



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
FACULDADE DE GEOFÍSICA  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CIRO CLÍMACO RODRIGUES

**DETERMINAÇÃO DE LITOLOGIAS EM PERFIS ATRAVÉS  
DE MÉDIA-C FUZZY**

**Belém - Pará**

**2009**



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
FACULDADE DE GEOFÍSICA  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CIRO CLÍMACO RODRIGUES

## **DETERMINAÇÃO DE LITOLOGIAS EM PERFIS ATRAVÉS DE MÉDIA-C FUZZY**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Geofísica do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará - UFPA, em cumprimento às exigências para obtenção de Bacharel em Geofísica.

Orientador: André José Neves Andrade

**Belém - Pará**

**2009**

CIRO CLÍMACO RODRIGUES

## **DETERMINAÇÃO DE LITOLOGIAS EM PERFIS ATRAVÉS DE MÉDIA-C FUZZY**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Geofísica do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará - UFPA, em cumprimento às exigências para obtenção de Bacharel em Geofísica.

Data de Aprovação: \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_

Conceito:

Banca Examinadora

---

André José Neves Andrade – Orientador  
Doutor em Geofísica  
Universidade Federal do Pará

---

José Geraldo das Virgens Alves  
Mestre em Geofísica  
Universidade Federal do Pará

---

José Gouveia Luiz  
Doutor em Geofísica  
Universidade Federal do Pará

*A minha avó, Manuela  
dos Santos Rodrigues , com muito amor e carinho.*

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. André José Neves Andrade agradeço a oportunidade.

Ao convenio UFPA/ANP/PRH-06.

Aos meus pais, Roseana dos Santos Rodrigues e Rodrigues e Enio Benedicto Rodrigues

A minha Avó Manuela dos Santos Rodrigues.

A minha irmã Ana Manoela Rodrigues

Aos amigos, Manoel, Rodrigo, Caio pela construção de uma amizade sólida durante nesses quatros anos de curso.

Ao amigo Elyston que me convenceu fazer esse curso.

A minha companheira de laboratório Kivia Gomes

Ao meu amigo de sempre Carlos Prado neto.

A todos os professores do curso de geofísica.

A todas as pessoas que diretamente ou indiretamente contribuíram na confecção desse trabalho.

O insucesso é apenas uma  
oportunidade para recomeçar de novo com mais inteligência.  
(Henry Ford)

## Resumo

O zoneamento litológico de um poço trata da identificação e da delimitação em profundidade, dos diversos tipos de rochas ou litologias perfuradas. Convencionalmente, o zoneamento é realizado a partir da descrição geológica dos testemunhos. Infelizmente, por motivos econômicos e por motivos técnicos as operações de perfilagem não são realizadas em todos os poços de um campo e são impraticáveis para o caso dos poços desviados de alto ângulo e para os poços horizontais.

Por sua vez todos os poços de um campo são perfilados, seja via cabo (wireline), ou por acoplamento a coluna de perfuração (LWD). Uma das principais necessidades para a realização da Avaliação de Formação e a informação sobre o zoneamento do poço, com a identificação da litologia e dos limites verticais das camadas de rochas reservatório. Na grande maioria das situações, a interpretação qualitativa dos perfis não possibilita a realização de um zoneamento completo, informando, apenas sobre a separação entre rochas selantes e rochas reservatório, não possibilitando a identificação de cada litologia reservatório, o que é imprescindível para o cálculo das reservas de hidrocarboneto.

Uma aproximação para a identificação litológica com o uso dos perfis geofísicos é o gráfico MN, que considera a litologia a partir das características físicas do mineral principal na composição da matriz rochosa. No entanto a utilização do gráfico MN requer uma interpretação previa e qualitativa dos perfis registrados em poço, que implica na realização de um zoneamento qualitativo por um interprete e impede a sua utilização para o auxílio no posicionamento da broca nas perfurações horizontais.

Neste trabalho de conclusão de curso apresenta-se um algoritmo inteligente baseado na média-C fuzzy para a realização do zoneamento litológico de um poço a partir da interpretação automática de um gráfico interpretativo tridimensional composto pelos parâmetros M, N e pelo perfil de raios gama natural. Os testes desta metodologia são apresentados utilizando os perfis e as descrições de testemunho de três poços do Campo de Namorado, na Bacia de Campos, Brasil

## **Abstract**

Well zoning treats with identification and depth delimitation of rock types or lithologies present in the wellbore. In most cases, well zoning is performed by visual geological description of cores. Unfortunately, due to economic and technical reasons the coring operations are not realized in all wells of a oil field, but, all wells are logged by wireline or LWD.

Formation evaluation needs information about well zoning, principally, lithologic identification of reservoir rocks. In many practical situations, visual well interpretation shows only the location of reservoir rocks and shale and do not discriminate among reservoir lithologies, this information is important for hydrocarbon reserve calculation.

A classic method for lithologic identification using wireline logs is the M-N plot, which use the physics properties of the main mineral in the rock matrix. Nevertheless, the M-N plot needs a previous log interpretation, that depends on human expertise, which prevents its use in real time to help in drilling operations of horizontal wells..

In this work we show an intelligent algorithm based in fuzzy C-means able to perform an automatic well zoning by interpreting a z-plot with M, N parameters and natural gamma ray log. This methodology is testes with conventional wireline logs from three wells in Namorado oil field, Campos Basin, Brazil.

# SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	12
2. GRÁFICO MN .....	13
2.1. DETERMINAÇÃO DO PARÂMETRO N .....	13
2.2. DETERMINAÇÃO DO PARÂMETRO M.....	15
2.3. INDEPENDÊNCIA DA POROSIDADE .....	16
3. MÉDIA-C FUZZY.....	19
4. METODOLOGIA.....	20
5. RESULTADOS .....	27
5.1. POÇO A .....	27
5.2 POÇO B .....	31
5.3 POÇO C .....	35
6. CONCLUSÕES .....	39
7. REFERÊNCIAS.....	40

## FIGURAS

Figura 1 - Gráfico $\phi_n - \rho$ (perfil neutrônico – perfil densidade).....	13
Figura 2 - Gráfico $\Delta t - \rho$ (perfil sônico – perfil densidade).....	15
Figura 3 - Gráfico MN.....	18
Figura 4 - perfil sintético.....	20
Figura 5 - Gráfico MN do perfil sintético.....	21
Figura 6 - Z-Plot.....	22
Figura 7 - Gráfico MN com os pontos da média-C fuzzy.....	23
Figura 8 - Perfil de apresentação do zoneamento do poço.....	23
Figura 9 - zoneamento dos dados sintéticos.....	24
Figura 10 - Perfis do poço A.....	26
Figura 11 - Z-plot Poço A.....	27
Figura 15 - Zoneamento do Poço A.....	28
Figura 13 - Perfis do Poço B.....	30
Figura 14 - Z-Plot do Poço.....	31
Figura 15 - Zoneamento do Poço B.....	32
Figura 16 - Perfis do Poço C.....	34
Figura 17 - Z-Plot do Poço C.....	35
Figura 18 - Zoneamento do Poço C.....	36

## TABELAS

Tabela 1 – Valores dos perfis neutrônico e de densidade.....	13
Tabela 2 – Valores dos perfis sônico e de densidade.....	15
Tabela 3 – Valores dos parâmetros M e N.....	17
Tabela 4 – Convenção adotada para a resposta do algoritmo.....	24

## 1. INTRODUÇÃO

A geofísica de poço é a parte da geofísica aplicada, que tem como objetivo medir, através de técnicas especializadas, propriedades físicas das rochas vizinhas a um poço. Essas propriedades físicas depois de devidamente processadas podem ser usadas para a determinação das propriedades petrofísicas das rochas perfuradas.

O modelo de rocha adotado pela geofísica de poço assume uma rocha composta por porcentagens ou frações de matriz (mineral), de fluido e outra de argila. A quantidade de porosidade na rocha pode alterar as propriedades petrofísicas de uma rocha para outra de mesma matriz havendo assim uma ambiguidade na interpretação do dado bruto. A lei que rege esse fenômeno é a equação geral dos perfis de porosidades.

Ao passar dos anos, os geocientistas foram desenvolvendo técnicas para a redução dessa ambiguidade. Algumas dessas técnicas são baseadas em soluções matemáticas que reduzem ou atenuam a dependência da medida as variações das porcentagens de argila ou da porosidade nas rochas.

Um recurso matemático que reduz a porosidade de uma rocha é o gráfico MN. O gráfico MN atua simplificando a equação geral dos perfis de porosidade através de operações de divisão usando os perfis de densidade, neutrônico e sônico.

O uso de meios computacionais na interpretação de perfis geofísicos de poço é cada dia mais frequente na indústria do petróleo. Vários tipos de algoritmos computacionais têm sido empregados na geofísica de poço. Esses algoritmos vão desde redes neurais até algoritmos genéticos. Média-C fuzzy tem sido muito usada em vários ramos da engenharia e ciência.

## 2. GRÁFICO MN

O gráfico MN é uma solução gráfica para identificação da litologia, com a atenuação do efeito da porosidade, ou quantidade de fluido na rocha. Ele consiste na associação do perfil sônico com o perfil de porosidade neutrônica e o perfil de densidade, de tal forma que a porosidade não altere a resposta às litologias das rochas perfuradas.

### 2.1. DETERMINAÇÃO DO PARÂMETRO N

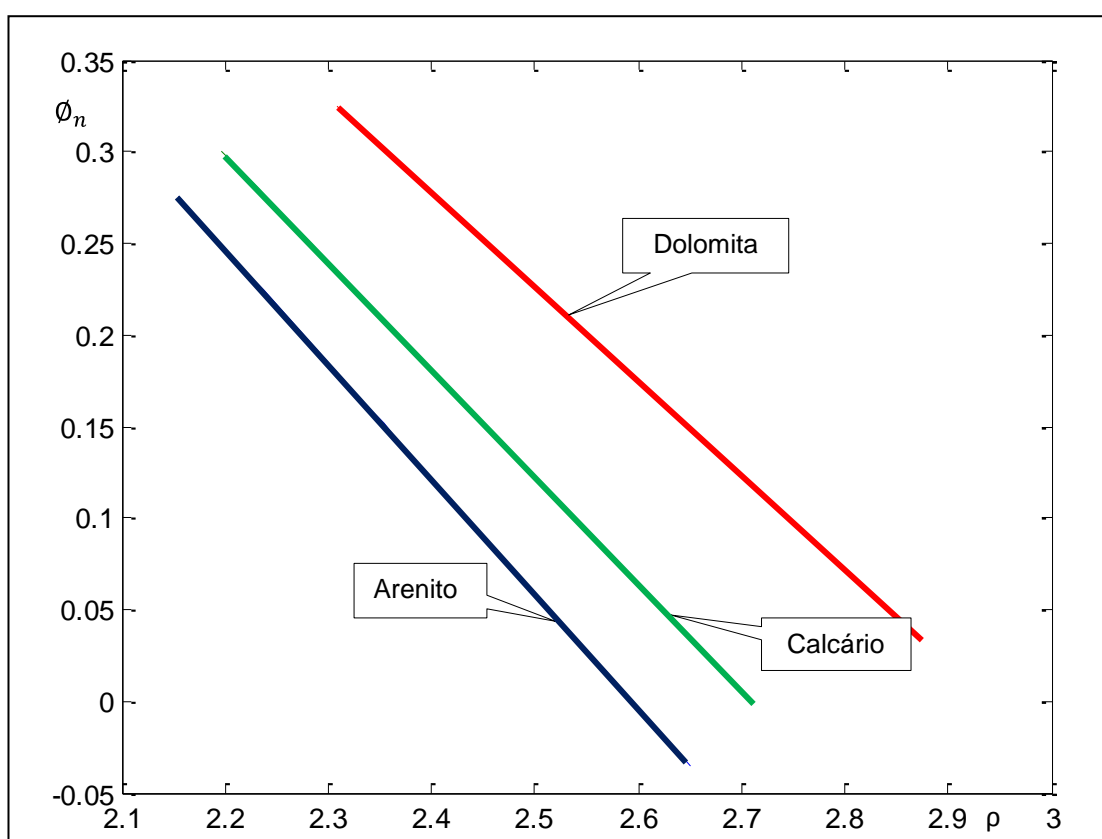


Figura 1 – Gráfico  $\phi_n - \rho$  (perfil neutrônico – perfil densidade).

Na Figura 1, o segmento de reta azul é o segmento que representa o arenito, o segmento de reta verde representa o calcário e o segmento de reta vermelho representa a dolomita.

A partir da equação geral dos perfis de porosidade, na forma:

$$P = P_B + (1 - \phi)P_w \quad (1)$$

$$P_b = \phi P_w + (1 - \phi) P_m \quad (2)$$

$$P_n = \phi \phi_{nw} + (1 - \phi) \phi_{nm} \quad (3)$$

Em que  $P$  é o perfil geral  $P_B$  é o perfil da matriz pura,  $P_w$  é o perfil da água,  $\phi$  é o perfil de porosidade,  $P_w$  é o perfil de densidade da água,  $P_m$  é o perfil de densidade da matriz pura,  $\phi_{nw}$  é o perfil neutrônico da água e  $\phi_{nm}$  é o perfil neutrônico da matriz pura.

Ao substituir a porosidade da equação 2 na equação 3. temos:

$$\phi_n = \left( \frac{\phi_{nw} - \phi_{nm}}{\rho_m - \rho_w} \right) \rho_b - \left( \frac{\phi_{nw} - \phi_{nm}}{\rho_m - \rho_w} \right) \rho_m + \phi_{nm} \quad (4)$$

A equação 4 é exatamente a equação da reta ao se deduzir por geometria analítica.

Nessa equação, devemos desprezar o coeficiente linear da reta, pois uma rocha real não pode ter a densidade igual à zero. Logo, o que distingue uma reta de outra reta é seu coeficiente angular que é chamado de N.

$$N = \frac{\phi_{nw} - \phi_{nm}}{\rho_m - \rho_w} \quad (5)$$

Tabela 1 – Valores dos perfis neutrônico e de densidade.

Matriz (mineral)	Densidade ( $g/cm^3$ )	Porosidade Neutrônica
Quartzo	2.65	-0.035
Calcita	2.71	0.000
Dolomita	2.87	-0.035

Fonte: Adaptado de Burke, Campbell, Smith; SPWLA (1967).

## 2.2. DETERMINAÇÃO DO PARÂMETRO M

Ao avaliar o gráfico densidade-sônico (Figura 2), é observado que os pontos de mesma matriz e diferentes porosidades pertencem a um mesmo segmento de reta com os extremos representados pelo ponto que tem cem por cento de matriz e o ponto que tem cem por cento de porosidade.

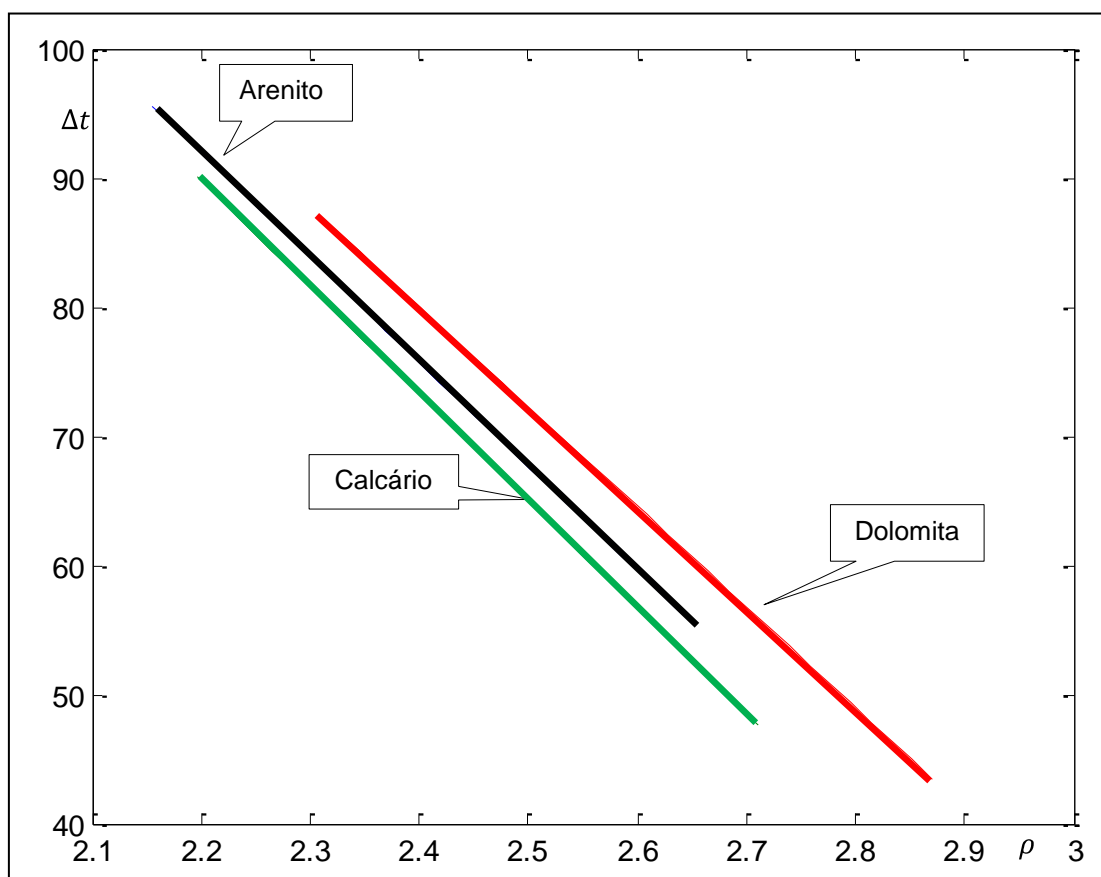


Figura 2 – Gráfico  $\Delta t - \rho$  (perfil sônico – perfil densidade).

Em que o segmento de reta azul é o segmento que representa o arenito, o segmento de reta verde representa o calcário e o segmento de reta vermelho representa a dolomita. A partir da equação geral dos perfis de porosidade (equação 2), tem-se:

$$t_b = \phi t_w + (1 - \phi) t_m \quad (6)$$

Em que  $t_w$  é o perfil Sônico da água e  $t_m$  é o perfil sônico da matriz pura.

Ao substituir a porosidade da equação 2 na equação 5. Temos:

$$t = \left( \frac{t_w - t_m}{\rho_m - \rho_w} \right) \rho_b - \left( \frac{t_w - t_m}{\rho_m - \rho_w} \right) \rho_m + t_m \quad (7)$$

A equação 7 é exatamente a equação da reta ao se deduzir por geometria analítica.

Nessa equação, devemos desprezar o coeficiente linear da reta, pois uma rocha real não pode ter a densidade igual a zero. Logo, o que distingue uma reta de outra reta é seu coeficiente angular que é chamado de M.

$$M = \frac{t_w - t_m}{\rho_m - \rho_w} \quad (8)$$

Tabela 2 – Valores dos perfis sônico e de densidade.

Matriz (mineral)	Densidade	Sônico
Quartzo	2.65	55.5
Calcita	2.71	47.6
Dolomita	2.87	43.5

Fonte: Adaptado de Burke, Campbell, Smith; SPWLA (1967).

### 2.3. INDEPENDÊNCIA DA POROSIDADE

Na Figura 1 e 2, as rochas eram representadas por uma reta, entretanto no gráfico M-N as rochas são representadas por pontos, pois não existe nenhum elemento que varie, pois aplicando a equação 2, e 3 em “N” tem-se:

$$N = \frac{\phi_{nm} + \phi \phi_{nm} + (1 - \phi) \phi_{nm}}{(\phi \rho_w + (1 - \phi) \rho_w) - \rho_w} \quad (9)$$

$$N = \frac{(1 - \phi)(\phi_{nw} - \phi_{nm})}{(1 - \phi)(\phi_m - \phi_w)} \quad (10)$$

O que resulta em uma formula matemática livre de porosidade:

$$N = \frac{\phi_{nw} - \phi_{nm}}{\phi_m - \phi_w} \quad (11)$$

Fazendo o mesmo em M:

$$M = \frac{t_m + \phi t_m + (1 - \phi)t_m}{(\phi \rho_w + (1 - \phi)\rho_w) - \rho_w} \quad (12)$$

Logo:

$$M = \frac{(1 - \phi)(t_w - t_m)}{(1 - \phi)(\phi_m - \phi_w)} \quad (13)$$

$$M = \frac{t_w - t_m}{\phi_m - \phi_w} \cdot 0,01 \quad (14)$$

Tabela 3 – Valores dos parâmetros M e N.

<b>Mineral</b>	<b>Composição</b>	<b>M</b>	<b>N</b>
Quartzo	SiO <sub>2</sub>	0.81	0.64
Calcita	CaCO <sub>3</sub>	0.83	0.59
Dolomita	CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0.78	0.49
Anidrita	CaSO <sub>4</sub>	0.70	0.50
Gesso	CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	1.01	0.30
<b>Argilominerals</b>			
	Ilita	0.6	0.49
	Caolinita	0.6	0.45
	Smectita	0.6	0.50

Fonte: Adaptado de Burke, Campbell, Smith; SPWLA (1967).

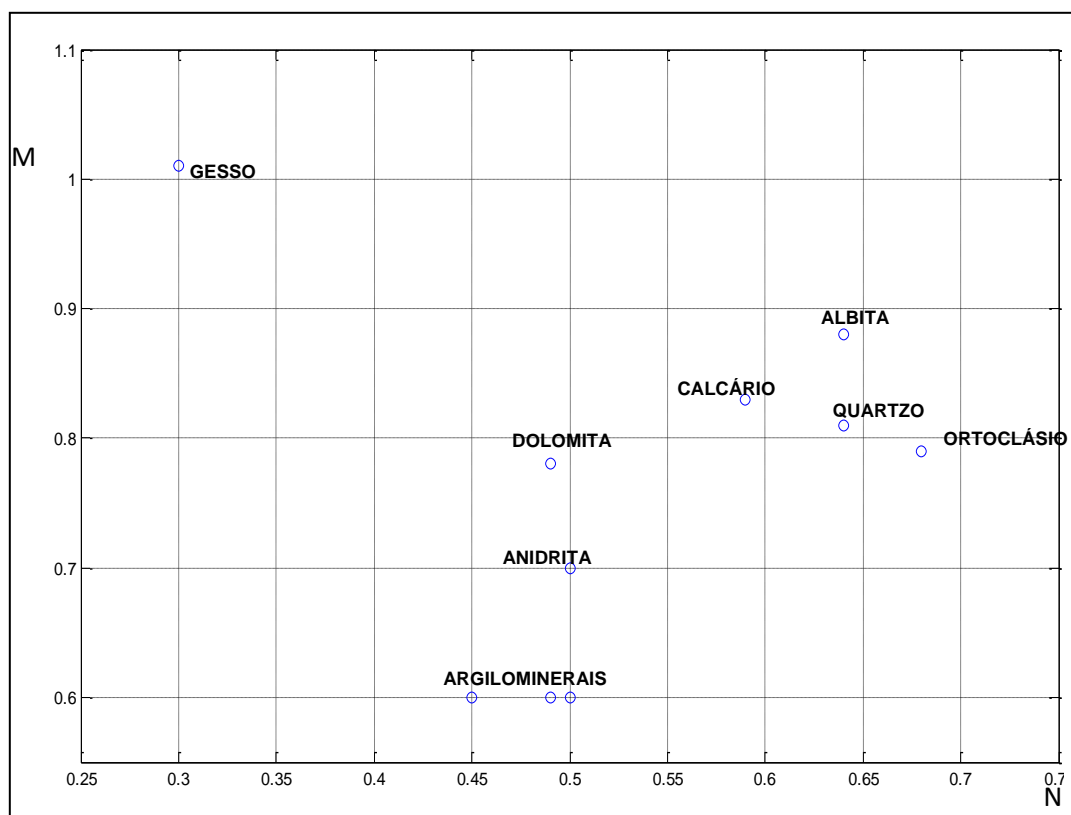


Figura 3 – Gráfico MN

### 3. MÉDIA-C FUZZY

Na matemática, a lógica é uma ciência em que se estuda, através de diversas operações, as proposições ou o conjunto de proposições se elas são falsas ou verdadeiras. A lógica booleana é a parte da lógica que consiste aplicar a teoria da lógica em equações algébricas e na teoria dos conjuntos.

Na lógica Booleana, o principal axioma diz que o valor mínimo a se considerar é o 0, zero, que é valor que representa o falso, e o valor máximo a se considerar é 1,um, que é o valor que representa o falso verdadeiro. A lógica booleana é base da teoria da computação binária e de toda a linguagem de programação computacional.

A lógica fuzzy é a parte da lógica Booleana que considera os valores 0 e 1 e os valores intermediários como 0,5; 0,071 entre outros. Esses números intermediários representam valores como por exemplo o médio, o quase falso ou quase verdadeiro.

Media-C fuzzy é uma aplicação da lógica fuzzy no espaço Euclidiano. Ela consiste em calcular o centro de gravidade de um conjunto de pontos chamado de nuvem. Esse centro de gravidade é calculado através de um algoritmo computacional que minimiza a função J que é representada pela seguinte formula:

$$J = \sum_{i=1}^c \sum_{k=1}^N u_{ik}^p \|x_k - v_i\|^2 \quad (15)$$

$$\sum_{i=1}^c u_{ik} = 1, u_{ik} \in [0,1]; 0 < \sum_{k=1}^N u_{ik} < N \quad (16)$$

Em que c é o numero de nuvens, N é o numero de pontos plotados, u é o peso de cada ponto, x é a coordenada dos pontos, v é a coordenada de cada centro de gravidade e p é o validador exponencial na média-c fuzzy.

#### 4. METODOLOGIA

Ao se plotar perfis sintéticos que são produzidos a partir de variação dos parâmetros na equação geral dos perfis de uma rocha mono mineral selante ou reservatório notou-se que os perfis formavam nuvens ao redor de alguns pontos fixos no gráfico MN.

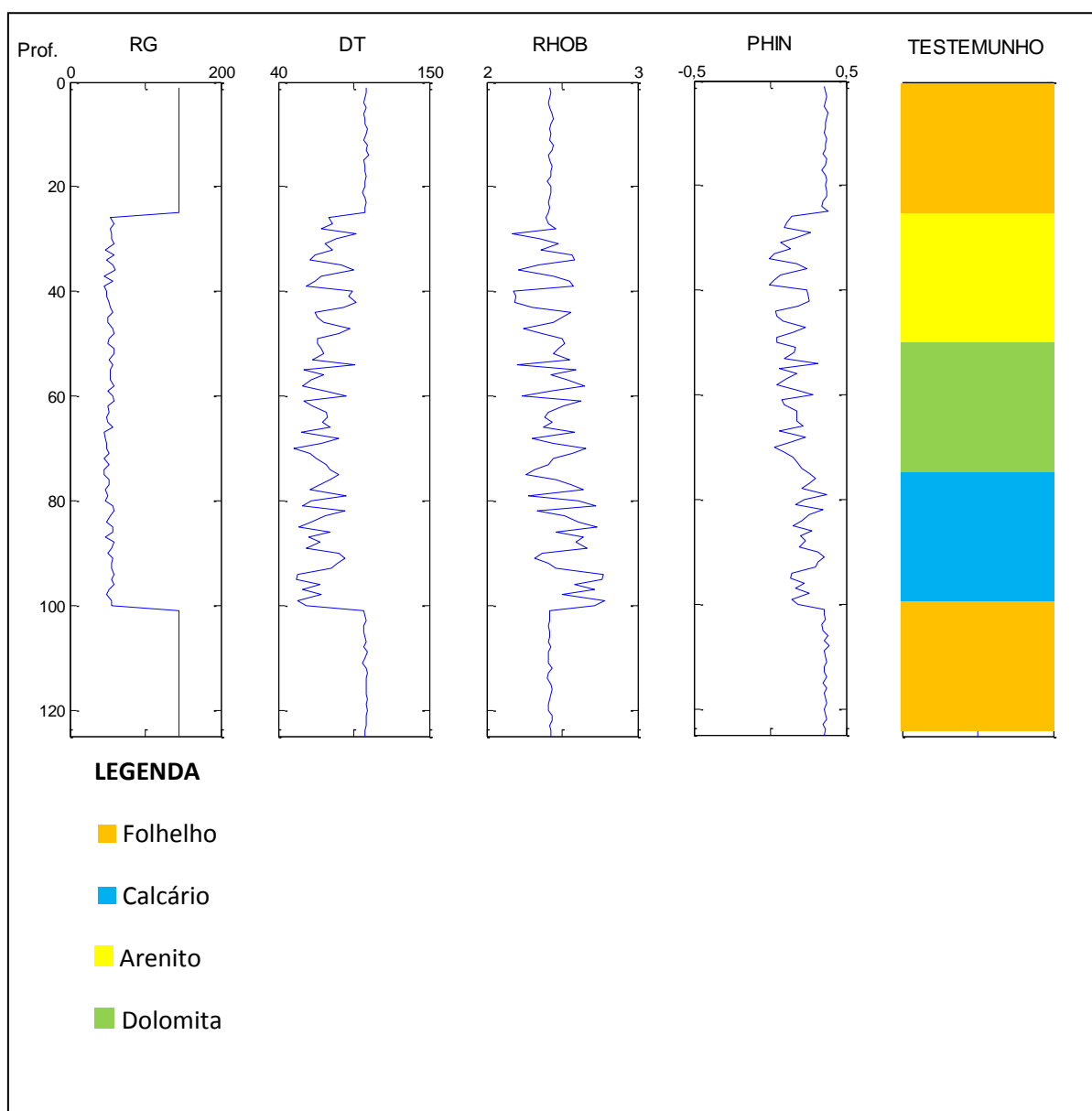


Figura 4 – perfil sintético

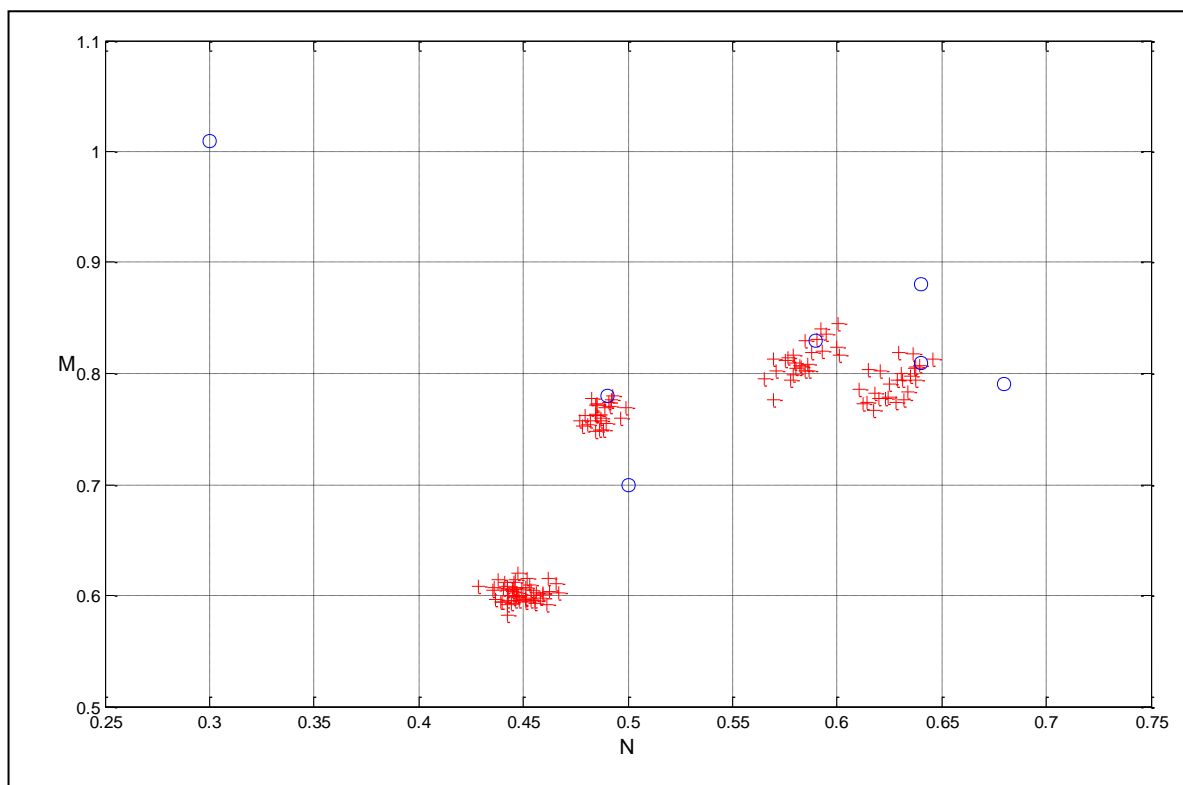


Figura 5 – Gráfico MN do perfil sintético

A Figura 4 mostra o perfil sintético de raio gama (RG), perfil sintético sônico (DT), perfil sintético de resistividade (RHOb) e o perfil sintético de densidade neutrônica (PHIn). Na Figura 5, as cruces vermelhas são o perfil sintético plotado no gráfico MN. A partir do estudo dessas nuvens, houve a necessidade de gerar um dado representativo da nuvem para que esse dado seja associado ao ponto fixo do gráfico MN. O dado representativo é o centro da média-C fuzzy.

Os dez pontos fixos calculados para o gráfico MN representam dez rochas mono minerais. O folhelho é uma rocha cuja descrição é granulométrica, ou seja, não há um mineral representativo deste, logo não há um ponto fixo, válido para todos os perfis, no qual podemos representar o folhelho, então a cada perfil submetido a metodologia tem-se que plotar um ponto fixo representativo do folhelho

O método utilizado para plotar o ponto representativo do folhelho é representado na Figura 6. O processo consiste em plotar o perfil do poço estudado em um gráfico tridimensional (Z-plot) com os parâmetros M, N e o perfil de raio gama, e desse dado em três dimensões se calculam 20 centros pela média-C fuzzy (pontos pretos). O ponto do folhelho é o centro da média-C fuzzy calculada que tem o maior valor no

parâmetro do perfil de raio gama e estiver mais próximo da região dos pontos dos argilominerais.

Após a determinação dos centros das nuvens pela média-C fuzzy, tem-se definida, para cada centro uma, função de pertinência, que avaliada para os pontos fixos do gráfico MN permite a classificação dos pontos do perfil, produzindo o zoneamento do poço.

O zoneamento gerado por este método adota uma convenção, como mostrada na Figura 8, para a classificação litológica, com base nos minerais presentes no Gráfico MN e apresentada na Tabela 4. Os centros cujas funções de pertinência apontam para os minerais quartzo, albita e ortoclásio correspondem a litologia arenito. Os centros cujas funções de pertinência apontam para os minerais calcita e dolomita são classificados com a litologia calcário, da mesma forma as funções de pertinência dos centros contendo os pontos da anidrita e do gesso são classificados como evaporitos e a função de pertinência do centro tomado como folhelho indica a litologia folhelho.

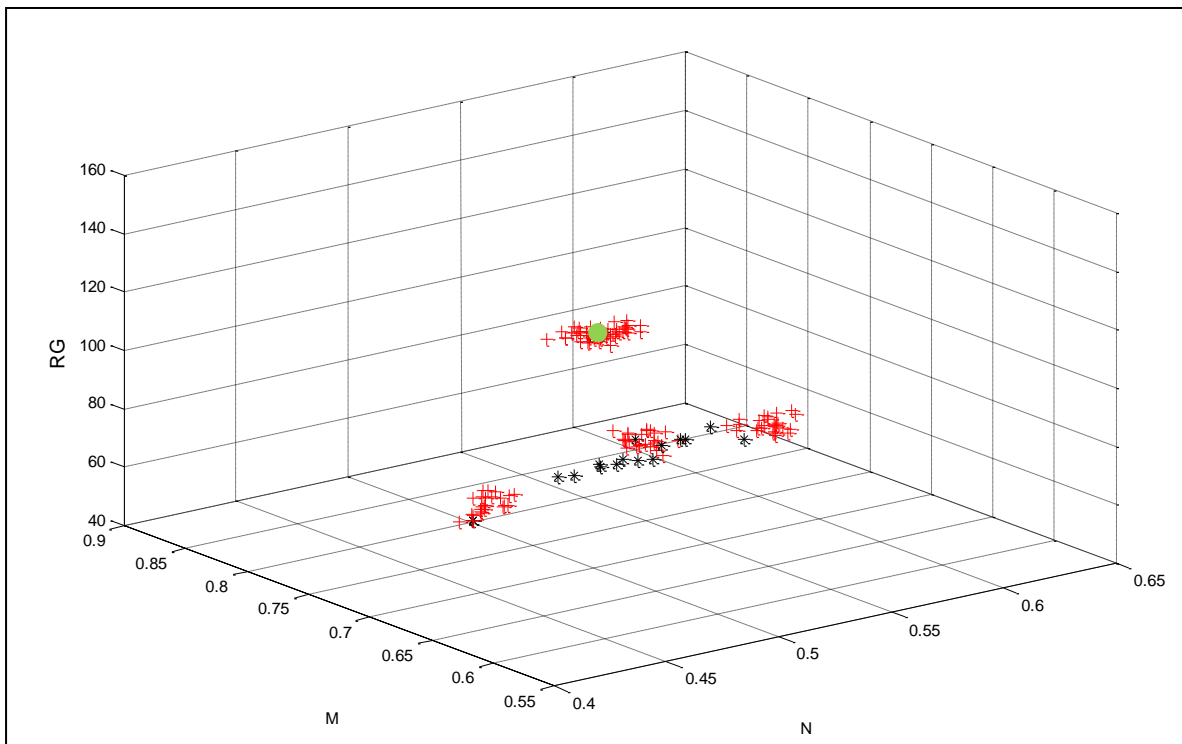


Figura 6 – Z-Plot

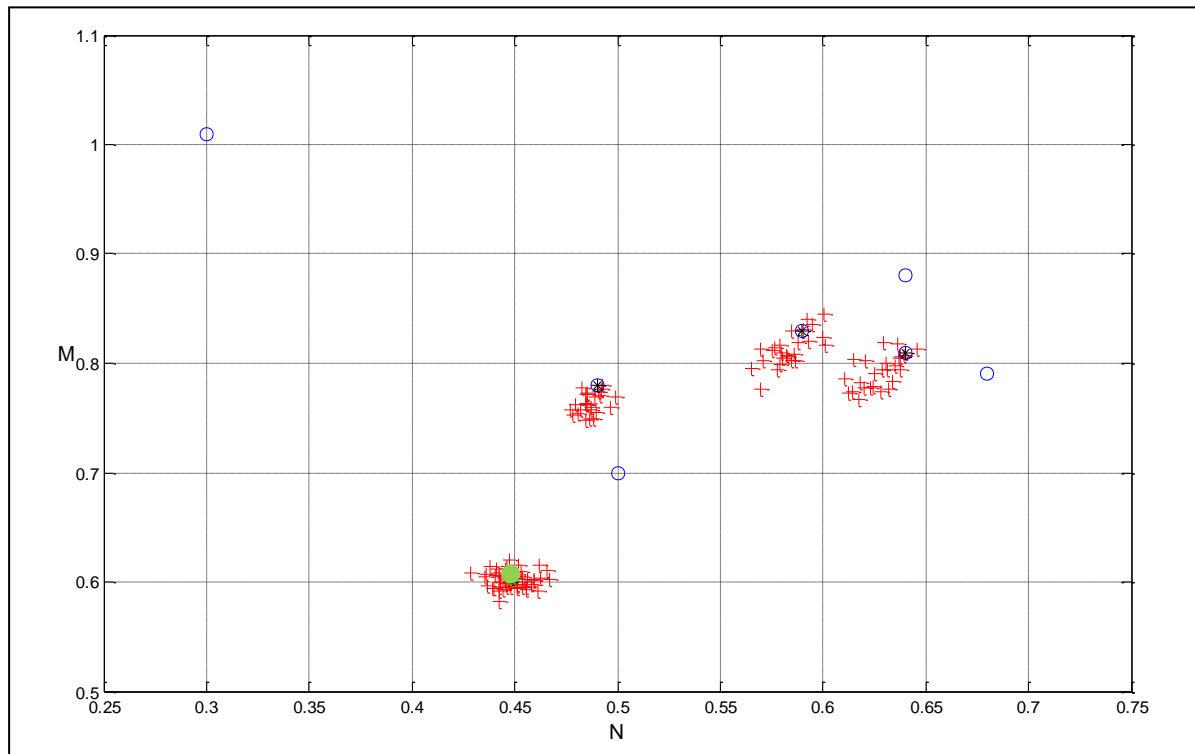


Figura 7 – Gráfico MN com os pontos da média-C fuzzy.

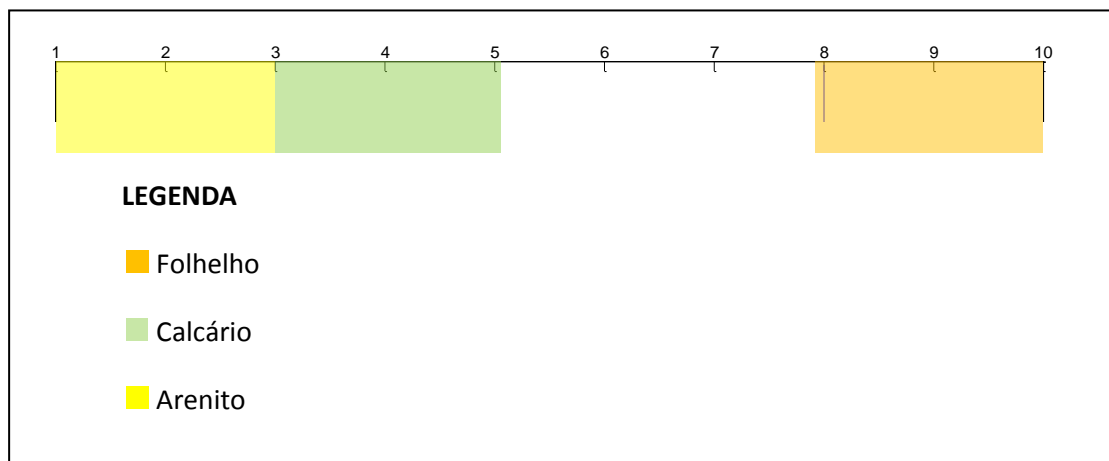


Figura 8 – Perfil de apresentação do zoneamento do poço.

Tabela 4 – Convenção adotada para a resposta do algoritmo

Número	Mineral	Litologia
1	Quartzo	
2	Albita	Arenito
3	Ortoclásio	
4	Calcita	Calcário
5	Dolomita	
6	Anidrita	Evaporitos
7	Gesso	
8	Folhelho	

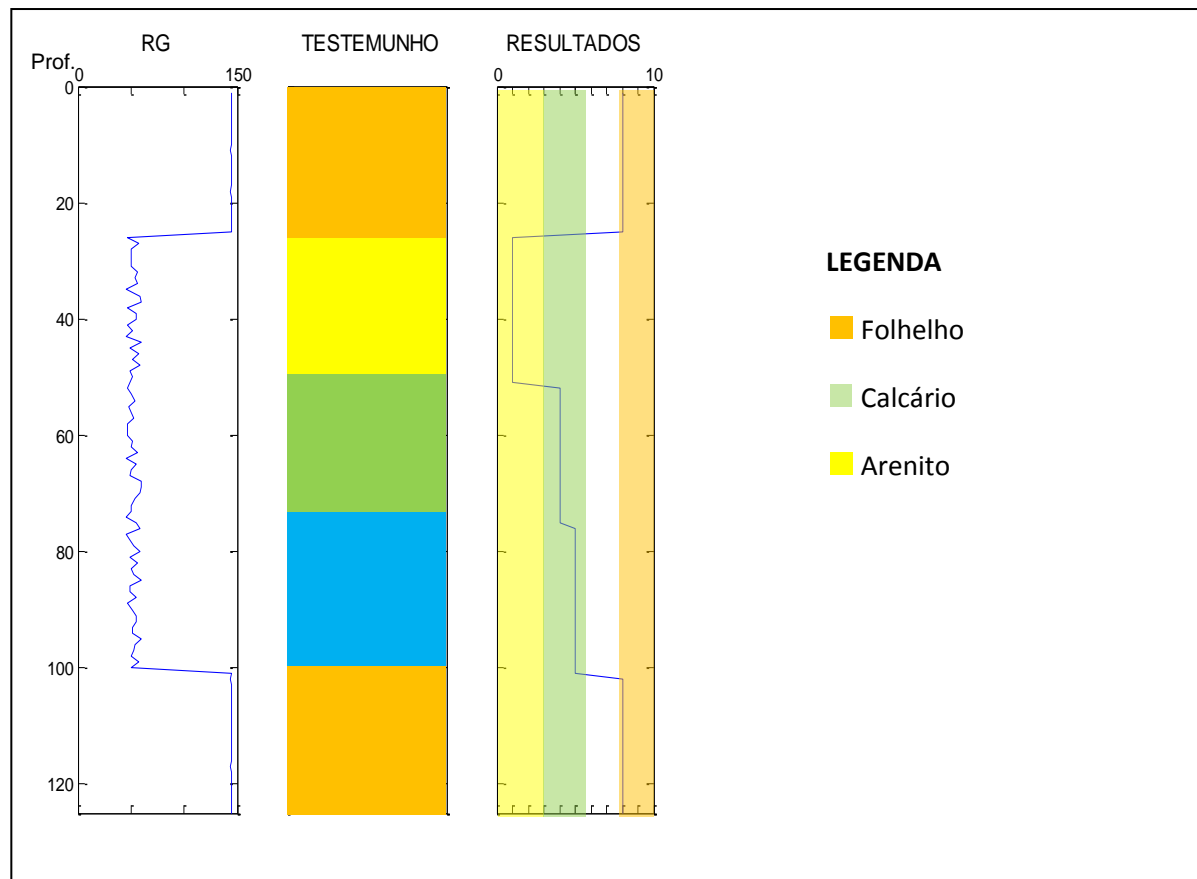


Figura 9 – zoneamento do dados sintéticos.

## 5. RESULTADOS

### 5.1. POÇO A

Para validar o uso do método descrito nesse trabalho, tem-se que verificar a eficiência da metodologia em perfis de poço reais. O método foi aplicado em três poços perfurados no campo de namorado, bacia de campos, Brasil. Os três poços estudados são convenientemente chamados de poço A (Figura 10), o poço B (Figura 13) e o poço C (Figura 16).

O poço A, perfis na Figura 10, será analisado os perfis referentes à profundidade entre 3015 e 3055 metros. Na análise qualitativa, os perfis do poço A não mostram quantas e quais litologias estão presentes no poço e unicamente pode se concluir que pode haver presença de folhelho na profundidade entre 3015 e 3039 metros, pois há uma anomalia no perfil de raio gama.

A Figura 10 mostra a análise de testemunho do poço A. Esse testemunho não é um dado de entrada no algoritmo, mas um dado de comparação visual entre o zoneamento feito pela análise de testemunho e o zoneamento gerado a partir do algoritmo e por consequente uma confirmação da funcionalidade da metodologia aqui descrita.

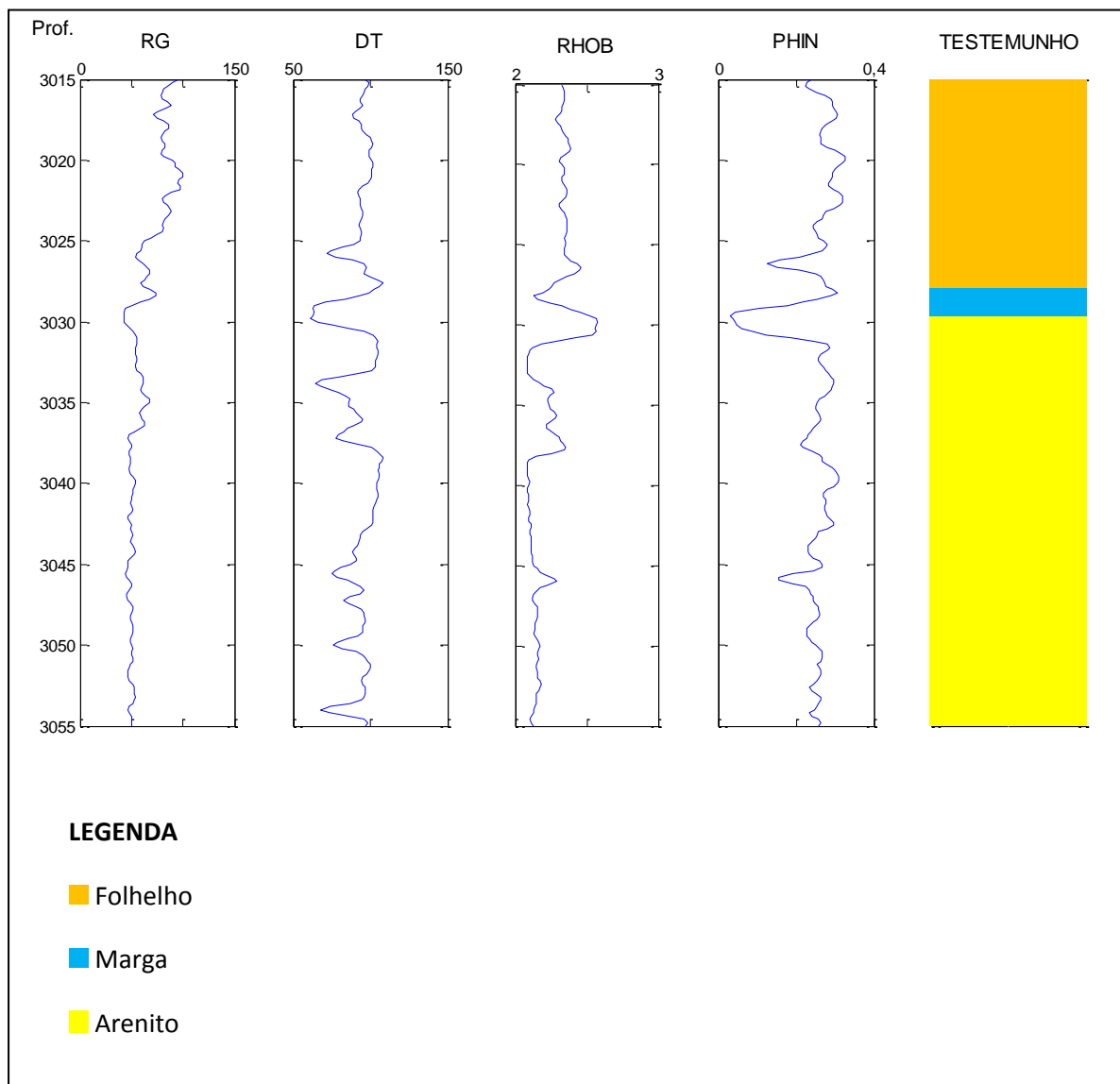


Figura 10 – Perfis do poço A

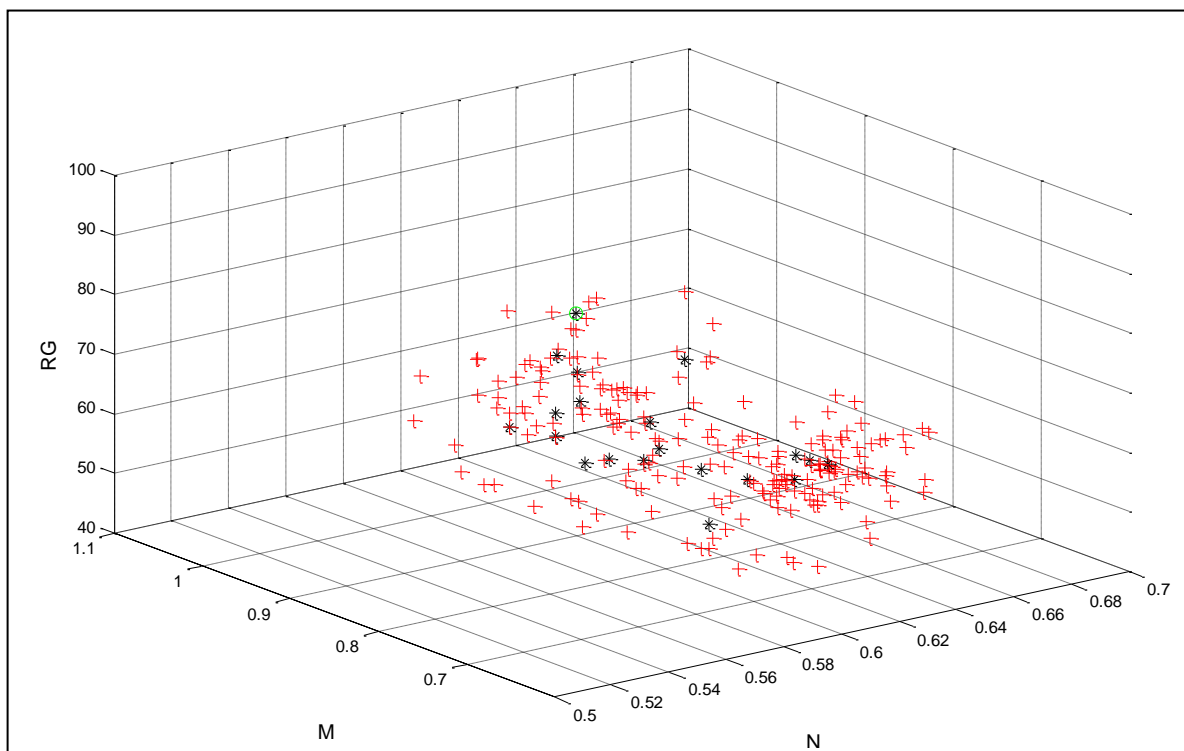


Figura 11 – Z-plot Poço A.

Na Figura 12, há o zoneamento feito pelo algoritmo em comparação ao perfil de raio gama e a análise de testemunho. Essa Figura mostra que a resposta do algoritmo mostra-se razoável, pois mostrou folhelho nas profundidades da anomalia do raio gama e na profundidade do folhelho no testemunho, calcário nas profundidades da margam e arenito nas profundidades do arenito.

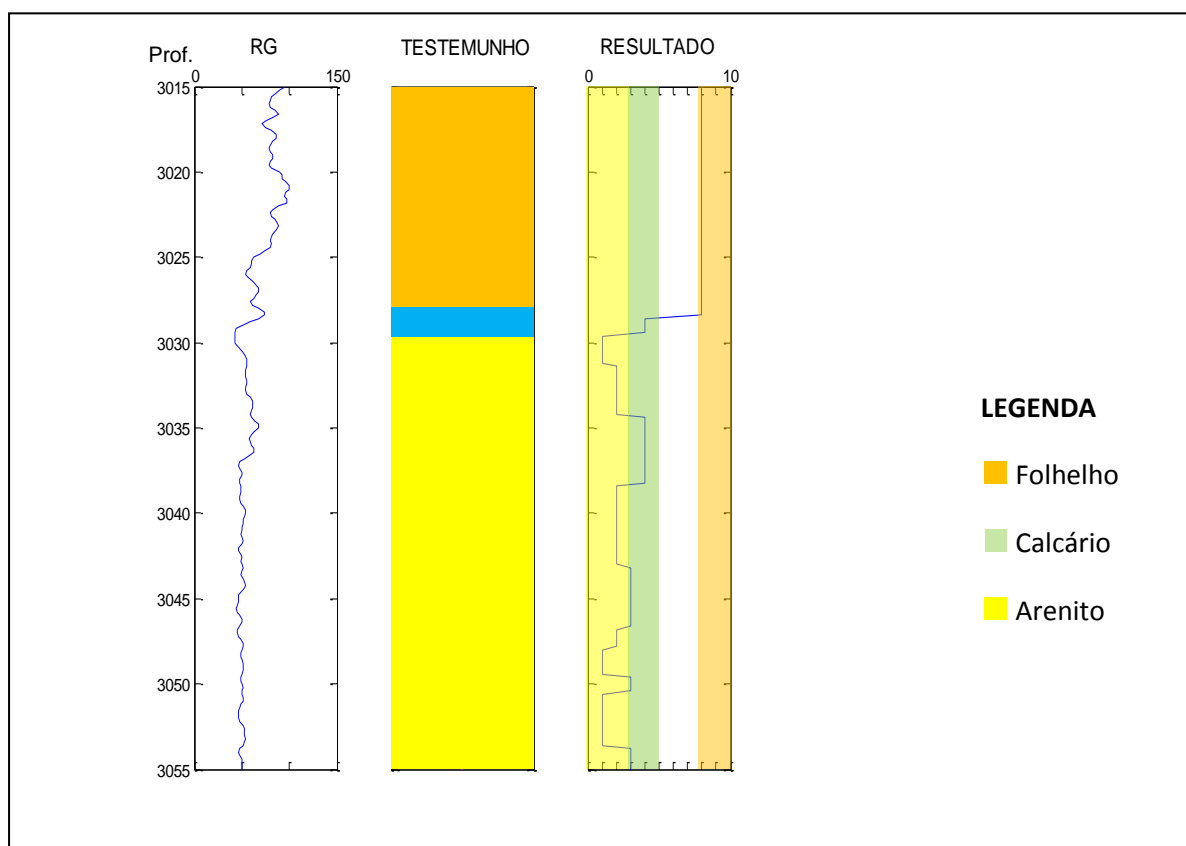


Figura 12 – zoneamento poço A

## 5.2 POÇO B

O poço B, perfis na Figura 13, será analisado os perfis referentes à profundidade entre 2095 e 3010 metros. Na análise qualitativa, os perfis do poço A não mostram quantas e quais litologias estão presentes no poço e unicamente pode se concluir que pode haver presença de folhelho na profundidade entre 2095 e 3010 metros, pois há uma anomalia no perfil de raio gama.

A Figura 13 mostra a análise de testemunho do poço B. Essa análise de testemunho nos mostra que há arenito entre 2987 e 3010 metros e folhelho entre 2975 e 2987 metros.

Na Figura 15, há o zoneamento feito pelo algoritmo em comparação ao perfil de raio gama e a análise de testemunho. Essa Figura mostra que a resposta do algoritmo mostra-se razoável, pois mostrou folhelho nas profundidades da anomalia do raio gama e na profundidade do folhelho no testemunho, calcário nas profundidades da margam e do arenito cimentado e arenito nas profundidades do arenito.

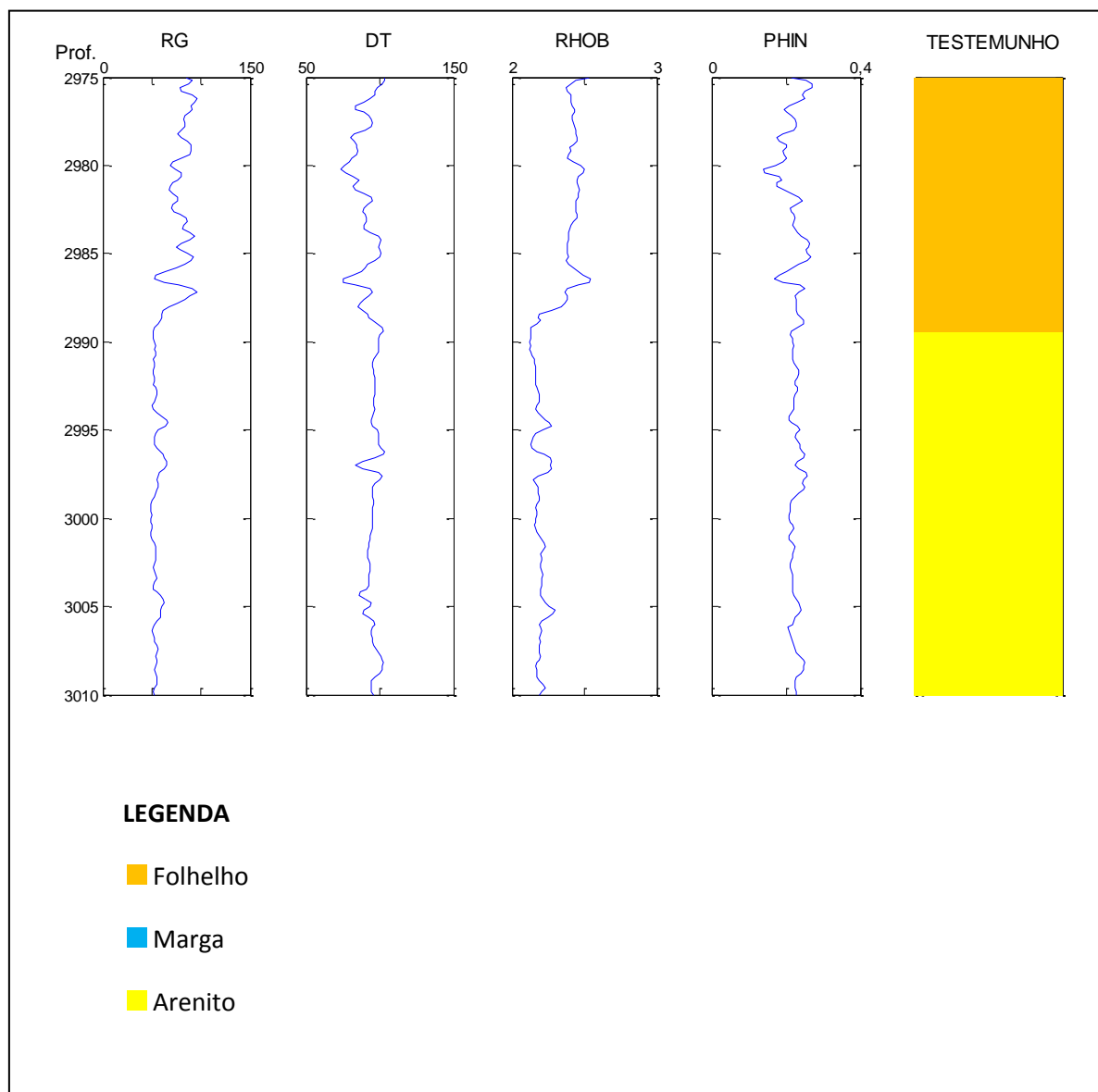


Figura 13 – Perfis do Poço B

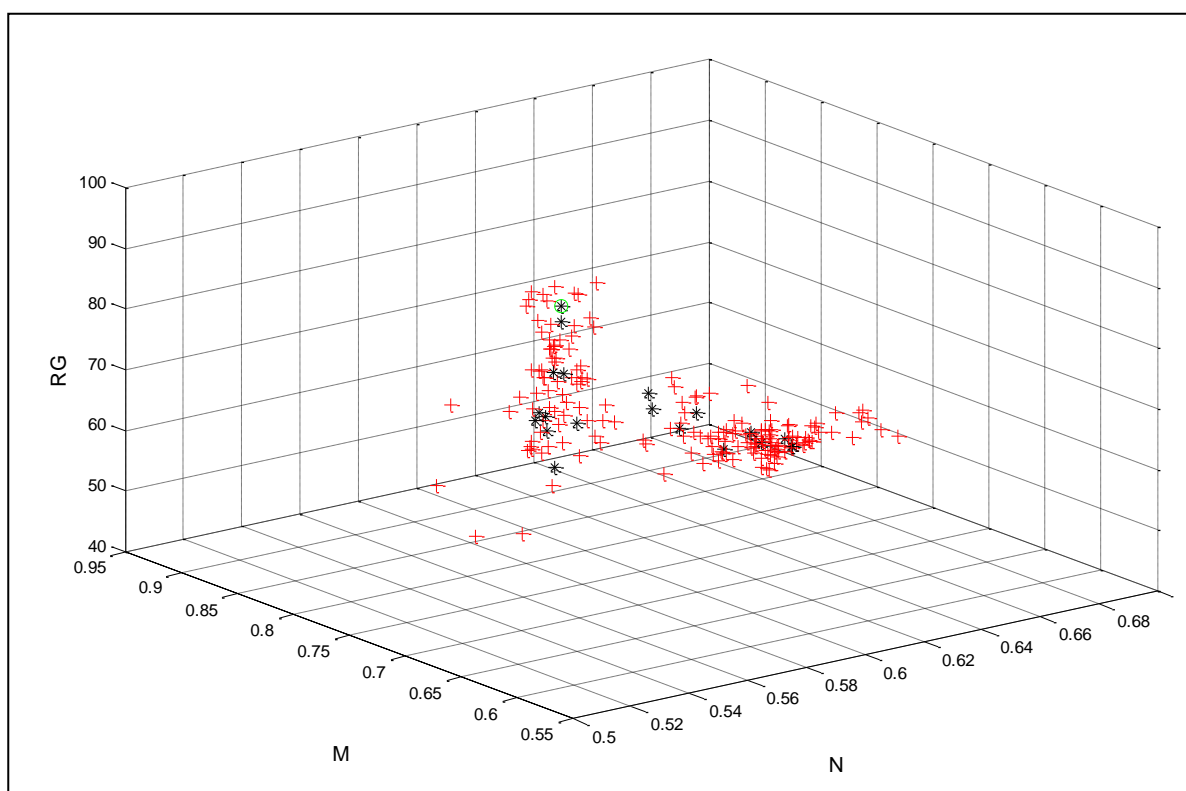


Figura 14 – Z-Plot do Poço B.

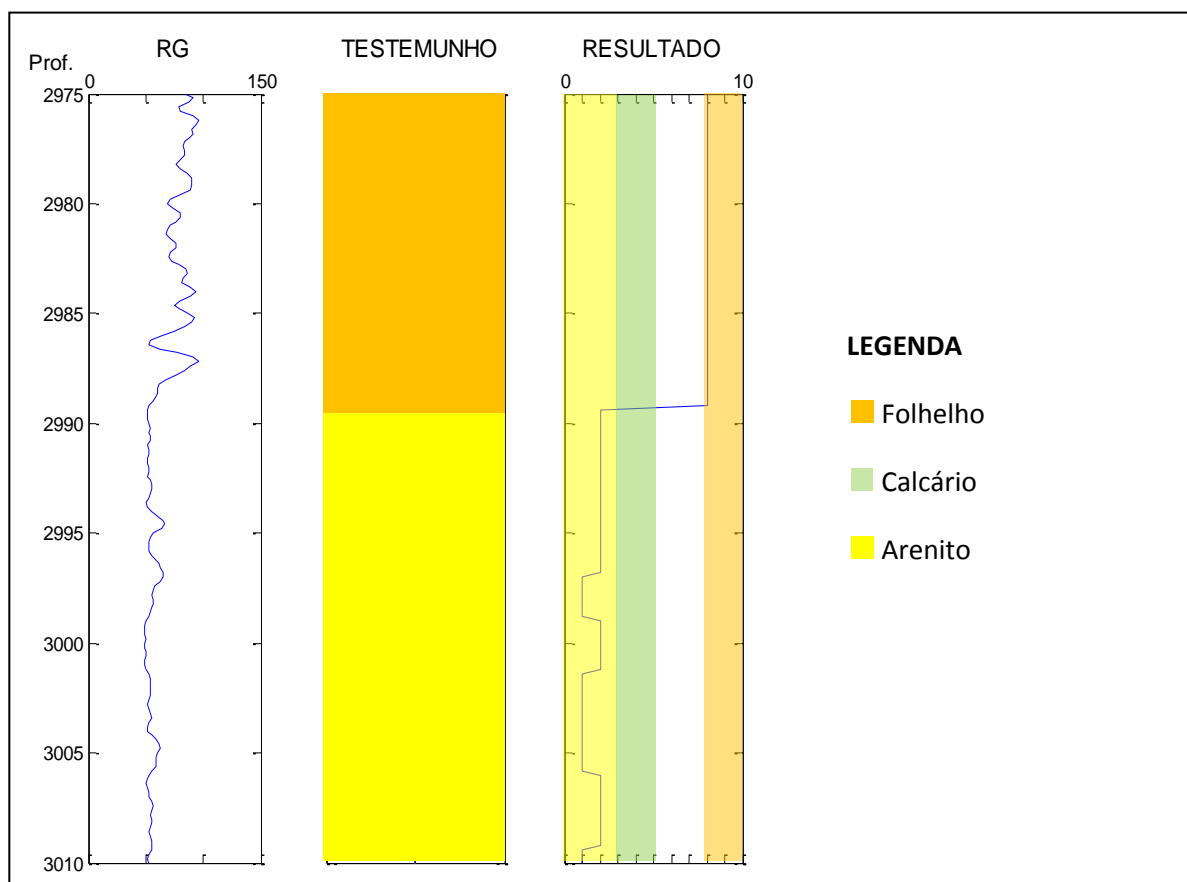


Figura 15 – Zoneamento do Poço B

### 5.3 POÇO C

O poço C, perfis na Figura 16, será analisado os perfis referentes à profundidade entre 3035 e 3070 metros. O perfil de raio gama desse poço ano mostra nenhuma anomalia referente à existência de um possível folhelho, entretanto a análise de testemunho mostra a existência de folhelho, ou seja, folhelho não radiativo.

A Figura 16 mostra a análise de testemunho do poço B. Essa análise de testemunho nos mostra que há arenito entre 3035 e 3049 metros, marga entre 3064 e 3068 metros e folhelho entre 3049 e 3064 metros e 3068 3 3070 metros.

A Figura 17 mostra valores baixos do perfil raio gama, o que mostra que o folhelho não é radioativo.

Na Figura 18, há o zoneamento feito pelo algoritmo em comparação ao perfil de raio gama e a análise de testemunho. Essa Figura mostra que a resposta do algoritmo mostra-se razoável, pois mostrou folhelho nas profundidades da anomalia do raio gama e na profundidade do folhelho no testemunho, calcário nas profundidades da marga e do arenito cimentado e arenito nas profundidades do arenito.

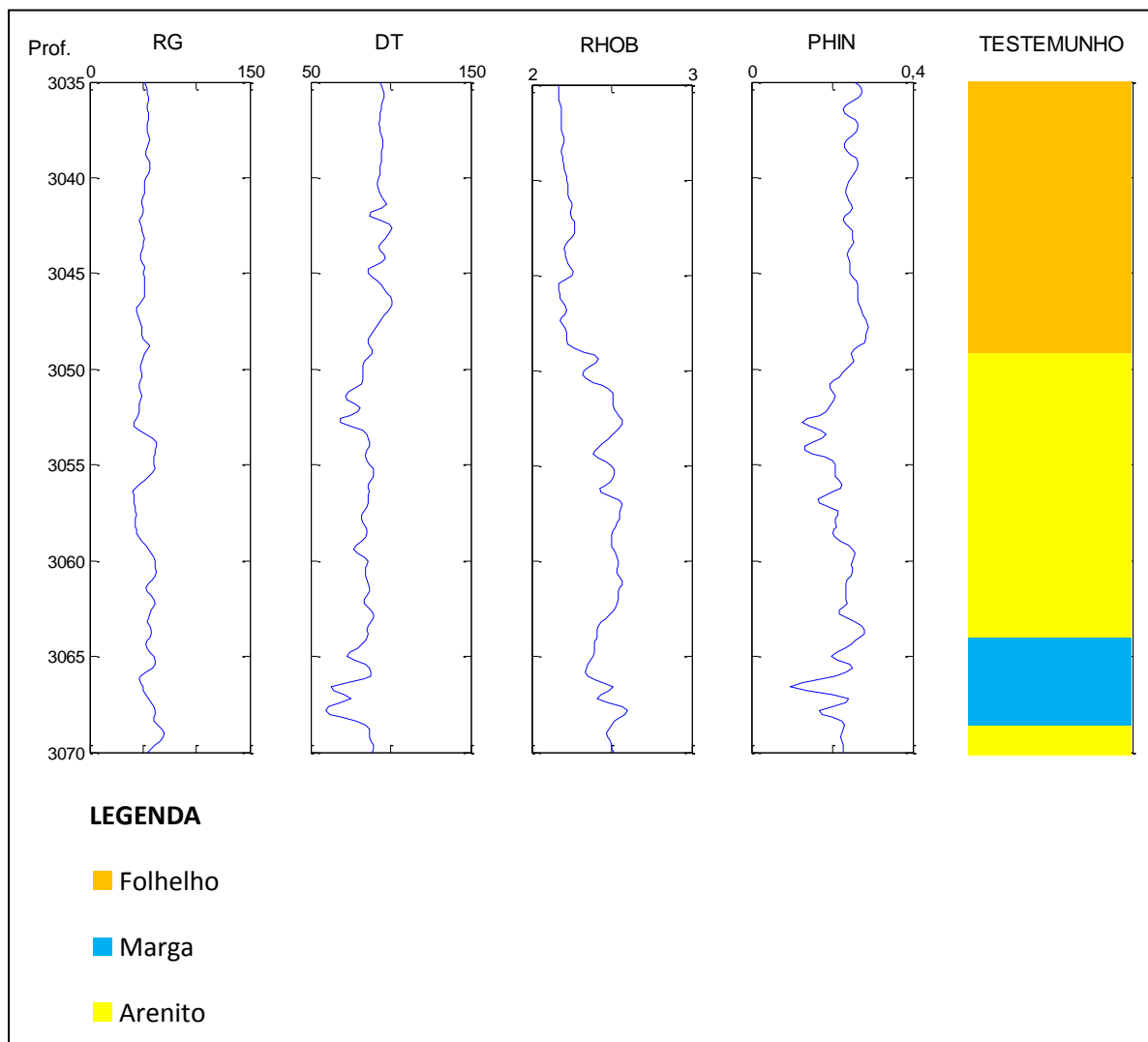


Figura 16- Perfis do Poço C.

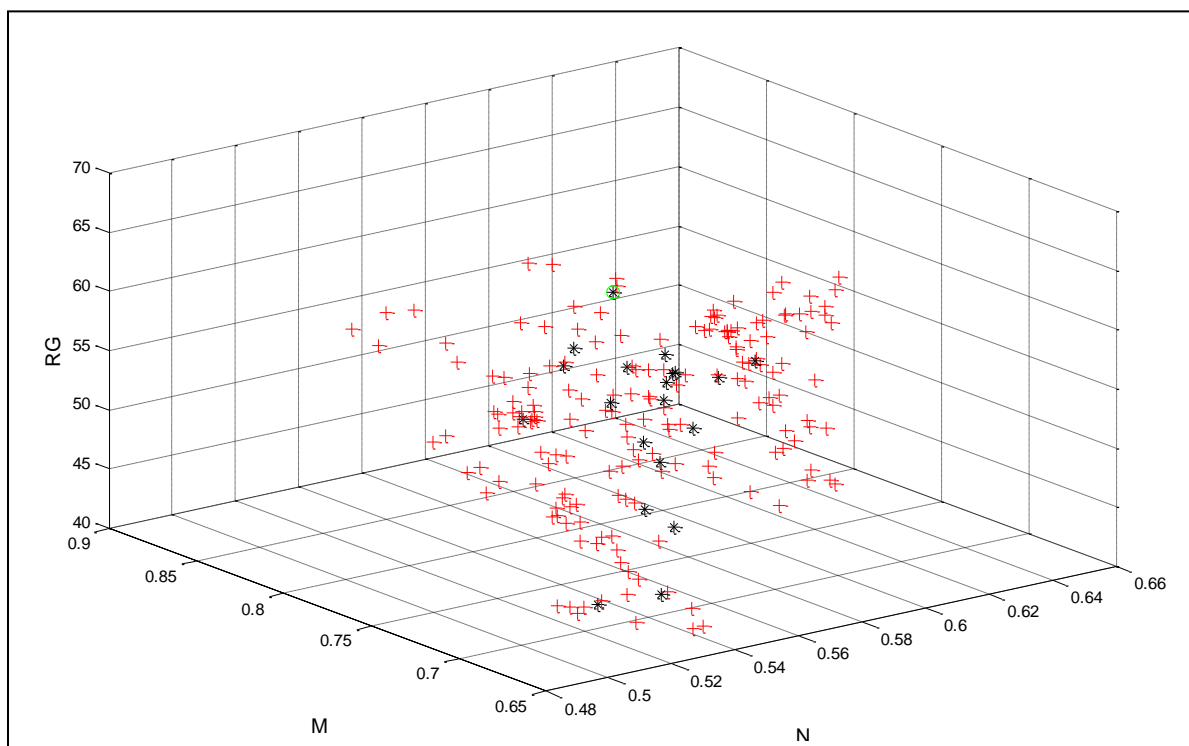


Figura 17 – Z-Plot do Poço C.

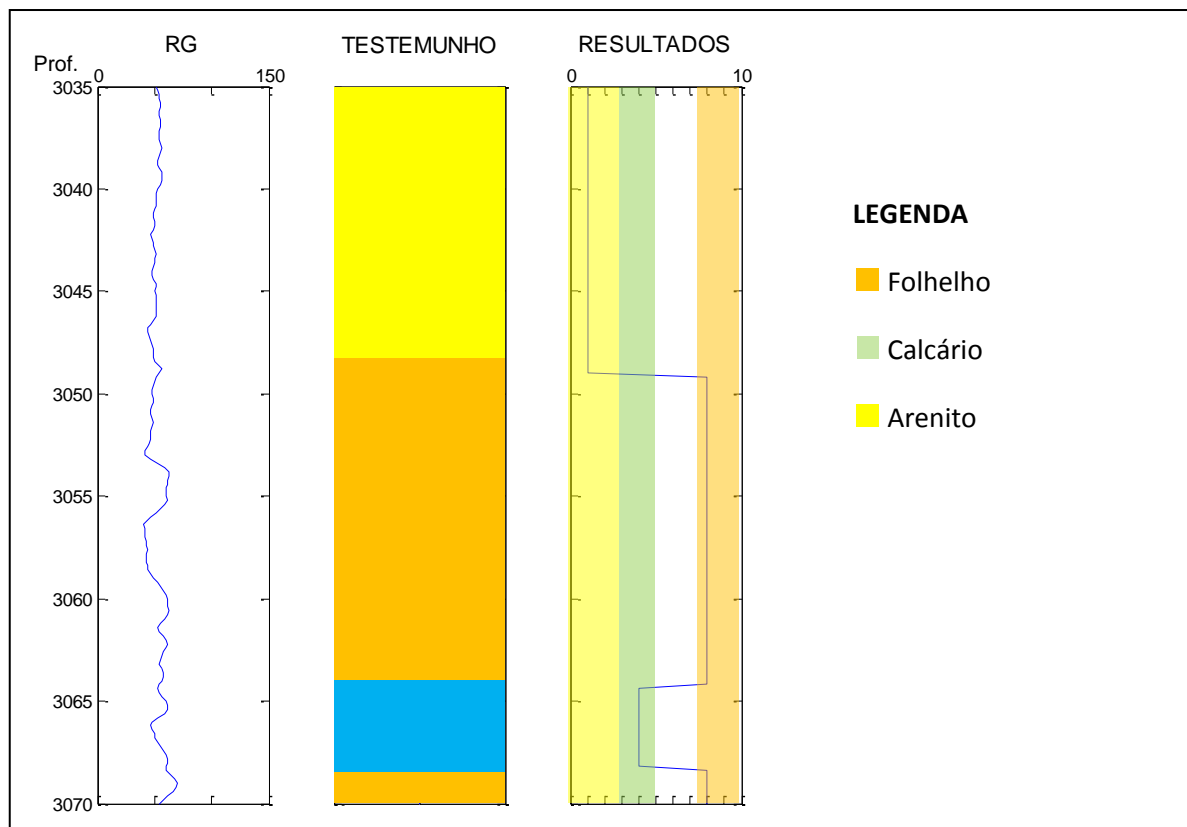


Figura 18 - Zoneamento do Poço C

## 6. CONCLUSÕES

O zoneamento litológico do poço realizado através da interpretação dos perfis é apenas uma aproximação que se pretende ser o mais realista possível. No entanto, este tipo de zoneamento pode nas situações de um cenário geológico complexo ficar distante do zoneamento produzido pela análise dos testemunhos. Basicamente pela resolução vertical das ferramentas e presença de ruído nos dados. No caso da interpretação do gráfico M-N os pontos reais apresentam um grande espalhamento em relação aos pontos fixos do gráfico em função da não satisfação da constituição da matriz ser mono mineral. Para efeitos práticos o método aqui apresentado mostrou-se suficientemente robusto para manipular dados com grande espalhamento, produzindo informação sobre o mineral principal que produz o zoneamento litológico, podendo ainda fornecer informações sobre as propriedades físicas da matriz, a ser utilizada para a produção do cálculo de valores mais realistas para a porosidade.

## 7. REFERÊNCIAS

J.A Burke, R.L Campbell & A.W Schmidt. The Litho-Porosity Cross-Plot: A Method of Determining Rock Characteristics for Computation of log Data. Paper apresentado no simpósio da SPLWA de 1969, Houston. Maio de 1969.

T. Ros., Fuzzy Logic with Engineering Applications, McGraw-Hill, New York, 1995.

M. Ramze Rezaee, B.P.F. Lelieveldt, J.H.C. Reiber. A New Cluster Validity Index for The Fuzzy C-mean. Pattern Recognition Letters. Outubro de 1997.

Wen-Liang Hung , Miin-Shen Yang , De-Hua Chen. Bootstrapping approach to feature-weight selection in fuzzy c-means algorithms with an application in color image segmentation. Pattern Recognition Letters. Fevereiro 2008.

Nikolaos A. Laskaris, Stefanos P. Zafeiriou. Beyond FCM: Graph-Theoretic Post-Processing Algorithms for Learning and Representing The Data Structure. Pattern Recognition Letters. Fevereiro 2008.

Doventon, Jonh H. Log Analysis of Subsurface Geology Concepts and Computer Methods. Jonh Wiley and sons. New York, 1985.

Renjie He, Sushmita Datta, Balasrinivasa Rao Sajja, Ponnada A. Narayana. Generalized Fuzzy Clustering for Segmentation of Multi-spectral Magnetic Resonance Images. Pattern Recognition Letters. Fevereiro 2008.

Wen-Liang Hung, Miin-Shen Yang, De-Hua Chen. Bootstrapping approach to feature-weight selection in fuzzy c-means algorithms with an application in color image segmentation. Pattern Recognition Letters. Fevereiro 2008.