



Arco Purus: um novo modelo estrutural apoiado pela magnetometria

Marcos de Barros Munis, CPRM-CEDES

Ciro Jorge Appi, CPRM-CEDES

João Batista Freitas de Andrade, CPRM-DEGEO

Copyright 2008, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

Este texto foi preparado para a apresentação no IV Simpósio Brasileiro de Geofísica, Brasília, 14 a 17 de novembro de 2010. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do IV SimBGf, mas não necessariamente representa a opinião da SBGf ou de seus associados. É proibida a reprodução total ou parcial deste material para propósitos comerciais sem prévia autorização da SBGf.

Abstract

A new interpretation hypothesis about Purus Arch behavior, a Cambrian-Ordovician structure, as an inverted graben of Late Proterozoic age, was tested and confirmed by old aeromagnetic data analysis. The Paleozoic Solimões and Amazonas basins, was filled on both sides of the arch. During late Triassic, Gondwanian Orogenesis brings up the Penatecaua magmatism, and sills were folded on Jurassic, by the Solimões Megashear Event. The Purus Arch served as refractor to the shearing propagation, imposed different behaviors on the sills, and consequently, in their magnetic signatures.

Resumo

O Arco Purus localizado no Estado do Amazonas, Brasil é uma estrutura profunda coberta por espessa seqüência sedimentar, cuja presença só pode ser constatada através de métodos indiretos geofísicos. Uma proposição apresentada por Wanderley Filho et al. (2006), foi investigada através de antigos mapas aeromagnéticos que confirmaram a existência de um graben invertido com direção N-S, 250 a 300 km de largura e mergulho muito suave para W, em direção à Bacia do Solimões. Em suas ombreiras introduziram-se grandes chaminés básicas, principais condutos para as soleiras e diques de diabásio, que em grande volume ocorrem nesta bacia e na do Amazonas. Este evento intrusivo conhecido como magmatismo Penatecaua foi fator primordial para sua detecção pelos métodos magnéticos. A posterior orogênese Juruá, que em parte, dobrou as soleiras, veio acrescentar nova assinatura magnética, e o Arco Purus foi fator decisivo na diferenciação do processo de formação de trapas petrolíferas em ambas as bacias.

Introdução

Juntamente com o de Iquitos e o de Gurupá, o Arco Purus foi definido por Morales (1959) como consequência dos intensos estudos exploratórios da fase inicial da Petrobrás, que se concentravam nas então denominadas bacias do Alto e do Médio Amazonas, posteriormente redefinidas como do Solimões e do Amazonas (Caputo (1984). São conhecidas seqüências paleozóicas a partir do final do Ordoviciano na Bacia do Amazonas ou do Eo-Siluriano na Bacia do Solimões. Na região do Arco Purus,

porém, só há representações paleozóicas a partir do Carbonífero Superior (Pensiviano), repousando diretamente sobre o Grupo Purus, do Proterozóico Superior, que preenche o graben e algumas vezes, extrapola-o. Este trabalho é decorrente da tese de doutorado em Engenharia Civil, Sistemas Petrolíferos, da COPPE-UFRJ, defendida por um dos autores (Munis, 2009).

Localização

O Arco Purus situa-se no Estado do Amazonas, separando as bacias paleozóicas do Solimões e do Amazonas, com direção aproximada N-S, e eixo em torno do meridiano -62,5° (Figura 1).



Figura 1 – Localização do Arco Purus

Limitações e Dados Utilizados

O método magnetométrico apresenta sérias limitações nas regiões próximas do equador magnético porque o sinal induzido nas rochas vai diminuindo quanto mais a superfície de contato entre as rochas com diferentes susceptibilidades magnéticas se aproxima do norte magnético. E o Arco Purus praticamente coincide com essa direção. Outra limitação se refere aos períodos de aquisição dos dados. Dos quatro projetos utilizados na tese, os projetos Manaus Leste e Manaus Oeste adquiridos no final da década de cinquenta e início da de sessenta, são os mais problemáticos, tendo seus dados sido extraviados e recuperados através da redigitalização de curvas de contorno do campo magnético. Os projetos

Carauari e Coari, do início da década de oitenta, mesmo já utilizando posicionamento por GPS, apresentam fortes puxamentos na direção das linhas de vôo (N-S). Utilizou-se ainda dados de gravimetria terrestre, obtidos ao longo dos principais rios e dados de poços, denominados “dados culturais”. Todos eles são públicos e foram cedidos pela ANP. Além destes, utilizou-se dados do SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), obtidos em sites especializados. As três próximas figuras mostram os limites dos quatro projetos aeromagnetométricos estudados, a seção geológica transversal ao Arco Purus desde a Bacia do Solimões até a do Amazonas e o mapa Bouguer obtido com os dados da gravimetria terrestre ao longo dos principais rios.

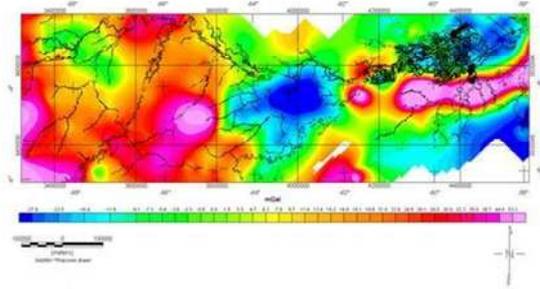


Figura 4– Mapa Bouguer com localização dos pontos de amostragem.

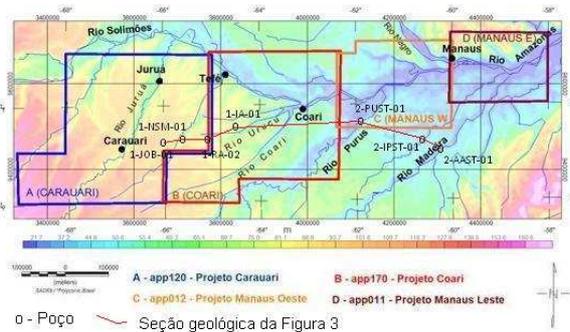


Figura 2 – Relevo, principais rios, cidades, seção geológica e limites dos projetos

Os dados representados nas figuras anteriores serviram de base para a interpretação magnética, buscando uma melhor definição estrutural da região do Arco Purus. A Bacia do Solimões, em que pese situar-se em uma região densamente florestada, devido ao fato de ser uma bacia produtora de óleo leve, gás e condensado, tem sido objeto de grandes investimentos exploratórios (Barata e Caputo, 2007; Eiras, 1999). A Bacia do Amazonas não é ainda uma grande produtora, mas sua facilidade de acesso tem permitido um vasto conhecimento de sua geologia (Gonzaga et al., 2000). Por outro lado, a região do Arco Purus, geologicamente, é ainda muito pouco conhecida.

Metodologia e Problema Investigado

Os quatro projetos analisados devido as suas diferentes características de aquisição e processamento foram tratados individualmente, buscando-se uma homogeneização dos dados e enriquecimento da relação sinal/ruído. Os projetos Manaus Oeste e Manaus Leste mesmo já suavizados, devido ao processo de gridagem, mostravam puxamentos segundo as linhas de vôo (N-S). Nos projetos Coari e Carauari, mais novos, esses puxamentos eram bem mais fortes, por terem sido trabalhados os dados originais. Todos eles foram micronivelados utilizando-se a técnica da decorrugação (Minty, 1991). Como estes projetos foram levantados a 800 m de altura e aqueles a 400 m, elevou-se todos eles para uma altura comum de 1000 m. Os projetos mais antigos da década de cinquenta e início da de sessenta, não eram reduzidos do IGRF, mas de um dado arbitrário. Assim aplicamos um filtro DC (constante), tornando-os compatíveis com os dados dos projetos mais novos e só então, fizemos a união dos grids utilizando a máxima entropia (programa gridknt da Geosoft). A Figura 5 mostra o resultado obtido.

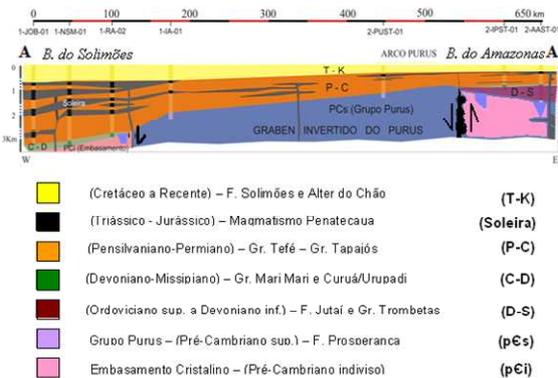


Figura 3 – Seção geológica A-A’

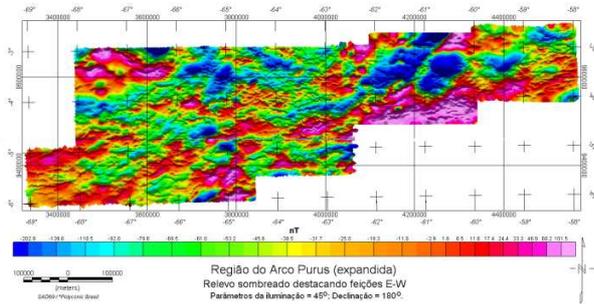


Figura 5 – Mapa sombreado do campo magnético total reduzido do IGRF da Região do Arco Purus (expandida).

Wanderley Filho et al. (2006) sugerem a existência de um graben invertido na região do Arco Purus conforme apresentado na Figura 6.

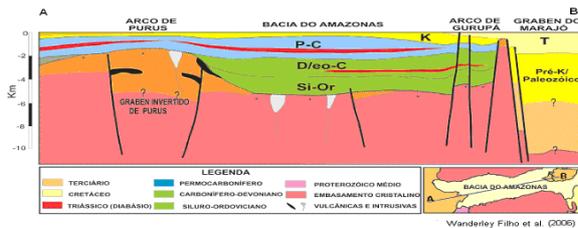


Figura 6 – Modelo proposto de graben invertido na região do Arco Purus.

No mapa da Figura 5 estão representadas as assinaturas magnéticas de baixa frequência provenientes dos contatos entre o embasamento cristalino e os sedimentos (ou metasedimentos) pobres em magnetita e as de alta frequência provenientes dos diques e soleiras mais rasos. A Deconvolução de Euler fornece uma boa aproximação da profundidade das fontes magnéticas (ou gravimétricas) utilizando a chamada Equação da Homogeneidade de Euler

$$(x - x_0) \frac{\partial f}{\partial x} + (y - y_0) \frac{\partial f}{\partial y} + (z - z_0) \frac{\partial f}{\partial z} = nf$$

Onde x, y, z são os valores do ponto de amostragem, x₀, y₀ e z₀ a localização da fonte (incógnitas), f o valor da função (com respectivas derivadas) e n o índice estrutural (que depende do tipo de fonte).

Dentre as várias tentativas efetuadas utilizando-se vários “n” e várias profundidades, o resultado apresentado na Figura 7 é bem ilustrativo da presença do graben, com uma concentração de fontes nas suas ombreiras.

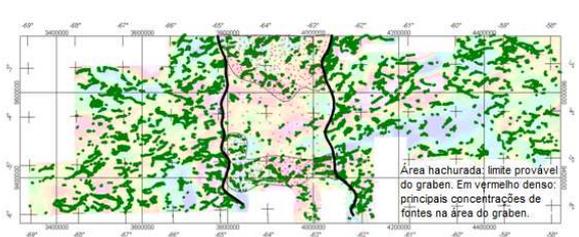


Figura 7 – Fontes magnéticas para falhas (IE=0,5) com profundidades entre 2 e 4 km.

Como o mapa da Figura 5 está muito mascarado pela presença das altas frequências provenientes de fontes rasas e como nosso alvo são as fontes mais profundas indicativas da presença do graben, utilizamos mais uma vez a continuação para cima, desta vez para 10 km, pois as altas frequências são muito mais suavizadas do que as baixas, realçando estas. Junto com esta continuação fez-se uma redução ao pólo para centralização das anomalias sobre os corpos causadores, e tendo-se o cuidado de usar um forte fator de correção de amplitude, tendo em vista a baixa latitude. Sobre o mapa assim obtido (Figura 8), fez-se uma interpretação das estruturas magnéticas profundas, compatível com os dados geológicos existentes e publicados, que confirma a existência do graben invertido na região do Arco Purus. A inversão se deu por processos erosivos, no Cambro-Ordoviciano, tendo as bacias do Solimões e do Amazonas se desenvolvido independentemente a partir do final do Ordoviciano, nesta, e início do Siluriano, naquela (Caputo, 1984). Só no Pensilvaniano o mar cobriu as duas bacias, após o que, seguiu-se um grande período de ascensão, erosão e intrusão de rochas básicas (Triássico), que na forma de chaminés, preferencialmente localizadas nas bordas do graben, permitiram sua detecção pelos métodos magnéticos. Essas chaminés serviram de conduto para o grande volume de soleiras de diabásio, dobradas na orogenia Juruá (Jurássico), como consequência do Megacisalhamento do Solimões, proveniente da região andina. O Arco Purus serviu como refrator desses esforços, propiciando diferentes assinaturas magnéticas nas duas bacias, o que sem dúvida, é um fator a mais, a ser considerado no esforço exploratório das mesmas.

Conclusões

O método aeromagnético de prospecção geofísica tem sido pouco utilizado na exploração petrolífera, devido ao grande sucesso dos métodos sísmicos e seu imediatismo na detecção de “plays”. Entretanto, este trabalho mostra que muita informação geológica pode ser tirada de dados antigos, quando reprocessados com novas técnicas computacionais e adicionados aos novos conhecimentos fornecidos pela geologia ou outros métodos geofísicos. A resolução de um levantamento aerogeofísico é inversamente proporcional a distância entre as linhas de

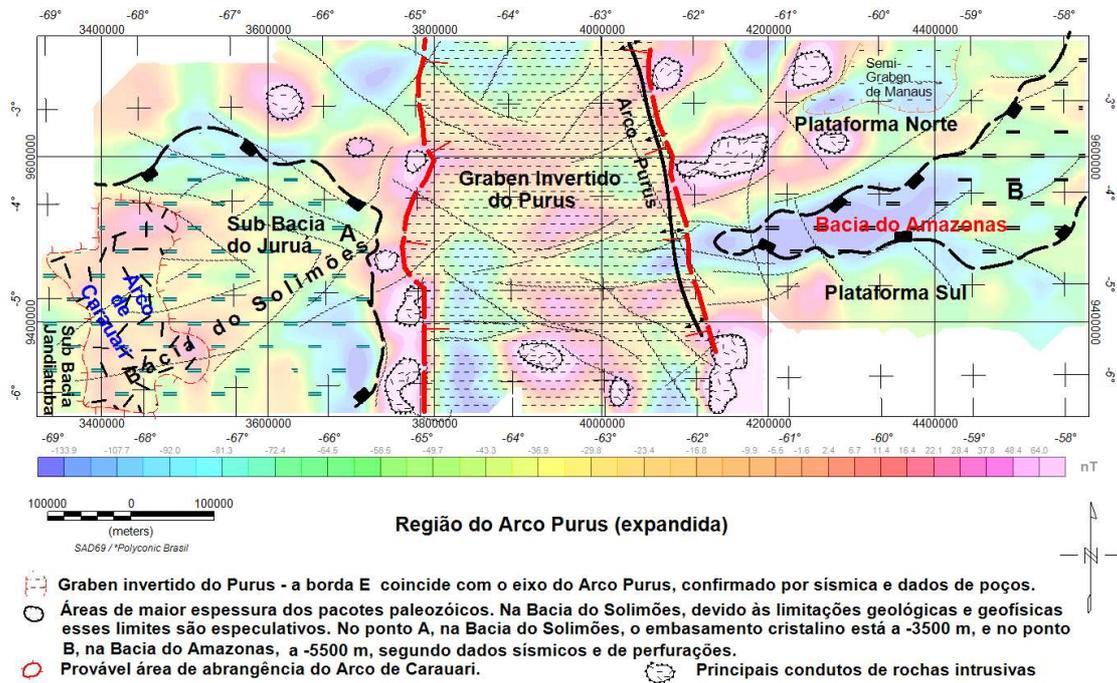


Figura 8 – Interpretação de estruturas geológicas profundas sobre o mapa magnético de campo total reduzido do IGRF, continuado a 10 km e reduzido ao pólo.

vão, e no caso específico da Bacia do Solimões, um levantamento de alta resolução, com linhas de vôo espaçadas de 500m ou menos, visando o comportamento das soleiras afetadas pelo dobramento Juruá, é altamente recomendado.

Agradecimentos

Agradecemos à CPRM – Serviço Geológico do Brasil, pelo incentivo na elaboração deste trabalho.

Referências

Barata, C. F., Caputo, M. V., 2007, Geologia do petróleo da Bacia do Solimões 4º. PDPETRO –ABPG - Campinas – SP.

Caputo, M. V., 1984, Stratigraphy, tectonics, paleoclimatology and paleogeography of northern basins of Brazil. Univ. of California, Santa Barbara, USA – PhD Thesis.

Eiras, J. F., 1999, Geologia e sistemas petrolíferos da Bacia do Solimões, Simpósio de Geologia do Amazonas, Manaus, AM.

Gonzaga, F. G., Gonçalves, F. T. T., Coutinho, I. E. C., 2000, Petroleum geology of the Amazonas Basin, Brazil, modeling of hydrocarbon generation and migration, AAPG Memoir 73, p. 159-178.

Morales, L. G., 1959. Geology & oil possibilities of Amazonas Basin. 5th World Petroleum Congress, NY, USA.

Minty, B. R. S., 1991, Simple micro-levelling for aeromagnetic data, Exploration Geophysics, v.22, p591-592.

Munis, M. de B., 2009, Caracterização geomagnética do graben Purus e suas implicações na evolução das bacias do Solimões e do Amazonas. COPPE – UFRJ – Tese de Doutorado.

Wanderley Filho, J. R., Travassos, W. A. S., Alves, D. B., 2006, O diabásio nas bacias paleozóicas amazônicas – herói ou vilão? Bol. Geoc. Petrobras, v14, N°1, p.177-184.