transport of information among similar objects, which enables the interpretation of Vsh-M-N plot considering the physical properties and continuity in the depth. This methodology is presented using synthetic data and well logs from one borehole in the Namorado field, Campos basin, Brazil.

INFLUÊNCIA DOS COMPONENTES DE BAIXA FREQUÊNCIA NA CARACTERIZAÇÃO DE ANOMALIAS SÍSMICAS: UMA COMPARAÇÃO ENTRE AS TÉCNICAS DE AVO E INVERSÃO ELÁSTICA

Glauco Macedo Sousa

Orientador: Dr. Amin Bassrei (UFBA)

113 p. – Dissertação (Mestrado) – Defesa 27.03.2013

RESUMO. A grande variedade de afastamentos entre fontes e receptores envolvidos na aquisição de dados sísmicos, baseadas na técnica CDP, fornece uma alta multiplicidade de informações sobre a subsuperfície. A forma quase hiperbólica das reflexões em famílias CDP contém informações a respeito dos componentes de baixa frequência das velocidades, também conhecido como macromodelo de velocidade. Em contrapartida, a variação da amplitude com o *offset* (AVO) fornece informações sobre os contrastes de propriedades elásticas em uma interface, sendo essa informação limitada pela banda de frequência do dado sísmico. Mesmo com a disponibilidade de todas essas informações, durante muitos anos, a exploração na indústria do petróleo foi baseada somente na análise dos tempos de reflexão em dados sísmicos empilhados. Entretanto, nas últimas décadas, técnicas baseadas em dados pré-empilhados, como o AVO e a inversão elástica, tem sido utilizadas para identificar e validar anomalias sísmicas. A técnica de AVO tem como objetivo caracterizar qualitativamente/estatisticamente a subsuperfície. Essa técnica basicamente identifica eventos sísmicos anômalos que não seguem o comportamento esperado para rochas saturadas de água, também conhecido como tendência de fundo. Os eventos anômalos estão geralmente associados à presença de hidrocarbonetos saturando reservatórios ou rochas anômalas em subsuperfície. Por outro lado, a inversão elástica visa caracterizar quantitativamente/deterministicamente a subsuperfície estimando os valores absolutos dos parâmetros elásticos que caracterizam as rochas. Esta dissertação apresenta um estudo comparativo entre as técnicas de AVO e inversão elástica, onde o principal objetivo é identificar em quais circunstâncias uma técnica tem mais aplicabilidade do que outra. As comparações foram feitas a partir de sismogramas sintéticos compostos exclusivamente por reflexões primárias para uma subsuperfície 1D modelados a partir de perfis de poços sintéticos e reais.

ABSTRACT. The large variety of source/receiver offsets considered in the acquisition of conventional surface seismic data, based on the CDP technique, provides a high multiplicity of information about the subsurface. The quasi hyperbolic two way reflection time curves in CDP gathers carry information about the low frequency components of the velocity model, also known as the macro velocity model. On the other hand, the amplitude variations with offset (AVO) carry information about the elastic property contrasts across the interfaces and are limited to the frequency band of the seismic signature. Regardless all this information, during several years, seismic exploration in the petroleum industry was based only on the reflection times on stacked seismic data. However, in the last few decades, techniques based on prestack data information, such as AVO and elastic inversion techniques, have been developed to help interpreters to identify and validate seismic anomalies. The AVO technique aims to qualitatively/statistically characterize the subsurface. This technique basically identifies anomalous seismic events that do not follow the expected behavior for brine saturated rocks, also known as the background trend. The anomalous events are generally associated with the presence of hydrocarbon saturated reservoirs or anomalous rocks in subsurface. On the other hand, elastic inversion aims to quantitatively/deterministically characterize the subsurface, estimating the absolute values of the elastic parameters which characterize the investigated rocks. This thesis presents a comparative study between AVO and elastic inversion techniques with the main goal of identifying situations in which one technique is more applicable than the other. The comparisons were made on primaries-only synthetic seismograms for 1D media, modeled from synthetic and real well logs.

AVALIAÇÃO GEOFÍSICA DA CONTAMINAÇÃO SUBTERRÂNEA NO ENTORNO DO CEMITÉRIO MUNICIPAL DE ALAGOINHAS-BA

Eduardo Menezes de Souza Amarante

Orientador: Dr. Olivar Antônio Lima de Lima (UFBA)

91 p. – Dissertação (Mestrado) – Defesa 16.05.2013

RESUMO. Para investigar as condições geológicas e hidrológicas da subsuperfície na área do entorno do Cemitério Municipal de Alagoinhas-BA foram realizadas 38 sondagens elétricas verticais centradas em pontos acessíveis da área. As sondagens foram executadas usando o arranjo Schlumberger de eletrodos até espaçamentos máximos de eletrodos de corrente AB/2 de 300 m. Os dados de resistividade elétrica foram invertidos automaticamente em computador, usando critério de ajuste de mínimos quadrados para o erro do modelo com respeito aos dados observados usando os programas de domínio público RESIST V.1.0 e RES1D. Informações geológicas de poços foram usadas no controle da interpretação efetuada com o envolvimento do autor através da fixação do número de camadas e de um modelo inicial para a inversão. Os resultados, apresentados na forma de mapas, curvas de sondagens e seções geolétricas transversais permitiram: (i) mapear o nível estático da água subterrânea que, nas partes mais planas da área, situa-se em torno de 27 m de profundidade; (ii) indica que as zonas superficiais de baixas resistividades ($<300 \Omega.m$) são contaminações na parte superior do aquífero, cuja fonte é associada ao cemitério; (iii) detectar heterogeneidades elétricas, na zona vadosa do aquífero, apontando regiões indicativas de rotas de invasão do contaminante.

ABSTRACT. To investigate the subsurface geological and hidrological conditions around the area of the Alagoinhas county cemetery – BA, 38 vertical electrical soundings using Schlumberger electrode array were performed to a maximum AB/2 spacing of 300 m. The electrical resistivity data were automatically inverted by computer using a least square fitting criteria, to the error of the model with respect to the observed data, using the public domain softwares RESIST V.1.0 and RES1D. Geological constraints of lithologic well logs were used to control the data interpretation by fixing the number of layers and an initial model suggested by the author. The results, representes as maps, sounding curves and geoelectrical cross-sections allow to: (i) to map the static water table depth, which in the more plain areas, are around 27 m depth; (ii) to suggest that the subsurface zones of low resistivities ($<300 \Omega.m$) are contamination plumes above the aquifer top, whose sources are related to the cemetery. (iii) to detect electrical heterogeneities in the aquifer vadose zone, indicatives of the travel of the invading contamination.

ESTUDO DA BACIA DOS PARECIS A PARTIR DA INTEGRAÇÃO DE DADOS GRAVIMÉTRICOS, MAGNETOMÉTRICOS E MAGNETOTELÚRICOS

Hans Schmidt Santos

Orientador: Dr. Jean-Marie Flexor (ON)

156 p. – Tese (Doutorado) – Defesa 17.05.2013

RESUMO. A Bacia do Parecis, uma das principais bacias intracratônicas brasileiras, é considerada uma área de nova fronteira muito pouco explorada em seus 500.000 km². Alcança grande realce a exsudação de gás conhecida como Salto Magessi, no Rio Teles Pires, a qual consolida um sistema petrolífero ativo na área. Nesse contexto, propõe-se a integração de dados aerogeofísicos (magnetometria e gravimetria) com os dados MT de uma transecta que atravessa a bacia. A inversão em duas dimensões (2-D) dos dados MT (vinculada aos dados de resistividade do poço) permitiu imagear a distribuição da condutividade. Para o procedimento de inversão, os tensores de impedância foram girados de um ângulo de 130° (~E-W) de acordo com a direção estimada dos lineamentos geológicos dominantes da Bacia dos Parecis sugeridos por informações gravimétricas e magnetométricas. A fim de verificar se o *strike* geoeletrico é compatível com a escolha prévia do *strike* geológico, aplicou-se um procedimento de decomposição do tensor impedância MT para um conjunto de 36 sondagens MT no perfil. Os resultados mostraram que a distribuição dos ângulos de *strike* não foi uniforme, mas a direção do *strike* geológico assumida é compatível com o valor médio dos ângulos de *strike*. Os dados aerogeofísicos (aeromagnetometria e aerogravimetria) bem como os dados gravimétricos terrestres da Bacia dos Parecis foram reprocessados e reinterpretados utilizando os principais filtros geofísicos existentes antes de serem submetidos a métodos de inversão para estimativa das dimensões, profundidades e parâmetros físicos dos corpos geológicos. Esse conjunto de dados adquiridos ofereceu uma oportunidade única de se proceder à integração de informações geofísicas que dependem de diferentes parâmetros físicos da Terra.

ABSTRACT. The Parecis Basin, a major Brazilian intracratonic basins, is considered a new frontier area still little explored in its 500,000 km². It achieves great enhancement exudation gas known as Salto Magessi in the Rio Teles Pires, which consolidates an active petroleum system in the area. In this context, we propose the integration of airborne geophysics (magnetometry and gravimetry) with data from a MT transect that crosses the basin. The two-dimensional inversion (2-D) of MT data (constrained by well-log resistivity data) allowed to estimate the distribution of the conductivity. For the inversion procedure, the impedance tensors were rotated by an angle of 130° (~E-W) according to the estimated direction of the dominant geological lineaments of the Parecis Basin suggested by gravimetric and magnetometric information. In order to verify if an average geoelectric strike can be compatible with the basin's geological strike, a procedure of decomposition of MT impedance tensor for a set of 36 MT soundings along the profile was applied. The results show the angular distribution of the geoelectric strike. The results showed that the distribution of the angles of strike was not uniform, but the direction of geological strike assumed is compatible with the average value of the strike angles. The aerogeophysical data (aeromagnetometry and aerogravimetry) and the terrestrial gravity data of the Parecis Basin were reprocessed and reinterpreted using the main existing geophysical filters before being subjected to the inversion methods estimating the size, the depth and the physical parameters of the geological bodies. This set of acquired data provides a unique opportunity to carry out the integration of geophysical information that rely on different physical parameters of the Earth which are independent of each other.

CARACTERIZAÇÃO DA BACIA DE SÃO FRANCISCO: INTEGRAÇÃO GEOFÍSICA E INVERSÃO CONJUNTA DE DADOS MT, SÍSMICOS, MAGNÉTICOS E GRAVIMÉTRICOS

Flora Ferreira Solon

Orientador: Dr. Sergio Luiz Fontes (ON)

114 p. – Dissertação (Mestrado) – Defesa 24.05.2013

RESUMO. Foi realizado um estudo para localizar o embasamento cristalino fraturado e um antigo reservatório carbonático de gás na Bacia do São Francisco, Brasil, utilizando o método magnetotelúrico (MT) e uma metodologia de inversão conjunta. A caracterização de rochas carbonáticas é um problema na exploração de petróleo e gás quando se utiliza o método sísmico, já que a rocha apresenta altos valores para a velocidade sísmica. Propõe-se que a integração de diferentes métodos geofísicos irá fornecer informações acerca da distribuição de diferentes propriedades físicas em subsuperfície e caracterizar as rochas carbonáticas. No presente estudo, foram analisadas 43 sondagens MT colocadas ao longo de 4 linhas sísmicas previamente obtidas na região central da Bacia do São Francisco no Brasil. As sondagens MT cobriram uma faixa de frequência de 0,01 a 100 Hz, sondando a estrutura resistividade até uma profundidade máxima de cerca de 15 km. Os dados das 4 linhas foram invertidos usando um algoritmo de inversão regularizada MT 2D. Para a avaliação do modelo MT analisaram-se perfis geofísicos do poço 1-RF-1MG e uma seção sísmica coincidente com um dos perfis MT. Para a abordagem de inversão conjunta utiliza-se a metodologia de inversão conjunta empregando um vínculo estrutural (Gallardo & Meju, 2004) aplicando a quatro conjuntos de dados: de reflexão sísmica terrestre, MT, gravimetria e magnetometria ao longo de um perfil de 100 km. É necessário determinar os parâmetros de processamento e inversão apropriados para melhor estimar a contribuição individual de cada tipo de dados geofísicos. Dessa forma, foram realizados diversos experimentos de inversão conjunta usando dois conjuntos de dados, três e, finalmente, os quatro conjuntos de dados. O desenvolvimento dos diversos modelos interpretativos durante os processos de inversão conjunta mostrou que a solução é principalmente controlada pelo incremento de características estruturais comuns em todos os modelos. Os resultados mostram que os grupos estratigráficos identificados na seção sísmica estão de acordo com as características estruturais reveladas pela inversão 2D MT. Foi também possível definir o embasamento compartimentado neste setor da Bacia do São Francisco, que não era claro na seção sísmica. Ao integrar todas as informações disponíveis, foi possível mapear o Grupo Bambuí, particularmente as formações carbonáticas Lagoa do Jacaré e Sete Lagoas, consideradas rochas fontes e rochas reservatório na história exploratória passada desta bacia.

ABSTRACT. An attempt is made to locate fractured crystalline basement and overlying carbonate reservoir underneath thick overburden at São Francisco basin in Brazil using the magnetotelluric (MT) technique and a cross-gradient joint inversion methodology. This is a major problem in oil and gas exploration in this basin using seismic reflection and it is proposed that MT will provide useful complimentary information. Besides, exploring the combined use of different geophysical methods will enhance the structural resemblance in the images that each one provides. In the present study, I analyzed 43 MT soundings collocated along 4 seismic survey lines in the central region of São Francisco basin in Brazil. The MT soundings covered a frequency range of 0.01 to 100 Hz, probing the subsurface resistivity structure down to a maximum depth of about 15 km. Data from all the 4 lines were inverted using a regularised 2D inversion algorithm. For model appraisal, I analyzed well log data as well as seismic and gravity lines coincident with one MT line passing through the well. For the joint inversion approach I used a two-dimensional structured-coupled joint inversion from Gallardo & Meju (2004) applying to four data sets: land seismic reflection, magnetotelluric MT, gravity and magnetic data sets along a 100 km profile. It is necessary to determine the appropriate processing parameters to better estimate the individual contribution from each geophysical data type. For this it is necessary doing several experiments using two data, three and finally four data sets. The evolution of the joint inversion showed that the solution is mostly controlled by the development of common features in all models. It is shown that the stratigraphic groups identified in the seismic reflection image are in agreement with structural features revealed by 2-D MT resistivity imaging. It was also possible to define the compartmentalized basement in this sector of São Francisco Basin, not clear in the seismic section. By integrating all available information, I successfully mapped the Bambuí Group, particularly the two carbonate member-formations, Lagoa do Jacaré and Sete Lagoas formations, considered both the source and reservoir rocks in past exploratory history of this basin.

MIGRAÇÃO 3-D KIRCHHOFF-GAUSSIAN-BEAM (KGB) PRÉ-EMPILHAMENTO NO DOMÍNIO DA PROFUNDIDADE

Glauco Lira Pereira

Orientador: Dr. João Carlos Ribeiro Cruz (UFPA)

117 p. – Tese (Doutorado) – Defesa 24.06.2013

RESUMO. O Feixe Gaussiano (FG) é uma solução assintótica da equação da elastodinâmica na vizinhança paraxial de um raio central, a qual se aproxima melhor do campo de ondas do que a aproximação de ordem zero da Teoria do Raio. A regularidade do FG na descrição do campo de ondas, assim como a sua elevada precisão em algumas regiões singulares do meio de propagação, proporciona uma forte alternativa na solução de problemas de modelagem e imageamento sísmicos. Nesta Tese, apresenta-se um novo procedimento de migração sísmica pré-empilhamento em profundidade com amplitudes verdadeiras, que combina a flexibilidade da migração tipo Kirchhoff e a robustez da migração baseada na utilização de Feixes Gaussianos para a representação do campo de ondas. O algoritmo de migração proposto é constituído por dois processos de empilhamento: o primeiro é o empilhamento de feixes (*beam stack*) aplicado a subconjuntos de dados sísmicos multiplicados por uma função peso definida de modo que o operador de empilhamento tenha a mesma forma da integral de superposição de Feixes Gaussianos; o segundo empilhamento corresponde à migração Kirchhoff tendo como entrada os dados resultantes do primeiro empilhamento. Pelo exposto justifica-se a denominação migração Kirchhoff-Gaussian-Beam (KGB). As principais características que diferenciam a migração KGB, durante a realização do primeiro empilhamento, de outros métodos de migração que também utilizam a teoria dos Feixes Gaussianos, são o uso da primeira zona de Fresnel projetada para limitar a largura do feixe e a utilização, no empilhamento do feixe, de uma aproximação de segunda ordem do tempo de trânsito de reflexão. Como exemplos são apresentadas aplicações a dados sintéticos para modelos bidimensionais (2-D) e tridimensionais (3-D), correspondentes aos modelos Marmousi e domo de sal da SEG/EAGE, respectivamente.

ABSTRACT. The Gaussian Beam (GB) is an asymptotic solution of the elastodynamic equation in the paraxial vicinity of a central ray, which approaches better the wave field than the standard zero-order ray theory. The GB regularity in the description of the wave field, as well as its high accuracy in some singular regions of the propagation medium, provide a Strong alternative to solve seismic modeling and imaging problems. In this thesis, I present a new procedure for pre-stack depth migration with true-amplitude, combining the flexibility and robustness of Kirchhoff migration type using superposition of Gaussian beams to represent the wave field. The proposed migration algorithm comprises in two stacking process: the first is the beam stack is applied to subsets of seismic data multiplied by a weight function defined such that stack operator has the same formulation of the integral of the Gaussian beams superposition; the second is a weighted diffraction stack by means of the Kirchhoff type integral having as input the GB stacked data. For these reasons it is called Kirchhoff-Gaussian-Beam (KGB) migration. The main characteristics that distinguish the KGB migration, during the first stage stacking, with other migration methods that also use the theory of Gaussian beams, is the use of the first Fresnel zone projected to limit the width of the subset of seismic traces (beam) using a second-order approximation of the reflection travel time. Examples are shown for applications on two-dimensional (2-D) and three-dimensional (3-D) synthetic seismic data, respectively, to the models Marmousi and SEG/EAGE salt dome data sets.

CARACTERIZAÇÃO DE RESERVATÓRIOS SILICICLÁSTICOS NEOAPTIANOS: UM ESTUDO DO MEMBRO CARMÓPOLIS NO CAMPO DE CAMORIM, SUB-BACIA DE SERGIPE, BRASIL

Filipe Silva Lira

Orientador: Dr. Emanuel Ferraz Jardim de Sá (UFRN)
58 p. – Dissertação (Mestrado) – Defesa 27.06.2013

RESUMO. O Campo de Camorim, descoberto em 1970 na porção de águas rasas da Sub-bacia de Sergipe, produz hidrocarbonetos do Membro Carmópolis/Formação Muribeca, principal intervalo reservatório, interpretado como siliciclásticos depositados em um contexto alúvio-flúvio-deltaico na fase tardia do rifteamento da Bacia Sergipe-Alagoas, Neoptiano. O arcabouço estrutural, que subdivide o campo em blocos produtores, está associado à evolução do Alto de Atalaia durante a fase rifte e reativações posteriores, apresentando falhas normais principais de direção NE-SW e falhas secundárias de direções NW-SE e E-W. A complexidade do campo está ligada à intensa variação faciológica, resultante da interação entre os ambientes deposicionais continentais e costeiros, e a justaposição dos estratos associada à evolução estrutural. Este trabalho tem como objetivo a caracterização geológica dos reservatórios para dar subsídios às novas perfurações de poços destinados a aumentar o fator de recuperação do campo. Deste modo, a partir da análise faciológica realizada em testemunhos e perfis geofísicos, em conjunto com a interpretação do volume sísmico 3D, propõe-se uma metodologia que se baseia na análise estratigráfica de alta resolução, aplicada em um contexto geodinâmico transicional entre os estágios rifte e drifte de evolução da bacia, capaz de determinar as relações espaciais e temporais das zonas produtoras e as direções preferenciais do fluxo de fluidos, empregando para este fim, mapas de isócoras que representam a geometria externa, e mapas de distribuição de fácies para as heterogeneidades internas destes intervalos identificados em um zoneamento estratigráfico de 4^a ordem. Esta metodologia de trabalho, integrada em um processo de modelagem geológica 3D, vai ser utilizada para estabelecer a geometria da malha de poços injetores/produtores do intervalo de interesse e pode ser aplicada em outros reservatórios cujo contexto tectônico-deposicional seja semelhante ao observado em Camorim, caso dos campos localizados no Alto de Aracaju, Sub-bacia de Sergipe, que juntos compõem o maior volume de óleo in place na porção terrestre das bacias brasileiras.

ABSTRACT. The Camorim Oilfield, discovered in 1970 in the shallow water domain of the Sergipe Sub-basin, produces hydrocarbons from the Carmópolis Member of the Muribeca Formation, the main reservoir interval, interpreted as siliciclastics deposited in an alluvial-fluvial-deltaic context during a late rifting phase of Neoptian age, in the Sergipe-Alagoas Basin. The structural setting of the field defines different production blocks, being associated to the evolution of the Atalaia High during the rift stage and subsequent reactivations, encompassing NE-SW trending major normal faults and NNEW trending secondary faults. The complexity of this field is related to the strong facies variation due to the interaction between continental and coastal depositional environments, coupled with strata juxtaposition along fault blocks. This study aims to geologically characterize its reservoirs, to provide new insights to well drilling locations in order to increase the recovery factor of the field. Facies analysis based on drill cores and geophysical logs and the 3D interpretation of a seismic volume, provide a high resolution stratigraphic analysis approach to be applied in this geodynamic transitional context between the rift and drift evolutionary stages of the basin. The objective was to define spatial and time relations between production zones and the preferential directions of fluid flow, using isochore maps that represent the external geometry of the deposits and facies distribution maps to characterize the internal heterogeneities of these intervals, identified in a 4th order stratigraphic zoning. This work methodology, integrated in a 3D geological modelling process, will help to optimize well drilling and hydrocarbons production. This methodology may be applied in other reservoirs in tectonic and depositional contexts similar to the one observed at Camorim, for example, the oil fields in the Aracaju High, Sergipe Sub-basin, which together represent the largest volume of oil in place in onshore Brazilian basins.