

## ESTUDOS MATEMÁTICOS DE ENGENHARIA APLICADOS NA PERFILAGEM DO POÇO NA4

BRUNA JULLIANA JACOMOSSI<sup>1</sup>; DAGMAR L. CARDOZO JÚNIOR<sup>2</sup>; REID W. G.  
ARAGÃO<sup>3</sup>; RÔMULO FÉLIX NUNES<sup>4</sup>.

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – [julliana.jacomossi@outlook.com](mailto:julliana.jacomossi@outlook.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – [dagmarjunior1997@gmail.com](mailto:dagmarjunior1997@gmail.com)

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas – [reidaragao99@gmail.com](mailto:reidaragao99@gmail.com)

<sup>4</sup>Universidade Federal de Pelotas – [nunes.romulo@outlook.com](mailto:nunes.romulo@outlook.com)

### 1. INTRODUÇÃO

Segundo Souza (2001), o ensino da Matemática é fundamental na formação humanística e o currículo escolar deve levar a essa boa formação, portanto a matemática se ramificou em diversas disciplinas, e hoje observa-se ela sendo aplicada ao dia a dia, desde problemas simples de matemática básica, como uma regra de três à grandes problemas aplicados as diversas áreas das engenharias, por exemplo, como saber a produtividade de um reservatório de petróleo.

Dentre as mais diversas áreas da engenharia de petróleo, destaca-se a perfilagem de poços. A perfilagem pode ser realizada antes ou depois da perfuração, e é um dos principais métodos para obtenção de informações petrofísicas da formação, possibilitando a geração de imagens visuais da formação.

Os cálculos matemáticos associados aos dados oriundos da perfilagem do poço NA4, fornecem uma gama de informações referentes à formação na qual o poço foi perfurado, tais como: porosidade, permeabilidade e presença de hidrocarbonetos. Além disso, os cálculos matemáticos permitem inferir acerca da produtividade do reservatório, através da identificação e quantificação do volume de fluidos que estão contidos no mesmo. Portanto, os equacionamentos matemáticos relacionados à perfilagem de poços apresentados neste estudo são de extrema importância para uma boa caracterização dos reservatórios. Neste sentido, este estudo teve por objetivo a aplicação dos métodos matemáticos relacionados à perfilagem de poços para identificar zonas da formação com a presença de hidrocarboneto líquido (óleo).

### 2. METODOLOGIA

Os dados petrofísicos oriundos da perfilagem do poço foram fornecidos pela Agência Nacional do Petróleo – ANP, em formato arquivo .las, o qual contém as informações petrofísicas em função da profundidade do poço. As análises matemáticas e o desenvolvimento dos perfis para subsidiar a interpretação do poço, foram realizadas com o auxílio do programa EXCEL. O estudo foi subdividido em quatro etapas, representadas pelas letras a, b, c, e d.

#### (a) Plote dos perfis

Inicialmente foram plotados, em relação a profundidade, os perfis das informações petrofísicas disponibilizadas, sendo elas: densidade (RHOB); tempo de trânsito (DT); porosidade neutrão (NPHI); resistividade (ILD); raios gama (GR) e; caliper (CALI).

#### (b) Determinação do volume de folhelho (Vsh)

O volume de folhelho foi determinado a partir das metodologias de Stieber, Vsh Larinov (Older Rocks), Vsh Clavier e Vsh (Density Neutron).

O método de Stieber possui três fórmulas, foi escolhida a segunda pois esta teve a maior correspondência. Valores negativos foram substituídos por 0 e os valores maiores que 1 foram substituídos por 1.

$$Vsh = \frac{IGR}{(2 - IGR)} \quad (1)$$

onde, IGR é o índice de argilosidade, determinado pela seguinte fórmula:

$$IGR = \frac{GR_{log} - GR_{clean}}{GR_{shale} - GR_{clean}} \quad (2)$$

onde GRlog é o valor lido no perfil GR, Grclean é o valor de GR do arenito limpo, Grshale é o valor de GR do folhelho. Assume-se neste trabalho que Grclean seja igual 21,9258 (menor valor lido no perfil GR), e Grshale como 124,867 (maior valor lido no perfil GR).

Para determinação do Vsh Larinov (Older Rocks) foi utilizada a seguinte fórmula:

$$Vsh = 0,33 (23,7IGR - 1) \quad (3)$$

onde, IGR é o índice de argilosidade. Valores negativos foram substituídos por 0 e os valores maiores que 1 foram substituídos por 1

Para determinação do Vsh Clavier foi utilizada a seguinte fórmula:

$$Vsh = 1,7 - [3,3 - (IGR + 0,7)2]^{1/2} \quad (4)$$

onde, IGR é o índice de argilosidade. Valores negativos foram substituídos por 0 e os valores maiores que 1 foram substituídos por 1

Para determinação do Vsh Clavier foi utilizada a seguinte fórmula:

$$Vsh_{(neut,dens)} = \frac{\Phi_{neutron} - \Phi_{density}}{\Phi_{neutron_{shale}} - \Phi_{density_{shale}}} \quad (5)$$

onde  $\Phi_{neutron}$  é a porosidade por nêutron,  $\Phi_{density}$  é a porosidade derivada da densidade,  $\Phi_{neutron_{shale}}$  é a porosidade do folhelho (perfil de nêutron),  $\Phi_{density_{shale}}$  é a porosidade do folhelho (perfil de densidade). Assume-se neste trabalho que  $\Phi_{density_{shale}}$  seja igual 0,097519397 (média do DPHI) e  $\Phi_{neutron_{shale}}$  como 0,225456951 (média do NPHI). Valores negativos foram substituídos por 0 e os valores maiores que 1 foram substituídos por 1.

(c) Determinação do Dphi, Sphi e Nphi

Para determinação do Dphi foi utilizada a seguinte fórmula:

$$\Phi D = \frac{\rho_{ma} - \rho_b}{\rho_{ma} - \rho_{fl}} \quad (6)$$

onde  $\rho_{ma}$  é a densidade da matriz,  $\rho_{fl}$  é densidade do fluido,  $\rho_b$  é densidade da formação (obtida no log). Assume-se neste trabalho que  $\rho_{ma}$  seja igual 2,65 (valor tabelado),  $\rho_{fl}$  como 1 (valor tabelado).

Para determinar o Sphi foram utilizados dois métodos para determinar o Sphi. Inicialmente foi usado o método de Wyllie, que consiste na utilização da seguinte fórmula:

$$\Phi S = \frac{t_{log} - t_{ma}}{t_f - t_{ma}} \quad (7)$$

onde o  $t_{log}$  é o tempo de trânsito do material,  $t_{ma}$  é o tempo de trânsito da matriz,  $t_f$  é o tempo de trânsito do fluido. Assume-se neste trabalho que  $t_{ma}$  seja igual a 55 (valor tabelado),  $t_f$  como 188,679,  $t_{logshale}$  como 139,86 e  $t_{logsand}$  seja 55,5. Os valores do  $t_{log}$  foram obtidos através da fórmula:

$$t = \frac{10^6}{v} \quad (8)$$

onde  $v$  é a velocidade de cada material, sendo 7150 para folhelho e 5300 para arenito. Nas camadas com a presença de óleo foi usado uma equação de correção, sendo ela:

$$\Phi = \Phi_s \times 0,7 \quad (9)$$

Pelo método RHG é usado:

$$\Phi_s = \frac{5 \times t_{log} - t_{ma}}{8 \times t_{log}} \quad (10)$$

onde o  $t_{log}$  é o tempo de trânsito do material,  $t_{ma}$  é o tempo de trânsito da matriz. Assume-se neste trabalho que  $t_{ma}$  seja igual a 55,  $t_{logshale}$  como 139,86 e  $t_{logsand}$  seja 55,5.

Para determinação do NDphi foi utilizada a seguinte fórmula:

$$\Phi_{ND} = \frac{\sqrt{(\Phi D^2 + \Phi N^2)}}{2} \quad (11)$$

onde  $\Phi D$  é o Dphi, e  $\Phi N$  é o Nphi.

(d) Determinação da Velocidade Primária, Impedância Acústica e Refletividade da formação

Para determinação da Velocidade Primária foi utilizada a seguinte fórmula:

$$V_p = \frac{304800}{DT} \quad (12)$$

onde DT é o perfil sônico (lido no log).

Para determinação da Impedância Acústica foi utilizada a seguinte fórmula:

$$IA = RHOB \times V_p \quad (13)$$

onde RHOB é a densidade lida no log e  $V_p$  é a velocidade primária.

Para determinação da Refletividade da formação foi utilizada a seguinte fórmula:

$$R_{12} = \frac{IA_2 - IA_1}{IA_2 + IA_1} \quad (14)$$

onde, IA é a Impedância Acústica. Neste trabalho foi utilizado de dois em dois pontos para determinar a Refletividade da formação.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As associações e interpretações das equações utilizadas vinculadas aos conhecimentos de geologia e perfilagem, possibilitaram inferir que nas profundidades de 3030m à 3050m, 3083m à 3107,6m e 3181,4m à 3220m ocorre uma possível zona de acúmulo de hidrocarbonetos. Conforme apresentado no gráfico abaixo, o qual correlaciona as curvas de Nphi e Dphi, nos trechos em que ocorre cruzamento destas curvas foi estimado presença de óleo.

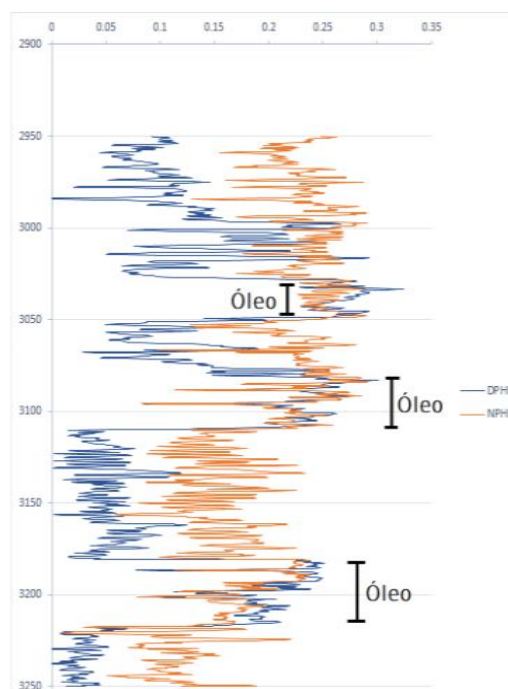


Figura 1: Determinação das zonas contendo óleo de acordo com a correlação entre as curvas Nphi e Dphi

Notou-se que algumas equações apresentaram melhor aplicação no estudo do poço, isto se deu ao fato da necessidade de considerar os parâmetros específicos da formação geológica na profundidade perfilada.

#### 4. CONCLUSÕES

A aplicação de métodos matemáticos associados as técnicas de perfilagem para o estudo do poço NA4 tornaram possível atingir o objetivo inicial: determinação das zonas com conteúdo de hidrocarbonetos (óleo). Nesse sentido, a utilização desses recursos permite a análise dos dados de uma forma rápida e eficiente, para que o modelo criado se aproxime das propriedades reais do reservatório.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Informática Educativa na Educação Matemática** – 2001 – Souza, Maria José,

**Fundamentos de Engenharia de Petróleo** - 2ª Ed. 2004 – Thomás, José Edurado. Acessado em: Theory, measurement, and interpretation of well logs – SPE Textbook Series Vol. 4 – Zaki Bassiouni.

**Perfilagem de poços de petróleo** – Edson Verissim – Janeiro de 2013. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/Ed2sverissimo/perfilagem-de-pocospetroleo>. Acesso em: 05/07/2019.

**Perfilagem de poços de petróleo** – Engenheiro de Petróleo José Eduardo <https://docplayer.com.br/23681663-Perfilagem-de-pocospetroleo-joseeduardo-ferreira-jesus-eng-de-petroleopetrobras-s-a.html>. Acesso em: 06/07/2019.