



Estimativa de litofácies através de perfis de poços do Campo de Namorado (Bacia de Campos, RJ)

Carlos André Maximiano da Silva, LENEP / UENF, Brazil

Paula Lúcia Ferrúcio da Rocha, UFRJ, Brazil

Julio Kosaka de Oliveira, Schlumberger, Brazil

Copyright 2009, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 11th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Salvador, Brazil, August 24-28, 2009.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 11th International Congress of the Brazilian Geophysical Society and do not necessarily represent any position of the SBGf, its officers or members. Electronic reproduction or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

Abstract

The recognition of several patterns has been used broadly in the interpretation of geophysical data. These data are specific physical answers of geological formations. The data, usually, it contains important physical information of the geology of the which those they result and reveals significant patterns of these geological structures. Among the methods of geophysical exploration, the well logging has great application in the location and evaluation of mineral resources, as the petroleum. A great challenge that it presents is the segmentation of these profiles in zones capable to identify some standards found in the reservoirs of petroleum. For the identification of some litologies, Gamma Ray profiles were used (GR), Density (RHOB) and Neutron Porosity (NPHI).

This work has for objective to identify the litologies patterns through the data of well log of Namorado Field in Campos Basin (RJ). The data were given up by Agência Nacional do Petróleo (ANP).

For this work was utilized *Interactive Petrophysics*TM software, which is commercialized by Schlumberger.

Introdução

A demanda contínua e crescente de energia e a disponibilidade de recursos de hidrocarbonetos colocam o petróleo como uma importante fonte não-renovável da matriz energética mundial para os próximos anos.

Para entender os ambientes geradores, dessa fonte energética para a sociedade, as empresas se dedicam à exploração como um primeiro passo para manter o ciclo de geração de jazidas. Trata-se de uma atividade estratégica da cadeia produtiva do petróleo composta por uma seqüência complexa de etapas e processos decisórios, os investimentos envolvem riscos bastante elevados e de longa maturação na expectativa de descobertas de crescentes volumes de petróleo. Para se ter uma noção da magnitude do risco, que é muito bem percebido na indústria, a cada dez poços perfurados não mais que três deles têm acumulações comerciais.

Os perfis de poços têm grande aplicação na localização e avaliação de recursos minerais, dentre eles o petróleo. A aplicação geológica de perfis geofísicos de poços tem, como objetivo principal, propiciar um melhor conhecimento petrofísico dos reservatórios fornecendo suas principais características, tais como: porosidade, litologia, argilosidade, permeabilidade, densidade e a presença de fluidos que podem ser inferidas indiretamente a partir de medições feitas através de sondas que percorrem os poços.

Neste trabalho foram estudados três perfis de poços do Campo de Namorado, bacia de Campos RJ, visando a estimativa de litofácies a partir de dados de ANASETE (descrição de testemunho). Os dados foram fornecidos pela ANP em formato LAS, e foram carregados no programa *Interactive Petrophysics*TM, licenciado pela SCHLUMBERGER.

Métodos

A Agência Nacional do Petróleo (ANP) disponibilizou os dados do Campo de Namorado – Bacia de Campos, RJ para a pesquisa. Estes dados são compostos de:

- Arquivos em formato LAS com a suíte básica de curvas (RG, Rt, RHOB, NPHI e DT) de 56 poços.

- Descrição de testemunho no formato ANASETE (Análise Sequencial de Testemunho) de 19 poços.

Do total de poços disponibilizados pela ANP somente dados de 15 poços foram carregados no software *Interactive Petrophysics*TM que foi utilizado para desenvolver este trabalho. Destes, somente os dados de três poços foram usados para interpretações dos perfis. Os dados dos poços NA01, NA02 e NA04 foram interpretados com o auxílio das descrições de testemunhos no formato ANASETE. Na Tabela 1 é mostrada a relação dos 15 poços carregados no programa *Interactive Petrophysics*TM. Os poços em destaque são os que foram interpretados neste trabalho. A saber: NA01, NA02 e NA04. O intervalo de validação corresponde à gama de profundidade que foi utilizada para a simulação dos dados sintéticos usados na comparação com os dados reais de descrição de testemunho.

Os dados de perfil encontram-se no formato LAS, que é composto basicamente por um cabeçalho (contendo informações sobre o poço e os perfis medidos) e por colunas numéricas.

Tabela 1. Relação dos 15 poços carregados para o programa *Interactive Petrophysics*TM.

Poços	Intervalo de Validação (m)
NA01	3181,4 a 3192,4
NA02	2985,0 a 3047,2
NA3D	3233,0 a 3247,0
NA04	2965,0 a 2979,4
NA05A	2938,8 a 2974,8
NA07	3108,0 a 3122,0
NA08D	3446,0 a 3469,8
NA09D	3316,0 a 3345,0
NA11	3038,0 a 3051,0
NA12	3136,0 a 3152,0
NA17	3328,0 a 3339,8
NA21	3083,0 a 3100,0
RJS-19	2952,0 a 2971,0
RJS-42	3184,0 a 3207,0
RJS-234	3164,0 a 3180,0

Os dados de testemunhos estão no formato ANASETE, que consiste de uma representação gráfica contendo as informações retiradas do testemunho. A Figura 1 apresenta um exemplo dos dados de testemunho, onde a coluna (A) mostra as fácies descritas.

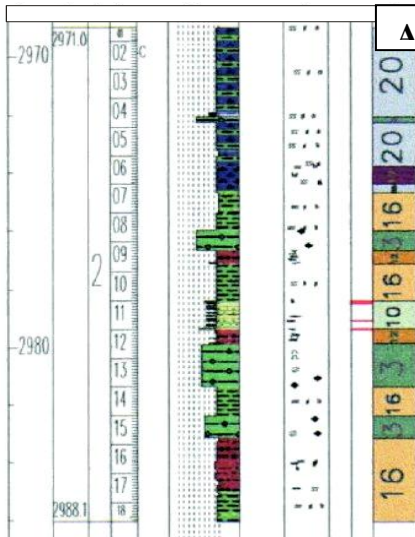


Figura 1. Exemplo de testemunho do Campo de Namorado no formato ANASETE.

Objetivo

O objetivo principal deste trabalho foi aplicar uma técnica de reconhecimento de litologias, utilizando os perfis geofísicos de poços do Campo de Namorado (Bacia de Campos RJ), com o auxílio do programa *Interactive Petrophysics*TM, visando testá-la com dados reais.

Descrição da área estudada

A Bacia de Campos situa-se em águas territoriais do Estado do Rio de Janeiro e Espírito Santo. Ela cobre cerca de 100.000 km², com apenas 500 km² situadas em áreas emersas (figura 2). Para norte, a bacia é parcialmente isolada da Bacia do Espírito Santo, na região de águas rasas, pelo Alto de Vitória, um bloco elevado de embasamento que coincide com a terminação oeste da Cadeia de Vitória – Trindade, um importante lineamento oceânico daquela área. Em águas profundas não existe uma separação efetiva entre as bacias de Campos e do Espírito Santo. A bacia representa atualmente o maior patrimônio petrolífero do país (Raja Gabaglia *et al.*, 1990).

A primeira descoberta, Campo de Garoupa, ocorreu em 1974 e, a partir daí, a busca constante de novas acumulações tem propiciado substanciais avanços no conhecimento da bacia, fazendo com que novos modelos geológicos sejam sempre imediatamente testados.

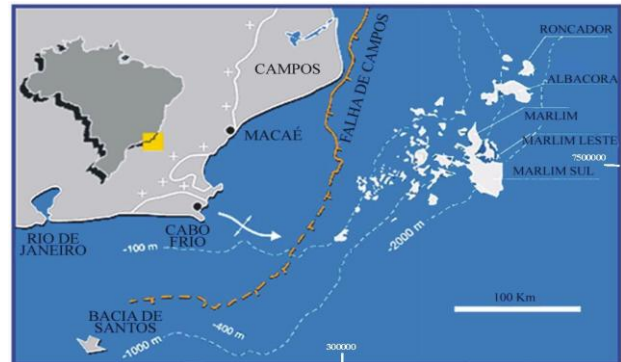


Figura 2. Mapa de localização da Bacia de Campos (Abreu, 2005). Os campos produtores estão indicados em branco entre as linhas batimétricas de 100 e 2000 metros. A falha de Campos está indicada em laranja.

Campo de Namorado

O Campo de Namorado (Figura 3) foi o primeiro grande campo da plataforma continental brasileira, pelo

poço pioneiro denominado 1-RJS-19 descoberto em novembro de 1975.

O principal reservatório deste campo é o Arenito Namorado, de origem turbidítica e idade Cenomiana Inferior. Essa unidade sedimentar compõe a porção superior da Formação Macaé e, na área do campo, ocorre a profundidades variáveis entre 2900 e 3400 m (Meneses & Adams, 1990).

A escolha do Campo de Namorado dentre outras razões foi feita devido à disponibilidade dos dados, cedidos pela ANP. Ele é reconhecidamente um Campo Escola.

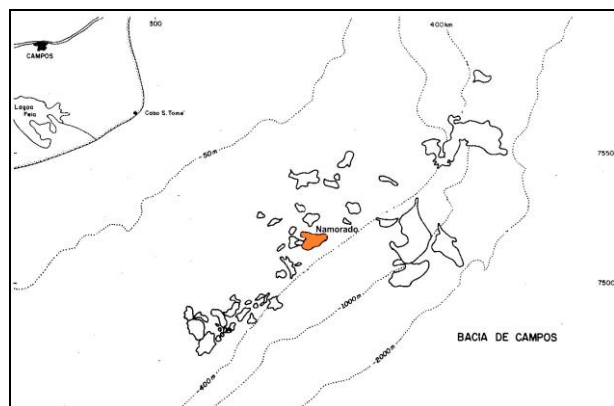


Figura 3. Localização do Campo de Namorado (Menezes & Adams, 1990).

Perfilagem geofísica de poços

A perfilagem geofísica é definida como um conjunto de medições, no interior de um furo de sondagem, para prospecção de petróleo (óleo e gás), água e outros bens minerais. São determinadas as propriedades físicas, tais como: a polarização espontânea, a resistividade, a radioatividade, as propriedades acústicas, as medidas geométricas, etc. Devido aos altíssimos custos envolvidos na indústria do petróleo, os dados de perfilagem são de grande importância para os estudos geológicos e geofísicos. Os perfis são empregados para determinar a profundidade e a espessura das camadas que atuam como reservatórios, a qualidade de hidrocarbonetos presentes nos poros das rochas e avaliar o potencial de produção das formações.

Durante a perfuração, além do acompanhamento geológico feito através da análise das amostras de calha, faz-se necessária a utilização de perfis geofísicos, obtidos através da operação de perfilagem.

A obtenção de um perfil geofísico de poço, com a medição dos parâmetros físicos das rochas, inicia a partir da descida ao fundo de um poço de uma complexa aparelhagem mecânico-eletrônica, chamada sonda de perfilagem. O registro contínuo, em função da profundidade das características petrofísicas ou geométricas das formações geológicas atravessados pelo poço, é chamado de log ou perfil e seu padrão de apresentação seguem as normas API (American Petroleum Institute).

Para a avaliação de um intervalo litológico, é necessária a análise conjunta das curvas que compõem a suíte básica de perfis, as quais são:

- Raio Gama (GR) – medida da radiação ou radioatividade natural total da rocha que permite distinguir os folhelhos e/ou argilas dos demais tipos litológicos.
- Porosidade Neutrão (NPHI) – medida da porosidade neutrônica, que é sensível à presença de hidrogênio, normalmente presente nos fluidos no espaço poroso.
- Densidade (RHOB) - o parâmetro medido é a densidade eletrônica da formação (que é proporcional à densidade da formação).
- Rt – Resistividade, este perfil investiga grandes volumes de rocha para a obtenção da resistividade das zonas virgens das camadas.
- DT – Este perfil mede o tempo de trânsito que a onda compressional leva para atravessar um determinado intervalo da formação (em geral, 1 ft), podendo ser usado para se determinar a velocidade de propagação desta onda acústica na formação.

Descrição das fácies

Foram identificadas nos dados ANASETE 21 fácies, agrupadas em três litologias conforme a tabela 2 abaixo. No programa Interactive Petrophysics® 3.4, somente com base nas curvas, é impossível determinar o detalhe de cada litologia. Por este motivo foram gerados gráficos (*Crossplot*), utilizando os perfis de porosidade (NPHI e RHOB) e radioatividade (GR), com a finalidade de verificar áreas de maior concentração de pontos de cada litologia. Assim, as figuras 4 e 5 respectivamente apresentam os gráficos (NPHI X RHOB) e (GR x RHOB) onde os pontos correspondentes aos dados de folhelho aparecem com a cor verde, os de arenito com a cor amarela e os de carbonato com a cor azul. Em seguida foram contornadas três áreas englobando os pontos das cores de cada litologia

FOLHELHO	Folhelho Radiativo
	Siltito Interlaminado e Folhelho Bioturbado Deformado
	Siltito Argiloso Estratigráfico
	Diamictito Dreno-lamoso
	Folhelho com níveis de marga Bioturbado
	Siltito Argiloso/ Arenito deformado
ARENITO	Interlaminado Siltito Argiloso e Marga
	Marga Bioturbada
	Arenito Médio Maciço ou Gradado
	Arenito Médio Cimentado
CARBONATO	Interlaminado Arenoso Bioturbado
	Arenito Cimentado com Interclastos/ Bioturbação
	Arenito/ Folhelho Finante Interestratificado
	Arenito/Folhelho Interestratificado
	Arenito Grosso Amalgamado
	Conglomerado Residual
	Arenito Médio Laminado
Arenito com Interclasto Laminoso	
FOLHELHO	Interlaminado Deformado
	Conglomerado com Brechas Carbonática
	Ritmito

Tabela 2. Fácies identificadas e reorganizadas em três litologias, a saber: folhelho (verde), arenito (amarelo) e carbonato (azul).

Resultados

O programa reconheceu 712 pontos nos três poços estudados. Os dados reais das litofácies descritas no ANASETE, mostrados nas figuras 6, 7 e 8 dos poços NA01, NA02 e NA04 respectivamente, serviram para comparação com os resultados obtidos pelo programa *Interactive Petrophysics*TM, apresentados nas figuras 9, 10 e 11 correspondentes aos dados sintéticos.

Análises dos resultados

A tabela 3, que apresenta os percentuais de acertos para cada poço estudado, foi obtida poço a poço a partir da comparação entre os valores sintéticos reconhecidos pelo algoritmo, e a quantidade total de dados reais.

Por exemplo: No poço NA 01 foram identificados 165 pontos reais dos quais o *crossplot* NPHI x RHOB foi capaz de reconhecer 131 pontos totalizando 79 % de acertos ou 21% de erro e assim sucessivamente para cada poço.

Análises dos erros

Os erros identificados neste trabalho surgiram em função de diversos motivos, entre eles a reorganização de vinte e uma fácies em apenas três litologias. Esta simplificação mostrada na tabela 2 justifica alguns pontos classificados fora da região delimitada nos *crossplot*.

Tabela 3. Percentual de acertos para cada poço estudado

Lito_ poços	Pontos	% Total	Lito = NPHI x RHOB			Lito = GR x RHOB		
			Pontos	% Acertos	% Erros	Pontos	% Acertos	% Erros
NA01	165	100	131	79	21	127	77	23
NA02	148	100	130	88	12	127	86	14
NA04	399	100	344	86	14	339	85	15
Total	712							

Conclusões

A técnica de reconhecimento de litologias, aplicada aos dados de perfis geofísicos de poços do Campo de Namorado (Bacia de Campos RJ) com o auxílio do programa *Interactive Petrophysics*TM, mostrou-se capaz de identificar as litologias previamente agrupadas.

Esta técnica foi utilizada para dados de poços de petróleo, mas pode ser aplicada para quaisquer bem minerais ou contaminantes. Esta ampla aplicabilidade da técnica torna este trabalho interessante do ponto de vista da prospecção mineral e investigação ambiental.

O número de litologias descritas no ANASETE é muito superior ao limite do algoritmo motivo pelo qual foram agrupadas em três litologias este fato, certamente produziu erros que podem ser identificados na tabela 3.

No *crossplot* foi possível confirmar que o algoritmo conseguiu identificar os pontos reais de cada poço agrupando-os dentro das áreas. No total foram marcados no gráfico 712 pontos para os três poços interpretados.

Na comparação dos dados sintéticos com os dados reais das litologias obteve-se um nível muito bom de acertos – vide tabela 3. Constatou-se que a técnica mostra boa eficiência na interpretação de litologias geradas por perfis sintéticos.

Como recomendação final, propõe-se o mesmo estudo em todos os poços com dados disponíveis do Campo de Namorado a fim de reafirmar a utilidade da técnica em apreço.

Agradecimentos

Ao saudoso prof^o. Jadir da conceição, muito obrigado pelos ensinamentos.

À minha orientadora Prof^a Paula Ferrucio agradeço a oportunidade e a confiança em mim depositada em desenvolver este trabalho após a ausência do nosso saudoso Prof. Jadir.

À SCHLUMBERGER, por ter disponibilizado uma licença acadêmica do *software* *Interactive Petrophysics*TM, em especial ao geólogo Julio Kosaka de Oliveira. Muito obrigado pela sua ajuda e compreensão ao me ensinar a utilização deste *software*.

Referências

- Abreu, C.J., 2005** – Complexo de Lobos do Sistema Depositional Moderno de Águas Profundas Almirante Câmara Imageado por Sísmica de Alta Resolução, Bacia de Campos, Tese de Doutorado. Departamento de Geologia – UFRJ.
- Dias, J.L., Scarton, J.C., Esteves, F.R., Carminatti, M., Guardado, L.R., 1990**, Aspectos da Evolução Tectono-Sedimentar e Ocorrência de Hidrocarbonetos na Bacia de Campos. In: Origem e Evolução das Bacias Sedimentares, eds **Raja Gabaglia, Guilherme Pederneiras, Milani, Edison José**. Petrobras, p335-358.
- Ellis, D.V., 1987**, Well Logging For Earth Scientists, Elsevier, 532p

Faustino, L., H., C., 2007, Simulação de perfis Sônico do Campo de Namorado Através da Técnica de Defuzificação Paramétrica, 43p.

Gouvêa, J. L., Costa e Silva, L. M. da, Geofísica de Prospecção, 311p. ed. Universidade do Pará.

Leite, M. V. C., 2007, Simulação do Perfil Sônico para Poços do Campo de Namorado Utilizando a lógica Fuzzy, 138p.

Lima, K.T. P. de, 2002, Métodos Acústicos de Perfilagem.

Magalhães, A. C.G.T., 2004, Aplicação do método fuzzy para reconhecimento de padrões em perfis de poços do Campo de Namorado- Bacia de Campos, RJ, 94p. Monografia Curso de Geologia – UFRJ.

Menezes, S. X. & Adams, T., 1988, Ocorrência de Resistividades Anômalas no Campo de Namorado.v.2, p. 359-366.

Milani, E.J & Zalán, P. V., 2000, Petróleo na Margem Continental Brasileira, Revista Brasileira de Geofísica, Vol. 18, p 352-396.

Milani, E.J, & Zalán, P.V., 1998. Brazilian Geology Part 1; the Geology of Paleozoic Cratonic Basins and Mesozoic Interior Rifts of Brazil, AAPG. Associação Brasileira de Geólogos de Petróleo, Short Course Notes, Rio de Janeiro, Brasil.

Mimbela, F. R. R., 2005, Modelo Fuzzy para Predição Conjunta de Porosidade e Permeabilidade Via Perfis Convencionais de Poço do Campo de Namorado – Bacia de Campos, R.J, 136p.

Miranda, A. I. F. 2004, Imageamento da Porosidade Através de Perfis geofísico de Poço, 58p. Tese de Doutorado UFPA.

Nery, G. G., 2004, Perfilagem Geofísica, Notas de Aulas, UFBA, 50p.

Oliveira, J. K. de, 2005, Efeito da Porosidade Efetiva e da argilosidade nas Velocidades de Ondas P no Arenito Namorado, 49p.

Raja Gabaglia, G. P., Milani, E. J. 1990, Origem e Evolução de Bacias Sedimentares, Petrobras, 415p.

Rosa A. J., Carvalho, R. de S., Xavier J. A. D., 2006, Engenharia de Reservatórios de Petróleo, 832p. ed. Interciências.

Schlumberger, 1998, Searching For Oil and Gás in the Land of Giants, 149p.

Serpa, E. V., 2007, Bacia de Neuquém: Método de perfilagem de poços, 96p.

Suslick, S. B. Conhecer as incertezas: o desafio da indústria do petróleo, CEPETRO UNICAMP.

www.anp.gov.br

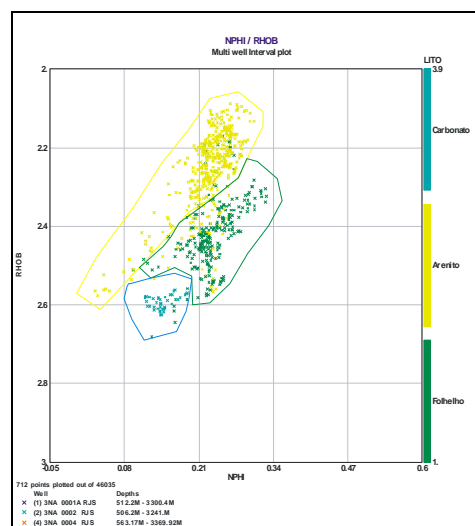


Figura 4. Crossplot NPHI x RHOB. Os pontos correspondentes aos dados de folhelho foram marcados com a cor verde, os de arenito com cor amarela e os de carbonato com cor azul. As áreas contornadas englobam os pontos correspondentes às respectivas litologias.

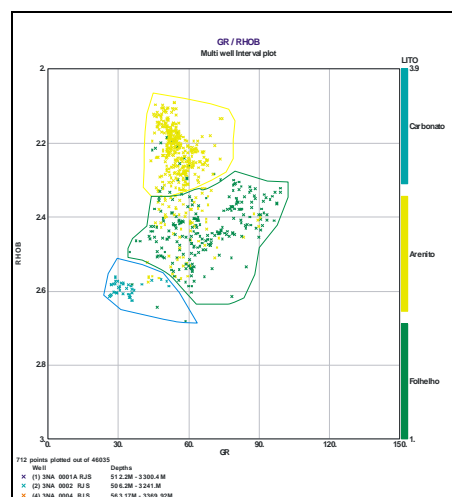


Figura 5. Crossplot GRx RHOB. Os pontos correspondentes aos dados de folhelho foram marcados com a cor verde, os de arenito com a cor amarela e os de carbonato com a cor azul. As áreas contornadas englobam os pontos correspondentes às respectivas litologias.

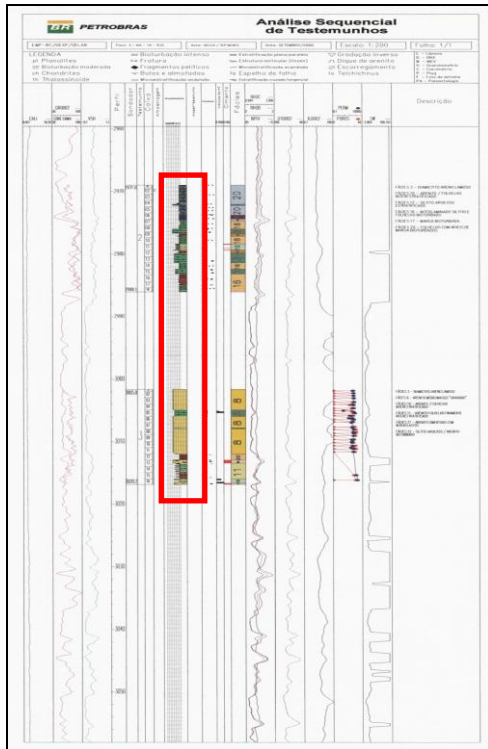


Figura 6. Descrição litológica dos testemunhos do poço NA01, dados ANASETE. Em contorno vermelho aparece o intervalo de dados usado na comparação com os resultados obtidos pelos dados sintéticos da figura 9.

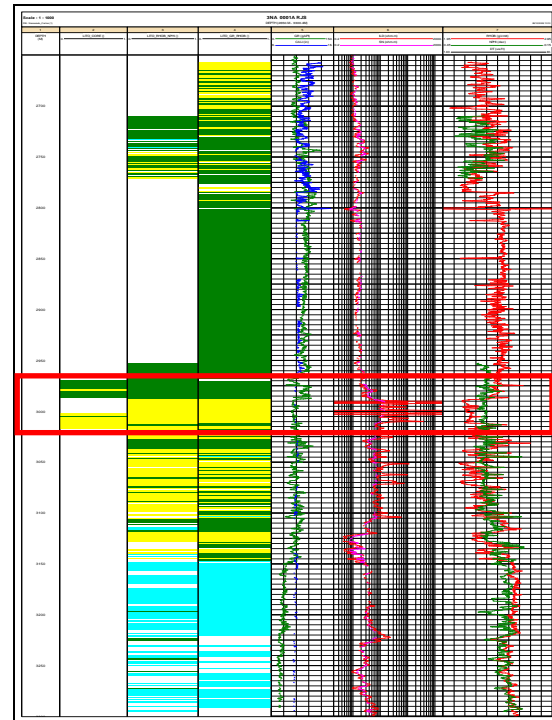


Figura 9. Dados do poço NA01. Na coluna "2" (lito-core) estão os dados reais do ANASETE. Nas colunas "3" e "4" os dados sintéticos gerados pelo *Interactive Petrophysics™*, respectivamente RHOBNPHI e GR_RHO. No retângulo em vermelho o intervalo usado na comparação dos resultados.

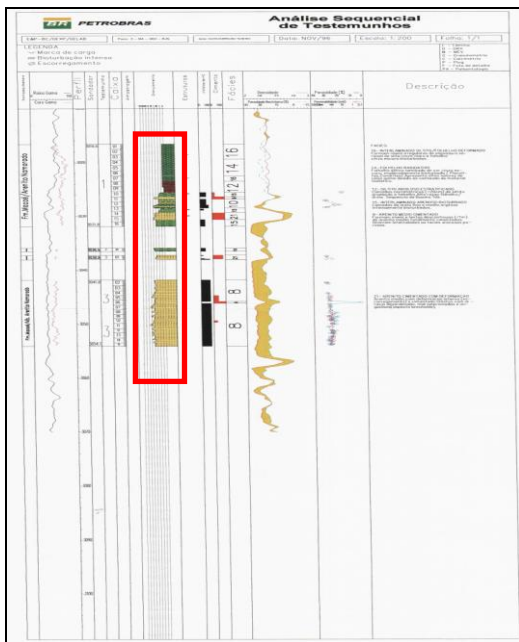


Figura 7. Descrição litológica dos testemunhos do poço NA02, dados ANASETE. Em contorno vermelho é mostrado o intervalo de dados usado na comparação com os resultados obtidos pelos dados sintéticos da figura 10.

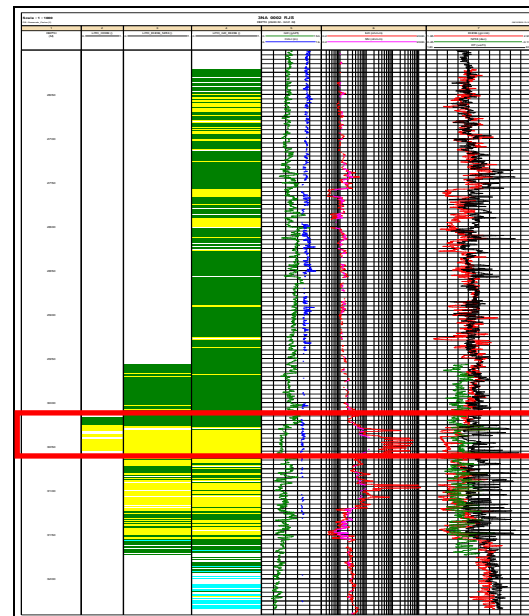


Figura 10. Dados do poço NA02. Na coluna "2" (lito-core) estão os dados reais do ANASETE. Nas colunas "3" e "4" os dados sintéticos gerados pelo *Interactive Petrophysics™*, respectivamente RHOBNPHI e GR_RHO. No retângulo em vermelho o intervalo usado na comparação dos resultados.

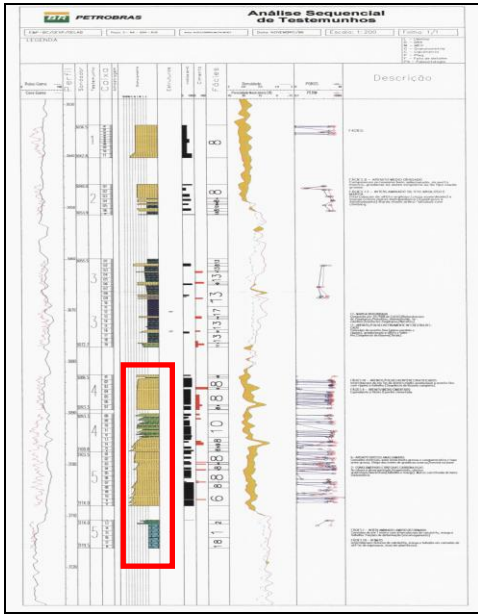


Figura 8. Descrição litológica dos testemunhos do poço NA04, dados ANASETE. O contorno vermelho separa o intervalo de dados usado na comparação com os resultados obtidos pelos dados sintéticos da figura 11.

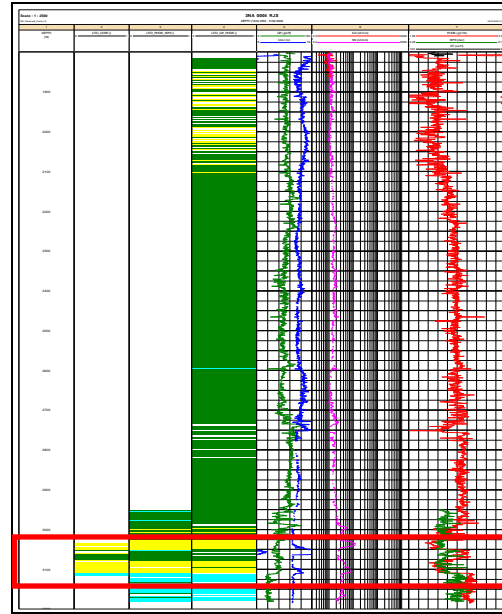


Figura11. Dados do poço NA04. Na coluna “2” (lito – core) estão os dados reais do ANASETE. Nas colunas “3” e “4” os dados sintéticos gerados pelo *Interactive Petrophysics*TM, respectivamente RHO_NPHI e GR_RHO_B. No retângulo em vermelho o intervalo usado na comparação dos resultados.