

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOFÍSICA

GEO213 – TRABALHO DE GRADUAÇÃO

ESTUDO DAS VARIAÇÕES DOS SAIS TOTAIS DISSOLVIDOS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA REGIÃO DE CÍCERO DANTAS POR MEIO DE PERFIS GEOFÍSICOS

CAIO FÉLIX MATOS

SALVADOR – BAHIA 2013

Estudo das Variações dos Sais Totais Dissolvidos das Águas Subterrâneas na Região de Cícero Dantas por Meio de Perfis Geofísicos

por

CAIO FÉLIX MATOS

GEO213 – TRABALHO DE GRADUAÇÃO

Departamento de Geologia e Geofísica Aplicada

DO

Instituto de Geociências

DA

Universidade Federal da Bahia

Comissão Examinadora

MsC. Geraldo Girão Nery

Geol. Marco Antônio Lima Peixinho

Bel. Rimary Del Valle Valera Sifontes

Bel. Silvia Lorena Bejarano Bermudez

Data da aprovação: 04/04/2013

No meio da dificuldade encontra-se a oportunidade. (Albert Einstein)

Dedico este trabalho a todos que me ajudaram, de alguma forma, a concluir mais uma etapa de minha vida.

RESUMO

O estudo pretende o aprofundamento sobre o comportamento da qualidade das águas subterrâneas, situadas em sedimentos arenoporosos das formações São Sebastião e Marizal, existentes na região. Nesta pesquisa, é aplicado o método teórico proposto por Girão Nery (1996), que permite determinar a qualidade da água subterrânea através da Perfilagem Geofísica de Poços. Tal método consiste em relacionar a resistividade das águas (Rw) com o seu teor de Sais Totais Dissolvidos (STD), sendo expresso por uma função hiperbólica. Este método, quando aplicado numa mesma litologia, combinado com interpretações de perfis geofísicos e análises hidroquímicas, consegue resultados satisfatórios entre o teor total dos sólidos dissolvidos na solução e a resistividade da mesma. Este trabalho ainda propõe o uso de Diagramas Piper e Stiff, para avaliar a qualidade das águas, e da curva de isoteores, que pode ajudar a predizer os melhores locais para se perfurar um novo poço.

ABSTRACT

The study aims to detect the behavior of groundwater quality of sedimentary formations located in São Sebastião and Marizal, in the region. This research applies the theoretical method proposed by Girão Nery (1996), which determines the quality of groundwater through geophysical well logs. This method relates the resistivity of water (Rw) with Total Dissolved Salts (TDS), which was described by a hyperbolic function. This method, when applied in the same lithology, combined with geophysical interpretations and hydrochemical analysis, can satisfactorily determine the total content of solids dissolved in the solution and its resistivity. This paper also proposes the use of diagrams (Piper and Stiff) to assess water quality and isoteors curve, which can help predict the best places to drill a new well.

ÍNDICE

RESU	ΜΟ	iii
ABST	RACT	iv
ÍNDIC	$\Sigma \mathbf{E}$	v
ÍNDIC	E DE FIGURAS	vii
INTRO	DDUÇÃO	1
CAPÍ	ГULO 1 Caracterização da Área do Estudo	3
1.1	Localização	3
1.2	Geologia	4
	1.2.1 Sequências Sedimentares	4
	1.2.2 Litoestratigrafia	8
1.3	Aspectos Hidrológicos e Hidrogeológicos	10
CAPÍ	TULO 2 A Perfilagem Geofísica de Poços	12
2.1	Propriedades Petrofísicas das Rochas	13
	2.1.1 Porosidade (ϕ)	14
	2.1.2 Permeabilidade ou Condutividade Hidráulica (k)	16
	2.1.3 Fator de Formação (F) e a Primeira Lei de Archie	17
	2.1.4 Índice de Resistividade e a Segunda Lei de Archie	18
2.2	O Ambiente da Perfilagem	19
2.3	O Perfil Cáliper - CAL	22
2.4	O Perfil de Raios Gama - GR	23
2.5	O Perfil de Indução - DIR	24
2.6	O Perfil Sônico - DT	26
2.7	Parâmetros Hidroquímicos	28
	2.7.1 Principais Constituintes Iônicos	29
CAPÍ	GULO 3 Sistemática de Trabalho	33
3.1	Escolha da Área de Trabalho	33
3.2	Aquisição dos Dados	34
3.3	Método para Obtenção da Equação Hiperbólica	36
3.4	Perfis Conjugados	40

3.5	Representações Gráficas	41									
	3.5.1 Diagrama de Piper	41									
	3.5.2 Diagrama de Stiff	43									
	3.5.3 Curvas de Isoteores	44									
3.6	Planilha de Cálculos Interpretativos	44									
CAPÍI	CULO 4 Análise dos Resultados e Conclusões	45									
4.1	Interpretação das planilhas de cálculos interpretativos	45									
4.2	Interpretação do mapa de contornos	49									
4.3	Interpretação das Águas com o Diagrama de Piper	50									
4.4	Interpretação dos Mapas com o Diagrama de Stiff	51									
4.5	Conclusões e Recomendações										
Agrade	ecimentos	55									
Referê	ncias Bibliográficas	56									
APÊN	DICE A Planilhas de Cálculos Interpretativos	59									

ÍNDICE DE FIGURAS

1.1	Mapa Geológico da área, mostrando rodovias de acesso à região com os poços perfurados	3
1.2	Mapa geológico simplificado das bacias do Recôncavo, Tucano e Jatobá. Fonte:	
	Magnavita, 2003	5
1.3	Carta Estratigráfica da Bacia Tucano Sul-Central. Fonte: Boletim de Geoci-	
	ências da Petrobras, Edição vol. 15, n°2, novembro 2007	7
1.4	Mapa geológico da área de estudo, indicando a localização dos poços estudados	9
2.1	Ilustração de areias e rochas, mostrando os variados tamanhos de poros e	
	permeabilidades. Fonte: Porto Editora (2012).	15
2.2	Esquema ilustrativo mostrando a relação entre porosidade e permeabilidade.	
	A- Baixa porosidade e alta permeabilidade. B- Alta porosidade e alta perme-	
	abilidade. C- Baixa porosidade e baixa permeabilidade. D- Alta porosidade	
	e baixa permeabilidade. No caso da ilustração B, temmos o melhor aquífero,	
	pois armazena e produz água facilmente. Fonte: Porto Editora (2012)	16
2.3	Figura ilustrativa do ambiente da perfilagem, mostrando os compartimentos	
	vicinais ao poço, após a invasão do fluido de perfuração. Fonte: Da Silva, R.	
	$\mathbf{R}. (2013). \ldots \ldots$	20
2.4	Tipos de perfis geofísicos usados na perfilagem e suas respectivas profundida-	
	des de investigação. Fonte: Da Silva, R. R. (2013)	21
2.5	Tipos de cáliper mais usados na perfilagem geofísica. Fonte: Da Silva, R. R.	~ ~
2.6	(2013).	22
2.6	Esquema de funcionamento das bobinas transmissora e receptora no interior	25
0.7	do poço. Modificado de Ellis e Singer, 2007	25
2.7	Laudo da analise hidroquímica feita para o poço 17. LABDEA, Escola Poli-	0.1
0.0	tecnica - UFBA	31
2.8	Laudo da analise indroquímica ieita para o poço 9. LABDEA, Escola Poli-	วก
2.0	Leuda de apélica hidroquímica faita para a paça 6 LAPDEA Escala Deli	32
2.9	Laudo da analise indroquímica leita para o poço 0. LADDEA, Escola Poli-	วก
		<u>э</u> ∠
3.1	Representação esquemática dos Coeficientes de Dunlap. Nos eixos x e y ,	
	respectivamente, são dados os coeficientes de cada componente iônico com em	
	relação à sua concentração, em ppm. Schlumberger, 2009	36

3.2	Curva hiperbólica que relaciona os valores de STDlab e Rwlab - Modelo pro-
	posto por Girão Nery (1996) \ldots 39
3.3	Tabela com as coordenadas dos pontos do gráfico STD lab versus Rwlab. $\ $. $\ 39$
3.4	Esquema ilustrativo mostrando a correlação do perfil litológico, o geofísico e
	o posicionamento dos filtros
3.5	Exemplo de um Diagrama de Piper. Fonte: FUNCEME, 2013
3.6	Exemplo de Diagramas de Stiff, mostrando as classificações dos tipos de água
	que podem ser encontradas, pela combinação dos cátions e ânions encontrados
	nas águas subterrâneas. Fonte: FUNCEME, 2013
4.1	Gráfico que correlaciona os dados de STD dos perfis geofísicos e laboratoriais.
	Confiabilidade de $R^2 = 0,8015.$
4.2	Tabela com os valores de STDperfil e STDlab. 46
4.3	Gráfico que correlaciona os dados de Rw dos perfis geofísicos e laboratoriais.
	Confiabilidade de $R^2 = 0,75624$
4.4	Tabela com os valores de Rwlab e Rwperfil. 4
4.5	Gráfico que correlaciona os dados de Rw dos perfis geofísicos e laboratoriais.
	Confiabilidade de $R^2 = 0,7794.$
4.6	Tabela com os valores de Rwperfil e STDlab.48
4.7	Mapa de Isoteor de STD (em ppm) dos 16 poços estudados
4.8	Diagrama de Piper com os resultados obtidos para a região estudada. Con-
	feccionado com o programa Qualigraf, FUNCEME (2013)
4.9	Diagramas de Stiff dos poços 2, 3, 4, e 5. Confeccionado com o programa
	Qualigraf, FUNCEME (2013)
4.10	Diagramas de Stiff dos poços 6, 7, 8, e 9. Confeccionado com o programa
	Qualigraf, FUNCEME (2013)
4.11	Diagramas de Stiff dos poços 10, 11, 13, e 14. Confeccionado com o programa
	Qualigraf, FUNCEME (2013)
4.12	Diagramas de Stiff dos poços 15, 16, 17, e 18. Confeccionado com o programa
	Qualigraf, FUNCEME (2013)
4.13	Zoneamento das águas subterrâneas, utilizando o Diagrama de Stiff
A.1	Planilha de cálculos interpretativos referente ao poço 2
A.2	Planilha de cálculos interpretativos referente ao poço 3
A.3	Planilha de cálculos interpretativos referente ao poço 4
A.4	Planilha de cálculos interpretativos referente ao poço 5
A.5	Planilha de cálculos interpretativos referente ao poço 6
A.6	Planilha de cálculos interpretativos referente ao poço 7
A.7	Planilha de cálculos interpretativos referente ao poço 8
A.8	Planilha de cálculos interpretativos referente ao poço 9

A.9	Planilha	de	cálculos	${\it interpretativos}$	${\it referente}$	ao	poço	10	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	67
A.10	Planilha	de	cálculos	interpretativos	reference	ao	poço	11				•	•		•		•	•		•	68
A.11	Planilha	de	cálculos	interpretativos	referente	ao	poço	13			•		•	•	•					•	69
A.12	Planilha	de	cálculos	interpretativos	referente	ao	poço	14			•		•	•	•					•	69
A.13	Planilha	de	cálculos	interpretativos	reference	ao	poço	15				•			•		•	•		•	70
A.14	Planilha	de	cálculos	interpretativos	referente	ao	poço	16			•		•	•	•					•	71
A.15	Planilha	de	cálculos	${\it interpretativos}$	reference	ao	poço	17		•	•		•		•					•	72
A.16	Planilha	de	cálculos	${\it interpretativos}$	reference	ao	poço	18			•		•		•	•	•	•	•	•	73

INTRODUÇÃO

Desde o surgimento da vida na Terra, a água é o elemento mais importante para a sobrevivência de todos os seres vivos. Sem ela, o planeta seria desabitado. Contudo, a humanidade tem desperdiçado este recurso. Mesmo o Brasil sendo o país com a maior reserva de água doce da Terra (12%), sua distribuição não é uniforme no território nacional. Além disso, os rios e lagos brasileiros vem sendo comprometidos pela queda de qualidade da água disponível para a captação e tratamento (por conta de uso indiscriminado de agrotóxicos em lavouras e mercúrio em leitos de rios).

Nesse ínterim, a exploração da água subterrânea vem crescendo e é preciso que se conheça as melhores formas de produzí-la para suprir as necessidades humanas, mas sem degradar os aquíferos. Conhecer a disponibilidade e qualidade dessas águas subterrâneas é de vital importância para uma gestão ambiental do recurso, já que a cada dia são raras e vulneráveis à ação antrópica.

A água é o solvente mais abundante na natureza, participando de inúmeras reações orgânicas e inorgânicas e sendo capaz de incorporar grandes quantidades de solutos, como minerais dos solos e rochas. Então, a composição química da água subterrânea é, por via de regra, reflexo da rocha que percola e das condições ambientais/climatológicas/geológicas em que o aquífero está inserido.

Neste trabalho, a Geofísica utiliza-se da Perfilagem de Poços, Hidroquímica e Geologia para avaliar a qualidade da água subterrânea em teor de Sais Totais Dnissolvidos (STD), com base na determinação de um parâmetro petrofísico fundamental: a resistividade da água da formação (R_w) . De acordo com a relação entre STD e R_w , são calculadas duas constantes que podem ajudar a predizer com mais confiabilidade, para uma mesma área, onde novos poços podem ser perfurados, a fim de se obter água de boa qualidade. Os dados coletados geraram planilhas de cálculos interpretativos, mapas de contornos de isoteores, Diagramas de Piper e Stiff, onde estes auxiliam na determinação dos tipos de água presentes no aquífero.

A metodologia de trabalho adotada foi a seguinte:

- 1. Acesso ao banco de dados da CERB (Companhia de Engenharia Rural da Bahia) para a formação de um banco de dados hidroquímicos para a pesquisa;
- Acesso a dados reais de Perfilagem Geofísica contendo informações sobre Raios Gama, Indução, Potencial Espontâneo, Sônico e Cáliper dos poços para a construção de planilhas que auxiliassem no cálculo interpretativo;

- Correlação Litoestratigráfica entre os poços, a fim de verificar a existência de falhas (que servem como conduto de água entre aquíferos de profundidades diferentes) ou de continuidades litológicas (que manteria, teoricamante, tipos de água semelhantes em áreas distintas);
- 4. Execução e interpretação de planilhas para os cálculos de balanceamento químico das amostras de água e análise das curvas de distribuição;
- 5. Execução e interpretação de planilhas para os cálculos de STD, porosidades e resistividades;
- Confecção dos Diagramas de Piper (determina a tipologia de várias amostras) e Stiff (auxilia no zoneamento hidroquímico), detalhando ainda mais o estudo;
- 7. Execução de curvas de isoteores para melhorar a predição de áreas com águas menos salinas;
- 8. Integração dos resultados.

Este trabalho foi apresentado em 4 capítulos. No primeiro capítulo, foram abordadas as características geológicas, litoestratigráficas, hidrológicas e hidrogeológicas da área de estudo. O capítulo dois descreve as bases da Perfilagem Geofísica e da Petrofísica, que são teoricamente importantes para a análise dos resultados. O capítulo três aborda a metodologia do trabalho e integra os dados obtidos com a Perfilagem Geofísica e os de laboratório. Por fim, o capítulo quatro discute os resultados obtidos e recomendações para trabalhos futuros.

CAPÍTULO 1

Caracterização da Área do Estudo

1.1 Localização

A área de estudo está inserida na Bacia Sedimentar de Tucano, mais exatamente na sub-bacia de Tucano Central, que ocupa uma área de 14700 Km^2 . Abrangendo os municípios de Ribeira do Pombal, Cícero Dantas e Banzaê (dentre outros), a região está incluida no Polígono das Secas, onde ocorrem periodicamente secas anômalas que se traduzem na maioria das vezes em grandes calamidades, ocasionando sérios danos à agropecuária e graves problemas sociais. O acesso à área é feito por via terrestre, partindo de Salvador através das rodovias: BR-324 e BR-116, BR-110 ou Estrada do Coco, de acordo com a figura 1.1.



Figura 1.1: Mapa Geológico da área, mostrando rodovias de acesso à região com os poços perfurados

1.2 Geologia

A Bacia de Tucano localiza-se no nordeste do Estado da Bahia, ocupando uma área de aproximadamente $30500Km^2$. Feições estruturais com direção NW-SE permitem subdividi-la nas sub-bacias de Tucano Sul, Tucano Central e Tucano Norte. Aqui, discute-se a estratigrafia das sub-bacias de Tucano Sul e Central que, em função das similaridades de seu arcabouço estrutural e registro sedimentar, podem ser representadas através de uma única carta estratigráfica. As sub-bacias de Tucano Sul e Central possuem áreas de cerca de $7000Km^2$ e $14700Km^2$, respectivamente. O limite entre ambas é pouco definido, estando representado pela Zona de Acomodação do Rio Itapicuru (Magnavita et al. 2003). A norte, o Tucano Central separa-se do Tucano Sul e a Bacia do Recôncavo é dado pelo Alto de Aporá. A leste, as falhas de Inhambupe e Adustina constituem, respectivamente, os limites das sub-bacias de Tucano Sul e Central. A oeste, o contato com o embasamento é discordante ou definido através de uma monoclinal com falhas de pequeno rejeito (Magnavita et al. 2003).

1.2.1 Sequências Sedimentares

Do ponto de vista estrutural, há um forte controle dos traços do embasamento sobre o arcabouço estrutural do rifte. A bacia de Tucano, como de resto todo o rifte do Recôncavo-Tucano-Jatobá, possui uma geometria de um semi-graben, cuja assimetria é gerada por uma falha de borda principal. A margem oposta constitui-se na borda flexural, a qual é limitada por falhas de pequeno rejeito ou posicionada discordantemente sobre o embasamento.

Os blocos falhados constituintes dos semi-grabens da bacia de Tucano orientam-se para NE-SW e N-S, sendo tipicamente agrupados em compartimentos estruturalmente coerentes que dão origem às sub-bacias.

As sub-bacias são separadas por feições transversais orientadas NW-SE, que constituem zonas de acomodação ou de transferência, as quais podem não somente deslocar as falhas de borda, mas também alternar a polaridade das mesmas, como de fato ocorre entre as sub-bacias de Tucano Central e Norte. Outras importantes feições transversais às bordas falhadas, são as chamadas falhas de alívio, identificadas na região.

Semelhanças estratigráficas e estruturais são mais marcantes entre as sub-bacias de Tucano Sul e Central e, devido a isso, uma única coluna estratigráfica é utilizada para essas sub-bacias. Já a sub-bacia de Tucano Norte tem maiores afinidades com a bacia de Jatobá, localizada mais ao norte.

Há quatro Sequências Deposicionais, representadas por rochas sedimentares do Jurássico Superior e Cretáceo Inferior, compõem o registro estratigráfico das sub-bacias de Tucano Sul e Central (figura1.2). Na Bacia do Recôncavo, predominam os depósitos relacionados à extensão crustal juro-cretácea, caracterizando os estágios pré- rifte (Neojurássico a Eoberriasiano), rifte (Eoberriasiano a Eoaptiano) e pós-rifte (Neo-aptiano).



Figura 1.2: Mapa geológico simplificado das bacias do Recôncavo, Tucano e Jatobá. Fonte: Magnavita, 2003.

Supersequência Pré-Rifte

Sequência J20-K05: está relacionada ao período de extensão e ao adelgaçamento da crosta que antecede os meios-grábens. A sucessão estratigráfica é marcada pela recorrência de ciclos fluvio-eólicos, relacionáveis ao Membro Boipeba e às formações Sergi e Água Grande e às trangressões lacustres de caráter regional, representadas pelo Membro Capianga e pela formação Itaparica. Depósitos aluviais que correspondem às formações Aliança e Sergi ocorrem ao longo de toda Bacia Tucano, aflorando em sua borda flexural. Ciclos fluvio-eólicos são presentes no norte, no qual cresce progressivamente as espessuras dos pelitos e laminitos lacustres (Membro Capianga). Nessa época, havia uma bacia ampla e rasa, com tectonismo incipiente, assemelhando-se a uma sinéclise (Santos et al. 1990).

Supersequência Rifte

O limite entre os estágios pré-rifte e rifte tem sido discutido por diversos autores, cujas concepções para o evento que registra a ruptura da crosta e o início do rifteamento envolvem:

- 1. A discordância erosiva que separa as formações Água Grande e Itaparica (Silva, 1993, 1996), melhor caracterizada na Bacia do Recôncavo;
- A transgressão dos folhelhos lacustres do Membro Tauá (formação Candeias) sobre os arenitos eólicos da formação Água Grande (Caixeta et al. 1994; Magnavita, 1996; Magnavita et al. 2003);
- 3. Primeiro aparecimento de conglomerados sintectônicos (Ghignone, 1972).

Adota-se aqui a segunda interpretação, com a qual o Membro Tauá constitui o registro inicial da fase rifte. Sob esse enfoque, a transgressão dos folhelhos lacustres do Membro Tauá envolve um contexto inicial de subsidência mecânica e fatores climáticos sobre os arenitos da formação Água Grande. A deposição dos conglomerados só viria depois de transcorrido o tempo necessário para o soerguimento e erosão das ombreiras do rifte. Há uma tendência geral de raseamento, determinada pelo progressivo assoreamento do sistema lacustre inicial, sob elevadas taxas de subsidência tectônica. Ao início do Eobarremiano, sistemas fluviais recobriram toda a Bacia do Tucano.

- Sequência K10-K20: depocentros com elevadas taxas de subsidência e áreas plataformais relativamente estáveis mais amplas na borda flexural, caracterizaram as sub-bacias Tucano Sul e Central, nesta época. O sistema lacustre aprofundou-se e as taxas de subsidência superaram as de sedimentação, depositando pelitos (formação Candeias). Os arenitos se intercalam de forma descontínua com os pelitos lacustres nas bordas flexurais. O assoreamento das sub-bacias Tucano Sul e Central se deveu à redução das taxas de subsidência. No sentido geral da progradação, de norte para o sul, ocorre da sub-bacia Jatobá até a sub-bacia Tucano Sul, onde na Tucano Central (onde se localiza a área de estudo deste trabalho) a seção deltaica não apresenta variações internas significativas de sedimentação. Ainda nesta sub-bacia, depósitos fluviais vinculados ao grupo Massacará, aparecem na borda flexural.
- Sequência K30-K40: no Tucano Central, predominam os sistemas fluviais (formação São Sebastião). Nos depocentros desta sub-bacia, desenvolveram-se ciclos deltaicos. Com seção praticamente arenosa, há o padrão de sedimentação fluvial que pode ser retrabalhado pelo vento, como atestam os registros de arenitos eólicos.

Supersequência Pós-Rifte

• Sequência K50: Compreende a subsidência térmica da bacia, onde há depósitos aluviais (conglomerados e arenitos) da formação Marizal. Esta formação recobre grande parte da Bacia Tucano, ocupando quase toda sua porção central. A carta estratigráfica das sub-bacias de Tucano Sul e Central é descrita na figura 1.3.



Figura 1.3: Carta Estratigráfica da Bacia Tucano Sul-Central. Fonte: Boletim de Geociências da Petrobras, Edição vol. 15, n°2, novembro 2007.

1.2.2 Litoestratigrafia

A área de estudo está inserida na sub-bacia sedimentar do Tucano Central e possui, mais especificamente, as seguintes unidades litológicas, formalmente descritas e designadas por geólogos da Petrobras, representadas esquematicamente na carta estratigráfica da Bacia Tucano Sul-Central e no mapa geológico da área.

Grupo Massacará

- Formação São Sebastião: é constituido por uma espessa sequência de arenitos amareloavermelhados, com granulometria fina à média, friáveis, feldspáticos, intercalados com argilas siltíticas. Estas cedem lugar, na parte mediana, para um número maior de intercalações arenosas em espessos bancos, finalizada por clastos mais grosseiros, por vezes conglomeráticos (Viana et al.,1971). Essa conjuntura revela um ambiente deposicional, no geral, fluvial de alta energia gradando para ambiente eólico.
- Formação Marizal: caracteriza-se por um pacote de arenitos argilosos caulínicos com finas camadas de siltitos e folhelhos e níveis conglomeráticos basais. Os arenitos são mal-selecionados, com granulometria que varia de fina à grosseira. Os conglomerados são policompostos com clastos de arenitos, calcários, quartzo e sílex em matriz arenosa (Viana et al. op. cit).
- Grupo Barreiras: constitui de uma cobertura sedimentar terrígena continental de areias grosseiras, com estratificações cruzadas, argilas cinzas-avermelhadas, roxas e amareladas, bem como de arenitos grosseiros e conglomeráticos, mal consolidados, mal classificados, de tonalidade cinza-esbranquiçada a avermelhada em abundante matriz caulinítica (Viana et al. op. cit.).

As descrições litoestratigráficas das formações Marizal e São Sebastião, obtidas para este trabalho, são muito semelhantes. As duas formações foram descritas como contendo camadas de folhelhos, espessos pacotes de arenitos e níveis conglomeráticos, dificultando o estabelecimento de um marco que individualizasse, em profundidade, ambas as formações. Além deste fator, as profundidades perfuradas são bastante variadas, assim como a colocação dos filtros nos possíveis aquíferos, independentemente a qual formação pertencesse. Portanto, todo o modelamento geológico e geofísico feito neste trabalho deve ser considerado para ambas as formações.



Legenda

Poços

- Cursos D'água

Unidades Geológicas



Figura 1.4: Mapa geológico da área de estudo, indicando a localização dos poços estudados

Escala 1:300.000

1.3 Aspectos Hidrológicos e Hidrogeológicos

A área de estudo está situada sobre as Bacias Hidrográficas do Rio Itapicuru e do Rio Real. Então, é necessária a descrição das duas bacias hidrográficas:

Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru

Localiza-se mais especificamente na porção Nordeste do estado da Bahia, entre as coordenadas 10°00' e 12°00' de latitude Sul e 37°30' e 40°45' de longitude Oeste, estando seu centro geográfico distante cerca de 240 Km a noroeste da capital do estado. A bacia tem uma forma alongada do sentido leste-oeste, com cerca de 350 Km de extensão e 130 Km de largura, ocupando uma área de $36440Km^2$, (90% destes localizados no polígono das secas) o que equivale a 6,4% do território estadual, sendo composta pelos rios Itapicuru, Itapicuru-Açu, Itapicuru-mirim, Peixe, Cariaça e Quinjingue. A bacia abrange 54 municípios, com uma população total de 1.203.812 habitantes o que equivale a 9,2% da população da Bahia.

Do ponto de vista hidrológico tem-se no Alto Itapicuru uma pluviosidade que varia entre 477 a 1129 mm, chove durante todo ano e em 50% deste, a precipitação é superior a 600 mm - o trimestre mais chuvoso é entre os meses de janeiro a março e os mais secos são agosto e outubro. O Médio Itapicuru é caracterizado como uma região seca com precipitações anuais que variam de 411 a 718 mm, ocorrendo chuvas durante todo o ano, porém em pequenas quantidades - em 70% dos meses são registradas precipitações abaixo de 600 mm. Esta área apresenta problemas de distribuição temporal e espacial dos recursos hídricos, estando seu o aproveitamento associado à construção e utilização de açudes de regularização interanual. O Baixo Itapicuru uma possui excelente produção hídrica, elevada regularidade e permanência dos rios e com precipitação anual que varia de 530 a 1439 mm, sendo o trimestre mais chuvoso de maio a julho e o mais seco de setembro a novembro, ocorrendo chuva todos os meses do ano. A pluviosidade média da bacia é de 800 mm sendo que sua porção média apresenta o menor índice pluviométrico, algo em torno de 565 mm.

Bacia Hidrográfica do Rio Real

Se localiza entre os paralelos 9°45′ e 11°45′ de latitude Sul e 37°30′ e 39°45′ de longitude Oeste. O Rio Real nasce no município de Poço Verde, no estado de Sergipe, tomando a direção sudeste e desembocando no Oceano Atlântico. Constitui-se numa estreita faixa que banha os municípios baianos limítrofes a Sergipe (Paripiranga, Antas, Cícero Dantas, Ribeira do Pombal, Ribeira do Amparo, Itapicuru, Rio Real, Jandaíra e Conde). A via de acesso pode ser feita através da BR-101 até as proximidades das cidades de Rio Real e Jandaíra e a partir daí o deslocamento é feito através da BA-398. Pode-se ter o acesso através da BA-099 (Linha Verde), que liga Salvador a Itanhi-SE a leste da bacia. Em relação à pluviosidade, os totais médios anuais aproximam-se dos 1000 mm e está representada como mais alta que outras regiões do semi-árido por estar próxima do litoral, onde as chuvas de inverno contribuem em maior proporção que no resto da bacia.

As três cidades sobre as quais foi feito esse trabalho estão localizadas de forma distintas em relação à Bacia que se situa:

- Banzaê está totalmente localizada na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru;
- Cícero Dantas está situada totalmente sobre a Bacia Hidrográfica do Rio Real;
- Ribeira do Pombal está sobre as Bacias Hidrográficas do Rio Itapicuru e Real.

Porém, há de se entender e esperar que, como a região é relativamente pequena, compartilham de um mesmo domínio hidrogeológico relacionado às bacias sedimentares. Este domínio das bacias sedimentares é constituído por rochas sedimentares bastante diversificadas, e constitui os mais importantes reservatórios de água subterrânea, formando o denominado aquífero do tipo granular. Em termos hidrogeológicos, estas bacias têm alto potencial, em decorrência da grande espessura de sedimentos e da alta permeabilidade de suas litologias, que permite a explotação de vazões significativas. Em regiões semi-áridas, a perfuração de poços profundos nestas áreas, com expectativas de grandes vazões, pode ser a alternativa para viabilizar o abastecimento de água das comunidades assentadas tanto no seu interior quanto no seu entorno. Na área, este domínio está representado por unidades geológicas da bacia de Tucano.

O domínio aquífero sedimentar, localizado no trecho médio inferior da bacia, está representado pelos afloramentos dos sedimentos da bacia de Tucano, que mostram elevado potencial de água subterrânea com boa qualidade. Os principais aquíferos são constituídos pelos sedimentos do Grupo Ilhas e das Formações Marizal e São Sebastião. São aquíferos do tipo granular, afetado por ciclos tectônicos, com um intenso sistema de falhas. Apesar da grande potencialidade destes aquíferos, localmente, aparecem baixas vazões como reflexo da grande heterogeneidade, do ponto de vista estratigráfico, litológico e estrutural.

CAPÍTULO 2

A Perfilagem Geofísica de Poços

A Perfilagem consiste na medição de parâmetros petrofísicos das rochas, de maneira direta ou indireta para a identificação posterior de formações geológicas e de fluidos de interesse econômico nos reservatórios, dentro de um poço. Inicialmente, apenas técnicas elétricas eram aplicadas na exploração em superfície onde o objetivo era correlacionar condutividades elétricas entre poços. Depois da pesquisa em novas tecnologias e ferramentas, atualmente, a Perfilagem Geofísica se destaca como um procedimento padrão para a prospecção de água e hidrocarbonetos.

Perfil é definido como todo registro contínuo, em escala adequada de parâmetros físicos (resistivos, acústicos e radioativos), químicos ou biológicos, ao longo de um poço. As propriedades das rochas são registradas através de sensores que se deslocam no poço e registra-se no perfil geofísico uma resposta geofísica. Os perfis resultantes não registram diretamente uma propriedade geofísica, mas sim dados que podem ser inferidos ou interpretados a partir dos mesmos.

Por exemplo, a porosidade pode ser inferida a partir das medições do tempo gasto para uma onda elástica percorrer um certo intervalo de tempo. A salinidade da água intersticial pode ser dada pela interpretação dos perfis de resistividade e de potencial espontâneo. O conteúdo de argila de uma rocha sedimentar pode ser inferido a partir da menor ou maior quantidade do isótopo K^{40} , elemento radioativo natural e componente essencial dos argilominerais.

O objetivo da Perfilagem Geofísica é avaliar as formações através dos perfis. Estes, quando analisados, definem atributos para uma caracterização do potencial de uma acumulação de hidrocarbonetos ou água subterrânea.

2.1 Propriedades Petrofísicas das Rochas

Geologicamente, podemos caracterizar uma rocha sedimentar de acordo com os conceitos da Sedimentologia ou também de acordo com a Petrofísica. No contexto de bacias sedimentares, destacam-se as rochas siliciclásticas que são formadas por grãos ou partículas que contém sílica em sua composição. A Sedimentologia classifica as rochas de acordo com o tamanho dos grãos e sua composição, onde as rochas terrígenas grosseiras. As rochas de uma maneira geral possuem quatro constituíntes e, para efeito descritivo, deve-se distinguir: arcabouço, matriz, cimento e poros.

- Arcabouço: é a parte constituida pelas frações mais grosseiras e que forma a estrutura ou esqueleto da rocha, dando-lhe sustentação.
- Matriz: é a fração fina dos sedimentos detríticos transportadas por suspensão. É o elemento responsável pela consistência da rocha. Geralmente, a matriz é constituida por um ou mais minerais de argila. Segundo Worthington (2003),entende-se por minerais de argila um grupo de minerais pertencentes aos aluminossilicatos. O termo "mineral de argila" refere-se à composição e não ao tamanho do grão.
- Cimento: é a fração precipitada, substituida ou transformada quimicamente nos poros das rochas clásticas e é responsável pela rigidez da rocha. Geralmente, o cimento é constituido por sílica, sulfatos de cálcio, carbonato de cálcio e magnésio ou óxidos e hidróxidos de ferro. O cimento pode ser escasso, abundante ou inexistente. Quando existente, tende a obliterar os espaços vazios pré-existentes, tornando a rocha mais fechada ou menos porosa.
- Poros: o espaço existente entre as partículas ou grãos é denominado espaço intersticial ou poro.

Porém, de acordo com a Petrofísica, não é o tamanho dos grãos que caracteriza uma rocha sedimentar siliciclástica e sim o preenchimento dos espaços. Nesse conceito:

- Matriz: é todo material sólido da rocha (arcabouço, matriz e cimento, assim como foi definido pela Sedimentologia) com exceção de argilas dispersas no espaço poroso.
- Poros: são os espaços vazios da rocha, como um todo.

Para as rochas terrígenas finas, tem-se, por efeito descritivo, os folhelhos:

• Folhelho: engloba todo o conceito de silte, argila e argilomineral. Petrofísicos assumem que folhelhos devem conter mais de 70% do volume em silte e o restante em outros

detritos.Um folhelho perfeito tem 100% de minerais de argila, independente do tamanho dos grãos. No senso petrofísico, podemos ter uma areia "rica em folhelho"para indicar que a areia é rica em minerais de argila, ou laminações de folhelho (estruturais ou dispersos), sob forma de argila alogênica (transportada como detritos) ou autigênica (como precipitados).

Neste trabalho, adotou-se o conceito petrofísico de definição de rocha sedimentar já que os sensores utilizados nas ferramentas elétricas, acústicas ou radioativas são incapazes de distinguir um grão de sílica de uma massa de cimento, ou um grão carbonático (fóssil ou intraclasto) de um cimento carbonático (Nery, 1989; Rosa 2004).

2.1.1 Porosidade (ϕ)

Segundo Schön
(2004), porosidade ϕ é definida como a razão entre o volume de
espaços vazios Vpem relação ao volume total da roch
aV

$$\phi = \frac{Vp}{V} = 1 - \frac{Vm}{V},\tag{2.1}$$

onde Vm é o volume da matriz, definida pela petrofísica. A porosidade é uma grandeza adimensional expressa tanto da forma decimal quanto em porcentagem.

Serra (1984) fornece uma outra definição: Porosidade é a fração do volume total da rocha que não é ocupado por constituintes sólidos. Esta é a definição completa paraporosidade total.

A porosidade final de uma rocha é o resultado de processos geológicos, físicos e químicos sofridos durante sua formação (porosidade primária) e/ou durante a sua história geológica, ocorrida por processos tectônicos, químicos e dissoluções (porosidade secundária).

Além desses principais tipos de classificação, pode-se ainda classificar a porosidade de acordo com a origem petrográfica e grau de conectividade entre os poros.

De acordo com a origem petrográfica e segundo Schopper (1982), podemos distingui-las em:

- Porosidade Intergranular: espaço poroso entre os grãos, partículas ou fragmentos de materiais clásticos, fracamente compactado tampouco cimentado. Essa corresponderia à porosidade primária.
- Porosidade Intercristalina ou Intergranular: gerada pelo encolhimento ou contração dos grãos.
- Porosidade Fratural: causada principalmente por eventos mecânicos e secundariamente, eventos químicos (calcários). Essa corresponderia à porosidade secundária.

• Porosidade Vugular: causada por organismos durante a formação da rocha ou por ação química num estágio posterior. Portanto, seria uma porosidade tanto primária quanto secundária.

Uma classificação de acordo com o grau de conexão entre os poros foi descrita por Serra (1984), que define os tipos de porosidade a seguir e ilustrados na figura 2.1.

- Porosidade Total: relaciona-se com todos os espaços vazio da rocha (poros, janelas, fissuras) em relação aos componentes sólidos. É definida pela soma da porosidade primária e secundária.
- Porosidade Interconectada: relaciona-se apenas aos espaços entre os grãos que estão conectados. Os poros são considerados conectados quando uma corrente elétrica e fluidos podem circular através deles.
- Porosidade Efetiva: é aquela em que os fluidos podem circular livremente. Esse conceito exclui todos os poros não-conectados, incluindo os poros ocupados por argilas. A porosidade efetiva é o termo de especial interesse quando se quantifica reservatórios de água subterrânea e hidrocarbonetos, pois irá quantificar o quanto do fluido de interesse será, teoricamente, produzido.



Figura 2.1: Ilustração de areias e rochas, mostrando os variados tamanhos de poros e permeabilidades. Fonte: Porto Editora (2012).

2.1.2 Permeabilidade ou Condutividade Hidráulica (k)

Foi introduzida por Henry Darcy (1856) por meio de inúmeros experimentos que mostravam a permeabilidade de um fluido em vários filtros diferentes. É uma grandeza dinâmica, diferente da porosidade. A permeabilidade é a medida da capacidade de uma rocha permitir a passagem de fluidos por seus poros interconectados. Uma rocha pode ser muito porosa e não-permeável (folhelho). Assim como a porosidade, a permeabilidade pode ser estudada por partes:

- Permeabilidade Absoluta: é uma propriedade intrínseca à rocha. A unidade de permeabilidade é o Darcy. Um Darcy é a permeabilidade de uma rocha que permite o fluxo de 1cm³ de fluido, com viscosidade de 1 cp, através de uma seção transversal de 1cm², submetido a um gradiente de pressão de 1 atm. Aqui, um só fluido satura o meio poroso.
- Permeabilidade Efetiva: é a habilidade da rocha em permitir o fluxo de determinado fluido em presença de outro. A permeabilidade efetiva sempre é menor que a absoluta, isto porque o fluido que molha o grão reduz a molhabilidade do outro fluido. Neste caso, mais de um fluido satura o meio poroso.
- Permeabilidade Relativa: a um dado fluido, é a razão entre a permeabilidade efetiva deste fluido e a permeabilidade absoluta da rocha e expressa em decimais ou porcentagem.



Figura 2.2: Esquema ilustrativo mostrando a relação entre porosidade e permeabilidade. A- Baixa porosidade e alta permeabilidade. B- Alta porosidade e alta permeabilidade. C- Baixa porosidade e baixa permeabilidade. D- Alta porosidade e baixa permeabilidade. No caso da ilustração B, temmos o melhor aquífero, pois armazena e produz água facilmente. Fonte: Porto Editora (2012).

2.1.3 Fator de Formação (F) e a Primeira Lei de Archie

Introduzido pelo petrofísico Archie (1942) como um fator elétrico, foi posteriormente denominado de fator de resistividade da formação. Archie imaginou a rocha como sendo uma caixa d'água salgada (portanto, condutiva), de resistividade Rw, e com 100% de porosidade. Ao se colocar grãos de sílica (não-reativa) na caixa, verifica-se que a nova resistividade (Ro) varia com o inverso da porosidade, já que com o acréscimo dos grãos os espaços vazios vão sendo ocupados. Assim, define-se as seguintes relações:

$$Rw \propto Ro \propto \frac{1}{\phi}.$$
 (2.2)

A partir dessas conclusões, Archie define o parâmetro fator de formação (F):

$$F = \frac{Ro}{Rw} \propto \frac{1}{\phi}.$$
 (2.3)

O interesse real de Archie era individualizar o efeito da condutividade da água e o efeito da resistividade do mineral da formação. Ele ainda notou que para haver uma relação não apenas de proporcionalidade, mas sim de igualdade, introduziu duas constantes empíricas: o *coeficiente litológico* (a), que avalia as diferenças litológicas entre as rochas reservatórios e o *coeficiente de cimentação* (m), que leva em conta a tortuosidade ou a complexidade da rede formada pelos poros interconectados. Por uma aproximação linear em escala logarítmica entre F e ϕ , temos:

$$\log F = \log a - m \log \phi. \tag{2.4}$$

A expressão final, conhecida também como primeira lei de Archie, fica:

$$F = \frac{Ro}{Rw} = \frac{a}{\phi^m}.$$
(2.5)

Segundo Schön (2004), Archie notou que o coeficiente de cimentação variava de 1,3 para areias inconsolidadas a 2,2 para arenitos bastante cimentados. Já para carbonatos com porosidade vugular, esse valor poderia chegar a 2,6. É perceptível que valores de m próximos a 1,3 são indicativos de rochas pouco cimentadas e, além disso, fraturadas.

Baseado em Keller (1989), usou-se neste trabalho os valores de a = 0.88 e m = 1.37, já que os aquíferos perfurados são formados por rochas detríticas fracamente cimentadas (como areias, arenitos e alguns calcários), com porosidade em torno de 25% a 45% e pertencentes ao Terciário.

2.1.4 Índice de Resistividade e a Segunda Lei de Archie

Na análise de dados obtidos com amostras parcialmente saturadas em água, Archie (1942) propôs um outro fator (além do fator de formação F, do coeficiente litológico a e do coeficiente de cimentação m), denominado *índice de resistividade I*, definido como a razão entre a resistividade da rocha parcialmente saturada (Ro) e a resistividade da mesma amostra 100% saturada em água (Rw). Então, se tivermos o mesmo fluido preenchendo os poros da rocha, ela terá a resistividade Ro diretamente proporcional ao índice de saturação. Os resultados experimentais mostram que:

$$I = \frac{Rt}{Rw} = \frac{1}{Sw^n} = I \to Ro \propto I, \qquad (2.6)$$

e escrevendo a Primeira Equação de Archie na forma

$$Ro = aRw\phi^{-m},\tag{2.7}$$

podemos agrupar as duas equações anteriores para obter:

$$Ro = aRw\phi^{-m}Sw^{-n}, (2.8)$$

isolando adequadamente a saturação em água Sw, obtemos a Segunda Equação de Archie

$$Sw^n = \frac{aRw}{\phi^m Rt},\tag{2.9}$$

em que, segundo Schön (2004):

- m: expoente de cimentação, adimensional.
- ϕ : porosidade efetiva da rocha, adimensional.
- a: coeficiente litológico, adimensional.
- Sw: saturação em água, adimensional.
- n: expoente de saturação, adimensional. Varia de 1,42 a 2,55 nos arenitos;
- Rw: resistividade da água da formação (em Ω .m @ temperatura da formação) na profundidade lida.
- Rtj: resistividade da rocha (em Ω .m) na profundidade lida.

Neste trabalho, sabemos que o reservatório é 100% preenchido por água, por se tratar de um aquíferos rasos, onde as profundidades são da ordem de 300 m.

FazendoSw=1, a segunda Lei de Archie fica:

$$Rw = \frac{\phi^m Ro}{a}.\tag{2.10}$$

A partir dessa consideração, Nery (1996) usou uma equação hiperbólica para quantificar os *Saia Totais Dissolvidos* (STD), expressa por:

$$STD = \frac{a}{Rw^b},\tag{2.11}$$

onde $a \in b$ são obtidos pelo relacionamento dos valores de STD provenientes de análises químicas de cada poço com a sua respectiva resistividade média, calculada pelo perfil geofísico.

2.2 O Ambiente da Perfilagem

A perfuração de um poço exige a existência de um fluido de perfuração que tem por função:

- Sustentar as paredes do poço.
- Manter sólidos em suspensão.
- Inibir a reatividade de formações argilosas.
- Carrear até a superfície os cascalhos perfurados pela broca.
- Minimizar problemas de torque e arraste da coluna de perfuração.
- Resfriar a broca.
- Evitar danos à formação produtora;
- Previnir a corrosão da coluna de perfuração e de equipamentos da superfície.
- Segurança operacional.
- Proteção ao meio ambiente.

Uma das principais funções do fluido de perfuração é manter a sua pressão hidrostática maior que a pressão dos fluidos da formação. Quando isso não ocorre, surgências fluidas indesejadas (kicks e blowouts) ocorrem. Outras são as causas dos kicks, como:

- Falta de ataque ao poço durante a manobra.
- Pistoneio.
- Perda de circulação.

Em resposta a esse diferencial de pressão que se estabelece entre o fluido de perfuração e a formação, ocorre a indesejada penetração do fluido de perfuração, através dos canais naturais (poros interconectados e/ou fraturas). Assim, radialmente ao eixo do poço, dividese então o ambiente da perfilagem em:

- Zona lavada completamente alterada;
- Zona de transição ;
- Zona virgem não alterada e é onde se situa o fluido intersticial de interesse, pois não houve contato com o fluido de perfuração.



Figura 2.3: Figura ilustrativa do ambiente da perfilagem, mostrando os compartimentos vicinais ao poço, após a invasão do fluido de perfuração. Fonte: Da Silva, R. R. (2013). De acordo com Santos (2010), entrada de um fluido com propriedades distintas do existente na formação alteraria bastante as respostas físicas geradas nos perfis, como a resistividade. Dessa forma, a utilização de ferramentas que investiguem as diferentes zonas de invasão é imprescindível para que se construa perfis geofísicos confiáveis.

As ferramentas de perfilagem podem assumir diferentes geometrias de aquisição, alvejando obter informações dos diferentes compartimentos radiais do poço. Note também que esta divisão tem uma relação íntima com a permeabilidade das rochas investigadas, uma vez que formações impermeáveis não permitem a invasão do filtrado da lama e consequentemente a ocorrência de zona lavada. As diferenças dos arranjos de aquisição estão desde a posição e número de detectores no eixo ou braços da ferramenta, até a excentralização completa da mesma. As variações do arranjo de detectores, as limitações intrínsecas associadas aos sensores físicos de detecção e as diferenças de princípios utilizados nas ferramentas, geram perfis com capacidades de resolução vertical diferentes. A resolução vertical é a espessura da camada necessária para que a ferramenta leia o verdadeiro valor da propriedade física na rocha investigada, sem a influência das rochas adjacentes e circunvizinhas. De maneira geral, ferramentas que tem uma profundidade de investigação maior (alvejando a zona virgem), necessitam de detectores mais espaçados e dessa forma perdem em resolução vertical. Uma comparação entre as resoluções verticais de diferentes tipos de perfis podem ser vistas a seguir:



Figura 2.4: Tipos de perfis geofísicos usados na perfilagem e suas respectivas profundidades de investigação. Fonte: Da Silva, R. R. (2013)

2.3 O Perfil Cáliper - CAL

O perfil cáliper é utilizado na medição do diâmetro do poço com a profundidade, através de braços pressionados contra a parede do poço enquanto a ferramenta é corrida. O registro no perfil é contínuo e possibilita, por exemplo, a identificação de zonas com desabamentos e formação de reboco. Além de medir o diâmetro do poço, o cáliper verifica a integridade do poço, necessária para uma perfilagem de qualidade. Em zonas onde há desabamentos ou formação de um reboco muito espesso, a qualidade das medidas elétricas e acústicas ficam comprometidas, já que houve variação para mais ou para menos do diâmetro do poço, afastando ou aproximando os sensores da zona a ser investigada, prejudicando seus resultados. Vale lembrar que quanto mais braços o cáliper tiver, mais eixos geométricos ele terá, assegurando o diâmetro real do poço. Existem ferramentas de cáliper com uma variedade de eixos e braços, como ilustrado na figura 2.5:



Figura 2.5: Tipos de cáliper mais usados na perfilagem geofísica. Fonte: Da Silva, R. R. (2013).

2.4 O Perfil de Raios Gama - GR

A ferramenta de raios gama mede a radioatividade natural das formações, com base no decaimento dos átomos que emitem radioisótopos e partículas α e β e radiação γ além de calor. O sinal gerado no perfil geofísico é produto dos sinais de vários radioisótopos, principalmente de K^{40} , Th^{232} , U^{238} e dos elementos resultantes desses decaimentos. Embora emita radiação em menor nível energético do que os outros dois elementos citados, o K^{40} é bastante abundante nos minerais mais comuns na crosta terrestre, como o K-felspato, micas (muscovita e biotita) e sais de potássio. Em rochas sedimentares, a curva de raios gama reflete, de uma maneira geral, o conteúdo argiloso da rocha, pois os elementos radioativos tendem a se concentrar em minerais argilosos e por conseguinte, em folhelhos. Já as formações "limpas" (arenitos quartzosos, por exemplo), tem um nível radioativo baixo.

É por conseguir individualizar potenciais reservatórios (partes do perfil com nível radioativo baixo) que o perfil GR é básico e indispensável em qualquer programa de perfilagem de poço exploratório e explotatório. Deve-se ter cautela na interpretação deste perfil porque arenitos arcosianos contém alto teor de K-feldspatos e tendem a registrar valores maiores de GR do que arenitos quartzosos.

A partir do GR pode-se calcular uma importante propriedade dos reservatórios: o volume de argila (Vsh). Para que se encontre o (Vsh), usa-se o cálculo do (IGR) ou Índice de Raios Gama que reescalona os intervalos dos perfis, utilizando os máximos valores de GR nos folhelhos (desde que não sejam anomalias) e os menores valores de GR, presente nos arenitos (reservatórios).

A equação que calcula o IGR é dada por:

$$IGR = \frac{GR_{log} - GR_{min}}{GR_{max} - GR_{min}},$$
(2.12)

Vários autores propõem expressões não-lineares para o cálculo do Vsh a partir do IGR. Elas buscam o cálculo mais ideal do volume de argila, baseando-se na idade e compactação das rochas. Nesse trabalho, usaremos a expressão de Stieber (1970):

$$Vsh = \frac{IGR}{A - (A - 1)IGR};$$
(2.13)

onde A é igual a 3 quando a rocha é do Terciário e igual a 2 quando mais velha. Neste trabalho foi utilizado A = 2, por se tratar de rochas do Cretáceo.

Durante este trabalho, foi perceptível a importância e a necessidade de um bom senso de interpretação geofísica e geológica. Apenas o cálculo matemático nas planilhas não retrata, de imediato, o que ocorre realmente nos reservatórios. E, uma parte essencial desta interpretação é a escolha dos valores mínimos e máximos de GR. Pela visualização do perfil de raios gama, consegue-se individualizar os pacotes sedimentares de interesse, que estarão entre dois picos de raios gama. Individualizado o pacote sedimentar, deve ser feito com a confecção de um gráfico de distribuição dos pontos (x, y), onde x são os valores de Resistividade Profunda (DIR) e y representa os valores de Raios Gama. Dessa maneira, temos os maiores e menores valores de GR, para cada pacote. Procedendo desta maneira, o intérprete dos perfis estará interpretando a potencialidade de cada reservatório o mais próximo da realidade.

2.5 O Perfil de Indução - DIR

O perfil de indução (*DIR*) ou *Deep Induction Resistivity* se diferencia dos perfis elétricos convencionais por não precisar de meios condutivos para funcionar, segundo o seu próprio princípio de leitura da formação. É uma ferramenta do tipo de indução eletromagnética, composta por uma bobina transmissora e em outra receptora de ondas eletromagnéticas. O princípio está de acordo com a Lei de Ampère, que formaliza a relação entre corrente elétrica e campo magnético, ocorrido na bobina transmissora:

$$\int \mathbf{B}.d\mathbf{l} = \mu_0.i,\tag{2.14}$$

onde **B** é o vetor campo magnético primário e μ_0 é a constante de permeabilidade magnética do meio. No vácuo, esse valor é $\mu_0 = 4\pi 10^{-7} \text{H/m}$.

A variação do campo magnético primário provoca uma voltagem a qual induz correntes secundárias na formação, que por sua vez, produzem um campo eletromagnético secundário, defasado de 180 graus, de acordo com a Lei de Faraday - Lenz ou Lei da Indução Eletromagnética:

$$\oint_{c} \mathbf{E}.d\mathbf{l} = -\frac{\partial \Phi_{\mathbf{B}}}{\partial t}; \tag{2.15}$$

onde \mathbf{E} é o vetor campo elétrico que induz na formação o campo magnético secundário \mathbf{B} .

As diferenças de fase e amplitude na bobina receptora são individualizadas e os sinais de interesse constroem o perfil de indução. Na figura 2.6 pode-se verificar o funcionamento das bobinas no interior do poço:



Figura 2.6: Esquema de funcionamento das bobinas transmissora e receptora no interior do poço. Modificado de Ellis e Singer, 2007.

Uma das limitações do seu uso é a aplicação em lamas muito salgadas (> 30 000 ppm), pois a corrente alternada circularia preferencialmente na lama de perfuração, não tendo utilidade na investigaçãodas zonas de interesse das formações. Na indústria da água subterrânea, usa-se lamas mais doces (de lagos e rios), não havendo este tipo de preocupação.

Tradicionalmente, acopla-se à ferramenta de indução uma investigação rasa, normal curta (RSN - Resistivity Short Normal, de 16 polegadas). Isso é feito para, além de outras coisas, verificar se a formação tem permeabilidade suficiente, que pode ser identificada no perfil, pela separação das curvas de RSN e DIR. Se houver essa separação entre as curvas, o reservatório é dito permeável. Senão, afirma-se que o reservatório não possui permeabilidade suficiente para produzir o fluido intersticial.

2.6 O Perfil Sônico - DT

O perfil sônico ou acústico é um perfil que mede o tempo de trânsito das ondas compressionais, que percorrem as formações atravessadas pelo poço. O som viaja pela formação e sua velocidade de propagação depende do meio. Quando a rocha reservatório está preenchida por fluidos (água ou hidrocarbonetos), registra-se no receptor um tempo de trânsito maior, já que as ondas sonoras percorrem mais rapidamente os sólidos, depois os líquidos e, mais vagarosamente, os gases.

Raymer (1980) introduziu uma simples equação de porosidade que é muito utilizável. Sua equação é essencialmente empírica, baseada na comparação do tempo de trânsito da matriz da rocha e do fluido de perfuração:

$$\boldsymbol{\Delta}_{t} = \left[\frac{(1-\phi_{s})^{2}}{\Delta_{tma}} + \frac{\phi_{s}}{\Delta_{tf}}\right]^{-1}, \qquad (2.16)$$

em que Δ_{tf} é o tempo de trânsito do fluido, que pode ser salgado ou doce e Δ_{tma} é o tempo de trânsito da matriz, onde neste trabalho foi usado $55,5\mu$ s/ft para o arenito, 120μ s/ft e 200μ s/ft para a água doce. Podemos reescrever a equação anterior da seguinte forma:

$$\mathbf{\Delta}_{\mathbf{t}} = \frac{\Delta_{tma} \Delta_{tf}}{(1 - \phi_s)^2 \Delta t f + \phi_s \Delta_{tma}}.$$
(2.17)

Reescrevendo-a ainda, obtemos:

$$\phi_s^2 + \phi_s \left[\frac{\Delta_{tma}}{\Delta_{tf}} - 2 \right] - \left[\frac{\Delta_{tma}}{\Delta_t} - 1 \right] = 0, \qquad (2.18)$$

sendo Δ_t é o tempo de trânsito registrado no perfil.

A equação acima representa uma expressão do tipo:

$$Ax^2 + Bx + C = 0, (2.19)$$

onde as raízes da equação são dadas por:

$$x = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A} \tag{2.20}$$

e A = 1, $B = \begin{bmatrix} \Delta_{tma} \\ \Delta_{tf} \end{bmatrix}$, $C = -\begin{bmatrix} \Delta_{tma} \\ \Delta_t \end{bmatrix}$, $x = \phi_s$. Calculando as raízes da equação
o que se tem é a porosidade total. Para encontrar a poro-

Calculando as raizes da equação que se tem e a porosidade total. Para encontrar a porosidade efetiva, deve-se aplicar a equação (2.21), com a introdução do termo Vsh, que serve de correção para que finalmente se encontre a porosidade efetiva ϕ_e :

$$Vsh\left[\frac{-B\pm\sqrt{B^2-4AC_{sh}}}{2A}\right].$$
(2.21)
onde $C_{sh} = -\left[\frac{\Delta_{tma}}{\Delta_{tsh}} - 1\right]$. Substituindo os valores ad

Substituindo os valores adotados para os tempos da matriz arenosa, para o fluido e para os folhelhos, já citados, temos: A = 1, B = -1,7225, $C = (\Delta_t - 55,5)/\Delta_t$, $C_{sh} = 0,5375$. Finalmente, pode-se calcular a pososidade efetiva utilizando a equação abaixo:

$$\phi_e = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A} - Vsh\left[\frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4AC_{sh}}}{2A}\right] \tag{2.22}$$

É importante frisar que existe também uma equação mais simplificada, proposta também por Raymer (1980), onde é utilizado um coeficiente K, chamado de *coeficiente universal*, que corresponde a uma média de vários tipos de litologias. Esta equação pode ser dada por:

$$\phi_e = K \left[\frac{\Delta_t - \Delta_{tm}}{\Delta_t} \right] (1 - Vsh)$$
(2.23)

A grande vantagem dessa equação é que não é necessário saber qual é o fluido. Porém, a grande desvantagem é considerar um coeficiente universal na equação, pois por ser uma média não corresponde exatamente à realidade. Como é conhecido o tempo do fluido, é mais vantajoso utilizar a equação (2.22), pois os valores de porosidade calculados serão próprios desta área de estudo.

2.7 Parâmetros Hidroquímicos

Na natureza encontramos diversos tipos de água. Dificilmente a encontramos pura. Isto porque, na água, estão dissolvidas várias outras substâncias. Podemos dizer, então que a água é um ótimo solvente, ou seja, um solvente universal. Em águas subterrâneas, as reações iônicas são mais frequentes porque além de a água dissolver componentes iônicos, a temperatura em profundidade aumenta a suceptibilidade à dissolução dos minerais das rochas. Algumas propriedades físicas e químicas das águas subterrâneas podem ser definidas, tais como:

- Condutividade Elétrica (σ): os sais dissolvidos e ionizados presentes na água transformamna num eletrólito capaz de conduzir a corrente elétrica. Nesse ínterim ,em laboratórios, mede-se a capacidade desses íons em transportar a corrente elétrica, em microSiemens por centímetro (μS/m), enquanto que em perfis usa-se o miliSiemens por metro. A condutividade aumenta com a temperatura (até certa faixa), pois os íons tem mais mobilidade e o transporte da energia é mais eficiente.
- Alcalinidade: é a medida total das substâncias presentes numa água, capazes de neutralizarem ácidos. Em outras palavras, é a quantidade de substâncias presentes numa água, que atuam como tampão. Numa água com certa alcalinidade, a adição de uma pequena quantidade de um ácido fraco não provocará a diminuição de seu pH, porque os íons hidroxila presentes neutralizarão o ácido e o produto iônico $[H^+][OH^-]$ continua menor que 10^{-7} . Em águas subterrâneas, a alcalinidade é devida principalmente aos carbonatos e bicarbonatos e, secundariamente, aos íons silicatos, boratos, fosfatos e amônia. Alcalinidade total é a soma da alcalinidade produzida por todos estes íons presentes numa água. Águas que percolam rochas calcárias geralmente possuem alcalinidade elevada, por dissociar os compostos iônicos com o radical $[CO_3]^{-2}$. A alcalinidade total de uma água é expressa em mg/L de $CaCO_3$.
- Potencial Hidrogeniônico (pH): é a medida, em escala logarítmica, da concentração de íons [H₃O]⁺ na água. O balanço dos radicais hidroxônio e hidroxila determina o quão ácida ou básica ela é. Na água quimicamente pura (destilada) os radicais iônicos [H₃O]⁺ e [OH]⁻¹ estão em equilíbrio, ou seja, seu produto iônico é igual a 10⁻¹⁴. Os principais fatores que determinam o pH da água são o gás carbônico dissolvido e a alcalinidade. O pH das águas subterrâneas geralmente varia entre 5, 5 e 8, 5.
- Temperatura: as águas subterrâneas tem uma amplitude térmica pequena, isto é, sua temperatura não é influenciada pelas mudanças de temperatura da atmosfera. Isto se deve ao grande calor específico que a água possui $(1cal/g.C^{\circ})$ que dificulta a absorção de calor e sua perda também. Em grandes profundidades, a temperatura da água é influenciada pelo grau geotérmico local $(1C^{\circ} a cada 30m)$.

2.7.1 Principais Constituintes Iônicos

As águas subterrâneas tendem a ser mais ricas em sais dissolvidos que as águas superficiais. As quantidades presentes refletem não somente os substratos rochosos percolados, mas variam também em função do comportamento geoquímico dos compostos químicos envolvidos. Como há sensíveis variações nas composições químicas das rochas, é de se esperar uma certa relação entre a composição da água e das rochas preponderantes na área. É necessário, contudo, frisar que o comportamento geoquímico dos compostos e elementos são os fatores preponderantes na distribuição das águas. Os principais e mais frequentes constituintes iônicos contidos nas águas subterrâneas são os seguintes:

Cálcio (Ca⁺²): o teor de cálcio nas águas subterrâneas varia, de forma geral, de 10 a 100 mg/L. As principais fontes de cálcio são os plagioclásios cálcicos, calcita, apatita, entre outros. O carbonato de cálcio é muito pouco solúvel em água (K_{ps} = 4,5×10⁻⁹@25°C)¹. O cálcio ocorre nas águas na forma de bicarbonato e sua solubilidade de gás carbônico dissolvido. A quantidade de CO₂ dissolvido depende da temperatura e da pressão, que são fatores que vão determinar a solubilidade do bicarbonato de cálcio, de acordo com o equilíbrio iônico abaixo:

$$CaCO_3(s) + CO_2(g) + H_2O(l) \rightleftharpoons Ca^{+2}(aq) + 2HCO^{-3}(aq).$$
 (2.24)

- Cloretos (Cl⁻): o cloro está presente em teores inferiores a 100 mg/L. Forma compostos muito solúveis e tende a se enriquecer, junto ao sódio, a partir das zonas de recarga das águas subterrâneas. Teores anômalos são indicadores de contaminação por água do mar e por aterros sanitários;
- Ferro (Fe⁺² e Fe⁺³): é um elemento persistente presente em quase todas as águas subterrâneas em teores abaixo de 0,3 mg/L. Suas fontes são minerais máficos portadoes de Fe: magnetita, biotita, pirita, piroxênios e anfibólios. Em virtude de afinidades geoquímicas, quase sempre é acompanhado pelo manganês. O ferro no estado ferroso (Fe⁺²), forma compostos solúveis, principalmente hidróxidos. Em ambientes oxidantes, o Fe⁺² passa a Fe⁺³, dando origem ao hidróxido férrico, que é insolúvel e precipita, tingindo fortemente a água (K_{ps} = 2×10⁻³⁹@25°C). Desta forma, águas com alto conteúdo de ferro, ao saírem do poço são incolores, mas ao entrarem em contato com o oxigênio do ar ficam amareladas, o que lhes confere uma aparência não muito agradável. Apesar do organismo humano necessitar de até 19 mg de ferro ao dia, os padrões de potabilidade exige que uma água de abastecimento público não ultrapasse os 0,3 mg/L.

 $^{^1{\}rm O}$ produto de solubilidade (Kps) é o produto das concentrações (em mol/L) dos íons existentes em uma solução saturada, estando cada concentração elevada ao coeficiente do íon na equação de dissociação iônica.

- Magnésio (Mg⁺²): o magnésio é um elemento cujo comportamento geoquímico é muito parecido com o do cálcio, e em linhas gerais, acompanha este elemento. Diferentemente do cálcio, forma sais mais solúveis (ou seja, com K_{ps} mais alto). Nas águas subterrâneas, ocorre com teores entre 1 e 40 mg/L. O magnésio, depois do cálcio, é o principal responsável pela dureza das águas. Na água do mar, o magnésio ocorre em teores acerca de 1400 mg/L, bem acima do teor de cálcio (cerca de 480 mg/L). Em águas subterrâneas de regiões litorâneas, a relação Mg/Ca é um elemento caracterizador da contaminação por água marinha.
- Manganês (Mn^{+2}) : é um elemento que acompanha o ferro em virtude de seu comportamento geoquímico. Ocorre em teores abaixo de 0,2 mg/L, quase sempre como óxido de manganês bivalente (MnO), que se oxida em presença do ar, dando origem a precipitados negros, de acordo com o equilíbrio químico:

$$Mn^{+2}(aq) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightleftharpoons MnO(aq).$$
(2.25)

- Nitrato (NO₃⁻): o nitrogênio perfaz cerca de 80% do ar que respiramos. Como um componente essencial das proteínas, ele é encontrado nas células de todos os organismos vivos. Nitrogênio orgânico pode existir no estado livre como gás, nitrito (NO₂⁻), nitrato (NO₃⁻) e amônia (NH₃). Com exceção de algumas ocorrências em sais evaporíticos, o nitrogênio e seus compostos não são encontrados nas rochas da crosta terrestre. O nitrogênio é continuamente reciclado pelas plantas e animais. Nas águas subterrâneas, os nitratos ocorrem em teores abaixo de 5 mg/L. Nitritos e amônia são ausentes, pois são rapidamente convertidos a nitrato pelas bactérias. Pequeno teor de nitrito e amônia é sinal de poluição orgânica recente. Segundo o padrão da OMS, uma água não deve ter mais que 10 mg/L de nitrito.
- Potássio (K⁺): o potássio é um elemento químico abundante na crosta terrestre, mas ocorre em pequenas quantidades em águas subterrâneas, pois é facilmente fixado pelas argilas e intensivamente consumido pelos vegetais. Seus principais minerais fonte são: feldspato potássico, mica, muscovita e biotita (pouco resistentes ao intemperismo físico e químico). Nas águas subterrâneas seu teor médio é inferior a 10 mg/L, sendo mais frequente valores entre 1 e 5 mg/L.

Sódio (Na⁺): o sódio é um elemento químico quase sempre presente nas águas subterrâneas. Seus principais minerais fonte (plagioclásios e feldspatos sódicos) são pouco resistentes aos processos intempéricos, principalmente os químicos. Os sais formados nesses processos são muito solúveis. Nas águas subterrâneas, o teor de sódio varia entre 0,1 e 100 mg/L, sendo que há um enriquecimento gradativo deste cátion a partir das zonas de recarga. A quantidade de sódio presente na água é um elemento limitante do seu uso na agricultura. Em aquíferos litorâneos, a presença de sódio na água poderá estar relacionada à intrusão de água do mar. Segundo a OMS, o valor máximo recomendável de sódio na água potável é 200 mg/L.

Na sequência de figuras 2.7, 2.8 e 2.9, seguem alguns exemplos de laudos químicos, cedidos pela CERB, de poços das cidades de Ribeira do Pombal, Banzaê e Cícero Dantas, respectivamente:

Amostra CONV (AS 48	CERB/EMBASA 892) / nº 707	/ Ribeira do Po	ombal - Sede	Dois	Código	0335/10-04	Coleta em	03/11/10
Ensalo	Resultado	Unidade	Limite aceitável (L1)	LDM		Métod	D	Data do Ensaio
Acidez Total	0,00	mg/L CaCO ₃	-	3,0		SM 2310)B	11/11/10
Alcalinidade Bicarbonato	36,9	mg/L CaCO ₃	-	3,0		SM 2320	B	12/11/10
Alcalinidade Carbonato	0,00	mg/L CaCO ₃		3,0		SM 232	B	12/11/10
Alcalinidade Hidróxido	0,00	mg/L CaCO3		3.0		SM 232	B	12/11/10
Cálcio	12,9	mg/L CaCO3		3.0		SM 3500-0	Ca B	19/11/10
Cloretos	25,6	mg/L CI	250	3.0		SM 4500-	CIB	18/11/10
Condutividade Elétrica	183	µSiemen	-			SM 251)B	18/11/10
Cor aparente	10	mg/L Pt	15	5.0		SM 9215B		12/11/10
Dureza Total	42,7	mg/L CaCO ₃	500	3,0		SM 2340C		19/11/10
Ferro Total	0,16	mg/L Fe	0,3	0,10		SM 3500-Fe B		17/11/10
Fluoretos	0,58	mg/L F	1,5	0,02		SM 4500-F D		19/11/10
Magnésio	7,24	mg/L Mg		0,3		SM 3500-1	Ag B	19/11/10
Nitratos	0,44	mg/L N-NO3	10	0,01		SM 4500-N	O3 E	11/11/10
Nitritos	<ldm< td=""><td>mg/L N-NO2</td><td>1,0</td><td>0,005</td><td></td><td>SM 4500-N</td><td>O₂B</td><td>12/11/10</td></ldm<>	mg/L N-NO2	1,0	0,005		SM 4500-N	O ₂ B	12/11/10
pH	7,66		6,0 a 9,5			SM 4500-	НВ	11/11/10
Potássio	2,00	mg/L		1		SM 350	B	17/11/10
Sílica reativa	34,5	mg/L SiO ₂		1,0		SM 450	C	19/11/10
Sódio	18,0	mg/L	200	1.0		SM 3500-	Ja R	17/11/10
Sólidos Totais	92,0	mg/L		10		SM 254	B	17/11/10
Sulfatos	6,64	mg/L SO ₄	250	1,5	SM 4500-SO4 E 21ªEd		E 21ªEd	18/11/10
Turbidez	1,14	NTU	5			SM 2130B	21ªEd	12/11/10

Figura 2.7:	Laudo da	análise	hidroqu	ímica	feita	para	o poç	o 17.	LABDEA,	Escola
	Politécnic	a - UFE	BA.							

Amostra	GOVER! Branco ()	NO DO	ESTADO / BAI 4) / nº617	NZAÊ - Pau	Código	0224/09-01	Coleta	a em:	22/08/09-
Ensaio	3	398	43 Resultado	Unidade	Limite aceltável (L1)	LDM	Método		Data do Ensaio
Acidez Total	2	1.1	1,43	mg/L CaCO3		3.0	SM 2310B 21*Ed		31/08/09
Alcalinidade Bi	carbonato		43,5	mg/L CaCO3		3,0	SM 2320B 21*Ed		31/08/09
Alcalinidade Ca	arbonato		0,00	mg/L CaCO3		3.0	SM 2320B 21*Ed		31/08/09
Alcalinidade Hi	idróxido		0,00	mg/L CaCO3		3.0	SM 2320B 21ªEd		31/08/09
Cálcio		1.1	15,0	mg/L CaCO3		3,0	SM 3500-Ca B 21*Ed		02/09/09
Cloretos			55,4	mg/L CI	250	3.0	SM 4500-CI B 21 ^a ed		01/09/09
Condutividade	Elétrica	-	298	µS/cm	**		SM 2510B 21*Ed		28/08/09
Cor aparente				mg/L Pt-Co	15	5.0	SM 2120B 21*Ed		27/08/09
Dureza Total			39,1	mg/L CaCO ₃	500	3.0	SM 2340C 21*Ed		02/09/09
Ferro Total			.4 0,55	mg/L Fe	0.3	0.10	SM 3500-Ee B 21*Ed		02/09/09
Fluoretos			0,51	mg/L F	1.5	0.02	SM 4500-F D 21ªEd		28/08/09
Magnésio			5,86	mg/L Mg			SM 3500-Mg B 21*Ed		02/09/09
Nitratos			× 0,69	mg/L N-NO3	10	0,01	SM 4500-NO3 E 21°Ed		02/09/09
Nitritos			0,01	mg/L N-NO2	1,0	0.005	SM 4500-NO ₂ B 21 ^a Ed		27/08/09
pН			7,72		6.0 a 9.5		SM 4500-H B 214Ed		26/08/00
Potássio		1.1	15	ma/L	-	1	SM 3500-K B 218Ed		20/00/09
Sílica reativa			56,5	mg/L SiO ₂		1.0	SM 4500C SiO ₂ 21 ^a Ed		20/06/09
Sódio			34	mo/l	200	10	SM 3500 No B 218Ed		02/09/09
Sólidos Totais			179	mo/L		10	SM 3540B 21/Ed		03/09/09
Sulfatos			6.91	mg/L SO4	250	15	SM 4500-SO / E 21/Ed		31/08/09
Turbidez			< 15,7	NTU	5		SM 2130B 21*Ed		27/08/09

Figura 2.8: Laudo da análise hidroquímica feita para o poço 9. LABDEA, Escola Politécnica - UFBA.

Amostra	AGUA PARA TODOS - PAT / Cícero			antas		Código	0046/12-02	Coleta em	13/02/12		
Ensaio		Resultado	Unidade	Limite aceitável (L1)	LDM		Métod	Método			
Acidez Total		14,3	mg/L CaCO3		3,0		SM 2310B	21ªEd	01/03/12		
Alcalinidade Bicarb	onato	15,2	mg/L CaCO3		3,0		SM 2320B	21°Ed	01/03/12		
Alcalinidade Carbo	nato	0,00	mg/L CaCO3		3,0		SM 2320B	21ªEd	01/03/12		
Alcalinidade Hidróx	rido	0,00	mg/L CaCO3	0. Mite-	3,0	1 2 2 1	SM 2320B	21ªEd	01/03/12		
Cálcio		4,93	mg/L CaCO3		3,0		SM 3500-Ca	B 21ªEd	07/03/12		
Cloretos		53,5	mg/L CI	250	3,0		SM 4500-CLB 211ed		07/03/12		
Condutividade Elét	rica	233	µS/cm			1	SM 2510B 21ªEd		SM 2510B 21ªEd		01/03/12
Cor aparente		7,00	mg/L Pt-Co	15	5,0		SM 2120B	21ªEd	01/03/12		
Dureza Total		26,6	mg/L CaCO3	500	3,0		SM 2340C	21ªEd	07/03/12		
Ferro Total		0,18	mg/L Fe	0,3	0,10		SM 3500-Fe	B 21ªEd	07/03/12		
Fluoretos		0,10	mg/L F	1,5	0,02		SM 4500-F D	21ªEd	07/03/12		
Magnésio		5,27	mg/L Mg	-			SM 3500-Mg	B 21°Ed	07/03/12		
Nitratos		0,15	mg/L N-NO3	10	0,01		SM 4500-NO3	E 21ºEd	07/03/12		
Nitritos		<ldm< td=""><td>mg/L N-NO2</td><td>1,0</td><td>0,005</td><td></td><td>SM 4500-NO2</td><td>B 21°Ed</td><td>01/03/12</td></ldm<>	mg/L N-NO2	1,0	0,005		SM 4500-NO2	B 21°Ed	01/03/12		
pH		6,69		6,0 a 9,5			SM 4500-H E	21ªEd	01/03/12		
Potássio		13,0	mg/L		1		SM 3500-K E	21ªEd	07/03/12		
Sílica reativa		26,2	mg/L SiO ₂		1,0		SM 4500C SiC	2 21ªEd	07/03/12		
Sódio		22,0	mg/L	200	1.0		SM 3500-Na B 21ªEd		07/03/12		
Sólidos Totais		161	mg/L		10		SM 2540B	21ªEd	07/03/12		
Sulfatos	C	1,57	mg/L SO4	250	1,5	1	SM 4500-SO4	E 14Ed	07/03/12		
Turbidez		1,81	NTU	5			SM 21308	21ªEd	01/03/12		

Figura 2.9: Laudo da análise hidroquímica feita para o poço 6. LABDEA, Escola Politécnica - UFBA.

CAPÍTULO 3

Sistemática de Trabalho

Neste capítulo, serão expostas as etapas para a confecção deste trabalho:

- Escolha da Área de Trabalho;
- Aquisição dos Dados;
- Parâmetros Hidroquímicos;
- Método para Obtenção da Equação Hiperbólica;
- Perfis Conjugados;
- Representações Gráficas;
- Planilhas de Cálculos Interpretativos.

3.1 Escolha da Área de Trabalho

Este trabalho teve por objetivo estudar o comportamento e qualidade das águas subterrâneas, no que diz respeito à distribuição dos Sais Totais Dissolvidos (STD) e de suas Resistividades (Rw), diagramas de Stiff e Piper, existente nos aquíferos da Formação Marizal e São Sebastião. Desta maneira, abrangeu-se inicialmente, a área dos municípios de Cícero Dantas, Ribeira do Pombal, Banzaê e Euclides da Cunha.

Esperava-se ter a disponibilidade dos dados de poços perfilados na área, que pertencessem a um mesmo compartimento geológico ou formação, níveis estáticos e dinâmicos, vazões específicas e laudos de análises químicas. Desta maneira, dos 20 poços escolhidos para a área, 16 continham as análises químicas das águas de cada poço e também a perfilagem de cada poço. É importante citar a distribuição desses 16 poços:

- 8 poços no município de Banzaê;
- 6 poços no município de Cícero Dantas;

• 2 poços no município de Ribeira do Pombal.

Os outros 4 poços (que perfazeriam os 20 iniciais) pertenciam ao município de Euclides da Cunha, porém não dispunham de análises químicas para que o trabalho pudesse ser feito de acordo com o seu objetivo. É importante frisar que este estudo será feito para ambas as formações, pois não foi possível identificar um marco que individualizasse as duas formações (como já discutido no capítulo 1 deste trabalho).

3.2 Aquisição dos Dados

Para a elaboração deste trabalho, foi necessário recorrer ao banco de dados de duas empresas:

- Hydrolog Serviços de Perfilagens Ltda.
- CERB Companhia de Engenharia Rural da Bahia.

A empresa Hydrolog cedeu, com a permissão de seu cliente (CERB), todos os 16 perfis compostos que seriam utilizados para as interpretações geofísicas feitas e também os perfis digitalizados (LAS), que foram enumerados à própria conveniência e os nomes de cada poço:

- Poço 2: Tamburil Proj. Tucano Projeto Nordeste Fase 1 Banzaê;
- Poço 3: Tamburil Proj. Tubarão/ Quixabá/ Jatobá Cícero Dantas;
- Poço 4: Trindade Cícero Dantas;
- Poço 5: Juá Proj. Tucano Projeto Nordeste Fase 1 Cícero Dantas;
- Poço 6: Juá/ São João da Fortaleza Cícero Dantas;
- Poço 7: São João da Fortaleza Proj. Tucano-Proj Nordeste-Fase 1-Cícero Dantas;
- Poço 8: Itaparica- Proj.Tucano- Irrigação Cícero Dantas;
- Poço 9: Pau Branco- Proj. Tucano- Proj Nordeste Fase1 Banzaê;
- Poço 10: Mirorós/Massaranduba Banzaê;
- Poço 11: Baixão Banzaê;
- Poço 13: Sítio do Boqueirão Banzaê;
- Poço 14: Pedra Furada- Proj. Tucano- Proj. Nordeste- Fase 1 Banzaê;

- Poço 15: Campo do Brito- Proj. Tucano- Proj. Nordeste- Fase 1 Banzaê;
- Poço 16: Campo do Brito- Proj. Tucano- Irrigação Banzaê;
- Poço 17: Sede Ribeira do Pombal;
- Poço 18: Lagoa do Cícero- Proj. Tucano- Proj. Nordeste- Fase 1 Ribeira do Pombal.

A Cerb contribuiu com os 16 laudos de análises químicas e as fichas de poços, que continha, dentre outras informações:

- Mapa geológico de localização do poço;
- Profundidade útil;
- Tipo de rocha;
- Tipo de aquífero;
- Perfil litológico.

3.3 Método para Obtenção da Equação Hiperbólica

Depois da elaboração do banco de dados das análises hidroquímicas de cada poço, devidamente nomeados de acordo com a localidade e o número dado a cada poço, converte-se a condutividade feita em laboratório ($Cond_{lab}$) em resistividade do laboratório (Rw_{lab}), expresso em μ S/cm, conforme a relação:

$$Rw_{lab} = \frac{10000}{Cond_{lab}}.$$
(3.1)

As análises químicas fornecidas pela CERB traziam, dentre outras coisas, as concentrações (em mg/L) dos principais íons presentes nas águas subterrâneas, já descritos na seção anterior. Segundo Schlumberger (2009), para amostras à $25^{\circ}C$ e com concentrações até 1000 ppm, é possível fazer uma equivalência entre ppm e mg/L, de 1:1. Sabe-se ainda que pode-se multiplicar cada quantidade dos íons, em mg/L, por um fator multiplicativo que representa, em termos gerais, a capacidade de transmitir carga iônica, tomando como referência os íons Na^+ e Cl^- . A esses fatores multiplicativos chamamo-nos de *Coeficientes de Dunlap*, que variam com a concentração em ppm da amostra, representados na figura 3.4:



Figura 3.1: Representação esquemática dos Coeficientes de Dunlap. Nos eixos x e y, respectivamente, são dados os coeficientes de cada componente iônico com em relação à sua concentração, em ppm. Schlumberger, 2009.

Utilizando-se a figura 3.4 e sabendo-se que as águas subterrâneas do aquífero local possuem salinidade variando entre 90 e 230 ppm, foi retirado os valores dos Coeficientes de Dunlap utilizados neste trabalho. Tais valores seguem na tabela a seguir:

Íons	Valor
Cl^{-}	$1,\!0$
Na^+	$1,\!0$
HCO_3^-	$0,\!36$
NO_3^-	$0,\!55$
Ca^{+2}	1,3
Mg^{+2}	2,0
SO_{4}^{-2}	$0,\!79$
K^+	$0,\!86$

Por exemplo: se o valor do coeficiente de Dunlap para o HCO_3^- é 0,36 quer dizer que se o Na^+ e Cl^- transmitem uma certa quantidade de carga, o HCO_3^- consegue transmitir 36% da mesma energia que um desses íons transporta. Depois de feita a conversão de cada íon num equivalente em NaCl, é feita a *Soma Equivalente em NaCl*. Esta soma ainda deve ser corrigida pelo balanço iônico, por conta de possíveis erros laboratoriais, ou de íons que não foram contabilizados na análise química ou ainda ausência de algum coeficiente de Dunlap (como F^- , Fe^{+2} , Fe^{+3} e SiO_4^{-2}). Levando-se em conta que por menor que seja a concentração de um íon qualquer presente na solução, ele conduzirá também a corrente elétrica, muito embora não contabilizado pela análise química.

Assim como numa equação química balanceada, a quantidade de fons positivos deve ser igual a quantidade de fons negativos. É a partir dessa ideia que o balanço iônico é feito, aplicando-se a seguinte correção (Z) à Soma Equivalente de NaCl:

$$Z = A \cdot 0, 8 \cdot 23 + A \cdot 0, 2 \cdot 39; \tag{3.2}$$

onde:

- A= $\left(\sum n_{positivos}^{\circ} \sum n_{negativos}^{\circ}\right)$ representa a diferença entre os somatórios dos números de íons positivos e negativos;
- 23 u é a massa molecular do Na^+ ;
- 39 u é a massa molecular do K^+ .

Para que ocorra este tipo de correção, assegura-se que $A \ge 0$. A contribuição do sódio frente aos íons positivos que precisam de correção representa 80% da condutividade e para o potássio, em torno de 20%.

Encontrado o valor Z de correção, basta somá-lo à Soma Equivalente de NaCl para obter finalmente o STD_{lab} corrigido. Plotando num gráfico de distribuição (conhecido como gráfico XY), são comparados os valores de $SDT_{labcorr}$ e Rw_{lab} , a fim de encontrar uma curva de tendência na forma de potência e, por conseguinte, os coeficientes a_{STD} e b_{STD} , que serão utilizados na equação hiperbólica, com dados do perfil geofísico de Rw, para encontrar a salinidade calculada não pela análise química, mas sim pelo perfil geofísico:

$$STD_{perfil} = \frac{a_{STD}}{Rw^{b_{STD}}}.$$
(3.3)

De acordo com todo o procedimento metodológico descrito, encontrou-se $a_{STD} = 3624, 2$ e $b_{STD} = 0,896$, com uma correlação entre os pontos de $R^2 = 0,8067$, para ambas as formações (Marizal e São Sebastião), como verifica-se pelo gráfico da figura 3.2:



Figura 3.2: Curva hiperbólica que relaciona os valores de STDlab e Rwlab - Modelo proposto por Girão Nery (1996)

POÇO	Rwlab (Ohm.m)	STDlab (ppm)
2	33	150
3	21	234
4	53	115
5	51	125
6	38	131
7	48	95
8	36	139
9	34	165
10	39	112
11	33	179
13	43	105
14	43	128
15	52	118
16	51	95
17	55	110
18	27	222

Figura 3.3: Tabela com as coordenadas dos pontos do gráfico STDlab versus Rwlab.

3.4 Perfis Conjugados

Os perfis litológicos (disponibilizados pela CERB nas Fichas de Poço) e os perfis geofísicos de cada poço foram dispostos em um mesmo padrão de escala vertical para que se permitisse uma correlação entre eles. Além disso, ao colocá-los numa mesma escala, facilita-se a comparação direta entre o perfil litológico e os perfis de raios gama, resistividade e sônico. Interpretando os altos índices de raios gama como folhelhos e baixos níveis, arenitos, tem-se condições de determinar quais são os potenciais aquíferos na região. A fim de exemplificar o que foi dito, tomamos como exemplo a correlação do perfil litológico e perfil geofísico do poço 2, na figura 3.4, onde a curva em vermelho representa o índice de raios gama e em azul, o potencial espontâneo. As setas sinalizam intervalos permoporosos e o posicionamento dos filtros.



Figura 3.4: Esquema ilustrativo mostrando a correlação do perfil litológico, o geofísico e o posicionamento dos filtros.

3.5 Representações Gráficas

O estudo das análises hidroquímicas pode ser simplificado através da utilização de gráficos e diagramas, em especial quando se deseja fazer comparações entre diferentes análises de água, em diferentes lugares. Estes gráficos e diagramas ressaltam as relações entre os íons que compõem os vários tipos de águas, tornando-se um fator importante no conhecimento dos aquíferos e sua potencialidade de produção de águas próprias para o consumo humano. Existem várias representações gráficas para a classificação hidroquímica e, neste trabalho, a adotou-se o Diagrama de Piper, Diagrama de Stiff e curva de isoteor, esta última formulada no software Surfer[®].

3.5.1 Diagrama de Piper

O Diagrama de Piper é frequentemente utilizado para a classificação e comparação de distintos grupos de águas quanto aos cátions e ânions dominantes. O programa Qualigraf[®], disponível na Fundação Cearense de Metereologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), gera o diagrama de Piper e mostra a classificação das amostras segundo esse critério. A representação gráfica pode evidenciar possíveis relações entre os íons de uma mesma amostra. Dentre as opções gráficas, tem-se a de desenhar linhas de grade, manter visível as classificações e a distribuição percentual das amostras nos diversos campos. Outra ferramenta importante é a seleção de uma ou de um grupo de amostras, permitindo por em destaque um determinado alvo em estudo.

Os diagramas de Piper, também chamados de diagramas trilineares são extraídos plotando as proporções dos cátions principais $(Na^+, K^+, Ca^{+2} e Mg^{+2})$ e dos ânions principais $(HCO_3^-, SO_4^{-2} e Cl^-)$ em dois diagramas triangulares respectivos, e combinando as informações dos dois triângulos em um losango situado entre os mesmos. As proporções são traçadas nos gráficos triangulares e suas escalas, para a proporção das variáveis, correspondem a 100%. A figura 3.5 representa o Diagrama de Piper adaptado, mostrando as classificações dos tipos de água que podem ser encontradas, pela combinação dos cátions e ânions encontrados nas águas subterrâneas.



Figura 3.5: Exemplo de um Diagrama de Piper. Fonte: FUNCEME, 2013.

Os gráficos mostram, assim, as proporções relativas dos íons principais, mas não suas concentrações absolutas. Os valores advindos das análises químicas laboratoriais estão, geralmente em mg/L. Portanto, devemos transformar essa unidade de concentração em meq/L (miliequivalente por litro), da seguinte forma:

$$\frac{meq}{L} = \frac{M}{M_a/L} \cdot mg/L \tag{3.4}$$

3.5.2 Diagrama de Stiff

O método gráfico proposto por Stiff (1951) baseia-se na representação por linhas horizontais dispostas à esquerda e à direita de uma linha vertical, que representa o valor zero. O polígono formado terá, então quatro eixos horizontais, cortados por um eixo vertical, plotados em miliequivalentes por litro. Sendo assim, o Diagrama de Stiff é muito útil na comparação rápida entre os diferentes tipos de águas. A seguir, exemplos de Diagramas de Stiff que se correlacionam com os mais variados tipos de rochas:

- 1- As águas que circulam em granitos serão, essencialmente, de fáceis bicarbonatada sódica;
- 2- As águas que circulam em rochas carbonatadas serão, essencialmente, de fáceis bicarbonatada cálcica (calcários);
- 3- As águas que circulam por rochas máficas, no litoral (depósitos de cloreto de sódio), a água pode-se apresentar cloretada magnesiana;
- 4- Em áreas onde há lavouras com intenso uso de agrotóxicos e rocha com substrato dolomítico, podemos ter um aquífero com águas carbo-magnesianas sulfatadas.



Figura 3.6: Exemplo de Diagramas de Stiff, mostrando as classificações dos tipos de água que podem ser encontradas, pela combinação dos cátions e ânions encontrados nas águas subterrâneas. Fonte: FUNCEME, 2013. As variedades de formas dos polígonos e tamanhos dos modelos gerados, correspondem às características de determinadas águas e permitem a classificação e a correlação dos resultados de suas análises químicas (Stiff, 1951).

3.5.3 Curvas de Isoteores

Depois de encontrados os valores de STD, pela equação que relaciona os sais totais dissolvidos e a resistividade da água da formação, proposta por Girão Nery (1996), é possível confeccionar um mapa de isoteores da região do estudo. Esta proposta é bastante útil para a alocação de futuros poços produtores, onde as zonas com menores valores de SDT são mais propícias ao consumo humano. Neste trabalho, foi utilizado o software Surfer[®], que é capaz de realizar processos de interpolação por meio de tranformações de dados XYZ para a modelagem de terrenos e análises de surperfícies, mapeamentos de contornos etc.

3.6 Planilha de Cálculos Interpretativos

Com os dados dos perfis geofísicos registrados nos arquivos .LAS (Log Ascii Standard), os laudos hidroquímicos e dos cross plots, foram elaboradas planilhas de cálculos que, segundo o modelo proposto por Girão Nery (1996), ajudam a estimar o teor dos STD em cada profundidade. Seleciona-se somente os intervalos de aquíferos, muito embora se use os intervalos de folhelhos para obter os parâmetros que corrigem os valores de Vsh (volume de folhelho) e ϕ (porosidade). Isto é, as planilhas mostram apenas os intervalos aquíferos. As planilhas de cálculos interpretativos são apresentadas no Apêndice A. O resultado final do estudo dessas planilhas são os valores de STDperfil. Com estes dados, é possível construir a curva de isoteor, que poderá predizer os melhores locais para se perfurar novos poços.

CAPÍTULO 4

Análise dos Resultados e Conclusões

4.1 Interpretação das planilhas de cálculos interpretativos

O método proposto por Girão Nery (1996) relaciona a resistividade das águas (Rw) com o seu teor de Sais Totais Dissolvidos (STD), que é expresso por uma função hiperbólica. Os parâmetros a_{STD} e b_{STD} obtidos por este método podem ser aplicados para uma mesma área e consegue-se resultados satisfatórios na predição da salinidade das águas subterrâneas, com a profundidade. Para que isso seja verdade, deve haver uma correlação entre os dados de laboratório e os dados dos perfis. Após, foi confeccionado gráficos que mostram a confiabilidade do método, com uma boa correlação dos dados laboratoriais e os dados da perfilagem.



Figura 4.1: Gráfico que correlaciona os dados de STD dos perfis geofísicos e laboratoriais. Confiabilidade de $R^2 = 0,8015$.

POÇO	STDlab (ppm)	STDperfil (ppm)
2	150	166
3	234	235
4	115	116
5	125	128
6	131	132
7	95	129
8	139	139
9	165	227
10	112	156
11	179	180
13	105	134
14	128	131
15	118	146
16	95	102
17	110	111
18	222	222

Figura 4.2: Tabela com os valores de STDperfil e STDlab.

É necessário chamar atenção para os valores que pertencem ao poço 9, os quais distoam bastante e podem ser atribuidos a erros laboratoriais ou então a um possível erro de digitação no dado de condutividade elétrica deste poço (292μ S/cm). Esta suposição pode ser feita pois comparando-se as outras 15 análises químicas com as quantidades de íons dissolvidos e suas respectivas capacidades de transporte de carga o poço 9 deveria ter um valor de STDlab mais elevado. Além disso, as medidas feitas pelo perfil de indução registram as contribuições de todos os íons presentes na solução, muito embora alguns deles não foram contabilizados pela análise química. Justamente por essa diferença dos métodos de aquisição do STDlab e STDperfil é que a correlação entre os dois nunca será de 100%. Assim, o valor atingido de $R^2 = 0,8015$ é suficientemente satisfatório. A seguir, a correlação entre os dados de Rwperfil e Rwlab e entre Rwperfil e STDlab, onde deve-se considerar também a impossibilidade de se alcançar a correlação de 100% e que os valores alcançados também são bastante aceitáveis:



Figura 4.3: Gráfico que correlaciona os dados de Rw dos perfis geofísicos e laboratoriais. Confiabilidade de $R^2 = 0,7562$.

POÇO	Rwlab (Ohm.m)	Rwperfil (ohm.m)
2	33	31
3	21	21
4	53	46
5	51	42
6	38	40
7	48	41
8	36	38
9	34	22
10	39	33
11	33	28
13	43	40
14	43	41
15	52	36
16	51	54
17	55	49
18	27	23

Figura 4.4: Tabela com os valores de Rwlab e Rwperfil.



Figura 4.5: Gráfico que correlaciona os dados de Rw dos perfis
 geofísicos e laboratoriais. Confiabilidade de $R^2 = 0,7794$.

POÇO	Rwperfil (ohm.m)	STDlab (ppm)
2	31	150
3	21	234
4	46	115
5	42	125
6	40	131
7	41	95
8	38	139
9	22	165
10	33	112
11	28	179
13	40	105
14	41	128
15	36	118
16	54	95
17	49	110
18	23	222

Figura 4.6: Tabela com os valores de Rwperfil e STDlab.

4.2 Interpretação do mapa de contornos

Os poços perfilados apresentam excelente correlação litoestratigráfica. Mesmo a área de estudo estando situada numa bacia sedimentar com bastante falhas, foi possível estabelecer uma correlação entre os poços, lançando mão, primeiramente, dos perfis e definição das amostras de calha. Depois de estudada a parte tectônica da bacia efeita a correlação entre poços, foi feito o mapa de distribuição do STD. Este pode auxiliar na alocação de futuros poços na área.

O mapa de isoteor da figura 4.7 representa a distribuição do STD em uma área onde os poços perfurados ora atingem a Formação Marizal, ora a Formação Marizal e a São Sebastião. Verifica-se que os poços 4,5, 6, 7, 8, 13, 14, 15 e 16 (que representam 56,3% dos poços estudados) possuem teores mais baixos de STD quando comparados com os poços 3, 9 e 18. Tal efeito na distribuição dessas salinidades pode ser atribuido aos constantes falhamentos existentes na área e os basculamentos entre blocos fazem que ocorra águas de diferentes tipos na mesma região.



Figura 4.7: Mapa de Isoteor de STD (em ppm) dos 16 poços estudados.

Contudo, como a variação das salinidades mostrada pelo mapa de isocontorno está entre 105 e 235 ppm, toda essa região apresenta água de excelente potabilidade e qualidade para o consumo humano, já que a salinidade máxima recomendada pela OMS é de até 1000 ppm.

4.3 Interpretação das Águas com o Diagrama de Piper

O mapa de distribuições das concentrações iônicas, seguindo o Diagrama de Piper, mostra que os ânions presentes são o cloro (grupo 7 do diagrama) e os cátions são o magnésio, cálcio e sódio (grupo 4 do diagrama). De uma maneira geral, as águas da região estão no grupo 9 de classificação, ou seja, são águas sulfatadas ou cloretadas cálcicas ou magnesianas (ver figura 4.8). Vale lembrar que o Diagrama de Piper é mais utilizado para a determinação e tipologia de várias amostras, caracterizando assim uma área, e não locais isolados.



Figura 4.8: Diagrama de Piper com os resultados obtidos para a região estudada. Confeccionado com o programa Qualigraf, FUNCEME (2013)

4.4 Interpretação dos Mapas com o Diagrama de Stiff

Os Diagramas de Stiff são mais comumente utilizados na indústria da água para estudar a qualidade da água de um local específico. Ou seja, é utilizada para fazer o zoneamento hidroquímico. Nas figuras 4.9, 4.10, 4.11 e 4.12 estão representados todos os Diagrama de Stiff confeccionados nesse trabalho:



Figura 4.9: Diagramas de Stiff dos poços 2, 3, 4, e 5. Confeccionado com o programa Qualigraf, FUNCEME (2013).



Figura 4.10: Diagramas de Stiff dos poços 6, 7, 8, e 9. Confeccionado com o programa Qualigraf, FUNCEME (2013).



Figura 4.11: Diagramas de Stiff dos poços 10, 11, 13, e 14. Confeccionado com o programa Qualigraf, FUNCEME (2013).



Figura 4.12: Diagramas de Stiff dos poços 15, 16, 17, e 18. Confeccionado com o programa Qualigraf, FUNCEME (2013).

O mapa de distribuições das concentrações químicas (figura 4.13), que segue o Diagrama de Stiff, divide a área estudada em três setores, onde cada setor possui característica própria na qualidade da água. O setor 1 está localizado na parte noroeste do mapa, com a maior concentração dos poços estudados. Tem dureza pouco elevada (por ser água cloretada sódica e magnesiana) por conta das rochas que as águas do aquífero percolam. O setor 2 possui água altamente cloretada¹ por conta da zona de recarga do Riacho do Saco e do Rio Baixa do Tubarão e apresenta também excelente qualidade.

 $^{^{1}}$ Quantidades anômalas de cloretos nas águas subterrâneas são indicadores da contaminação por esgotos sanitários, podendo-se associar a elevação do nível de cloreto em um rio ou de um aquífero com o lançamento de esgotos sanitários

O setor 3 possui apenas o poço de número 17 e é próximo ao Rio Maçacará mas as rochas reservatórios da região não possuem grande relação com a zona de recarga do rio, não apresentando grandes quantidades do íon cloro. Tem dureza relativamente alta, por ser uma água cálcica e magnesiana. Lamentavelmente, os poços 21 e 22, que estão sobre os afloramentos da formação São Sebastião, não foram analisados hidroquimicamente.



Figura 4.13: Zoneamento das águas subterrâneas, utilizando o Diagrama de Stiff.

A existência das bacias hidrográficas do Rio Real e Itapicuru, representadas pelo Rio Baixa do Tubarão, Riacho Maçacará, Riacho do Saco e Rio Real, exercem fortes influências na variação hidroquímica da água. Os rios são orientados estruturalmente pelos falhamentos e os basculamentos entre os blocos permitem conexão direta entre aquíferos distintos, permitindo assim mistura de águas.

4.5 Conclusões e Recomendações

No presente estudo, que teve como base o método analítico proposto por Girão Nery (1996), a perfilagem geofísica, por meio das curvas de raios gama natural, resistividade profunda e acústica, foi usada na interpretação litoestratigráfica dos sistemas aquíferos granulares, para a avaliação da qualidade da água em termos de Sais Totais Dissolvidos (STD) e resistividade da água da formação (Rw). O método mostrou-se eficiente, prático e confiável, revelando o poder da perfilagem geofísica em identificar aquíferos potencialmente viáveis de explotação. Com tais resultados, mapas de distribuição espacial do STD foram feitos para uso futuro na exploração da água subterrânea na área estudada.

O estudo revelou ainda que o espaço entre o ano de perfuração do poço e ano que foi realizada a coleta da água para análise tem importância fundamental na realização deste tipo de pesquisa. Quando estes são de épocas próximas, os resultados tendem a se aproximar; quando realizados em épocas diferentes, a tendência é que o STD da perfilagem seja maior que o STD do laboratório, devido à limpeza natural do aquífero no decorrer de sua produção.

A importância da Petrofísica, como ciência e ferramenta determinante para um resultado coerente também deve ser levada em conta. Os valores adequados do coeficiente de cimentação e coeficiente litológico alteram muito os resultados, mesmo as variações desses coeficientes sendo em uma unidade ou casas decimais. Além disso, recomenda-se a utilização de equações e coeficientes que retratem bem a área de estudo, e não valores universais ou médios, que foram obtidos em outros trabalhos, em áreas diversas. Isso pode ser verificado com a grande discrepância de valores de porosidade efetiva encontradas pelas equações 2.22 e 2.23, onde o mais indicado é utilizar a equação 2.22, que é mais complexa, porém produz resultados mais confiáveis, já que não utiliza o coeficiente universal de Raymer (K = 0, 625).

Havendo a possibilidade de colocação de filtros em uma única formação, a correlação entre a análise hidroquímica e os perfis ficarão mais confiáveis para a aplicação desta metodologia. Recomendaria ainda, que o ideal seria a adoção de uma política de realizar a análise hidroquímica completa somente após um certo período, para dar chance de uma total limpeza do poço, quando então se deveria confrontar os resultados com os perfis.

A associação da Perfilagem Geofísica, Geofísica, Geologia, Química e a Hidroquímica permite estimar qualitativamente e quantitativamente reservatórios promissores, que por meio interpretativos e analíticos, a captação de aquíferos salinos que comprometam a qualidade final da água, diminuindo assim custos operacionais na construção e alocação de poços tubulares.

Agradecimentos

Primeiramente, expresso minha profunda gratidão a DEUS, por me proporcionar capacidade sufuciente para a realização de tudo em minha vida. A conclusão deste trabalho foi, com certeza, uma das etapas mais importantes da minha vida. Agradeço muito a minha tia Elcy Rolemberg (in memoriam), a minha avó Ilza, meus pais e minha irmã Priscila por me ajudarem sempre e estarem comigo fisicamente e em espírito.

Aos meus estimados colegas e amigos André, Naira, Marcelo, Vitor Ravel, Dete e Augusto, que sempre me estimularam, me ouviram quando precisei, me fizeram rir em todos os momentos e me fizeram sempre acreditar que eu conseguiria. Às ajudas de Cora, Letícia e Ítalo: sem eles, não conseguiria realizar esse trabalho. À Rimary e Silvia (sempre me ajudando com lições acadêmicas e de amizade)

Ao meu orientador Geraldo Girão Nery que me passou além de seu conhecimento, lições que levarei pra o resto da vida. Aos demais componentes da banca examinadora (Marco Antônio Lima Peixinho, Rimary Valera Sifontes e Silvia Bejarano) pela atenciosidade à nossa solicitação. À CERB, por meio de seu DHID (Departamento de Hidrogeologia) e aos geólogos, Marco Antônio Lima Peixinho e Alda Moraes, que me cederam todos os dados dos poços trabalhados, bem como autorizaram a HYDROLOG Serviços de Perfilagens Ltda. a reproduzir todos os perfis apresentados.

Referências Bibliográficas

ARCHIE, G. E. (1942) The electrical resistivity as an aid in determining some reservoir characteristics, Am. Inst. metall. Engineers, pp. 54-62.

CAIXETA, J. M.; BUENO, G. V.; MAGNAVITA, L. V.; FEIJÓ, F. J.(1994) Bacias do Recôncavo, Tucano e Jatobá. Boletim de Geociências da Petrobras, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 163-172.

CLAVIER, C.; POUPON, A.; DUMANOIR, J.; GAYMARD, R.; MISK, A. (1970) Log analysis of sand-shale sequences - A systematic approach, Journal of Petroleum Technology, 867-881.

COSTA, I. P.; MILHOMEM, P. S.; BUENO, G. V.; LIMA E SILVA, H. S. R.; KOSIN, M. D. (2007) Botetim de Geociências da Petrobras, Edição vol. 15, n°2, novembro 2007.

ELLIS, D. e SINGER, J. (2007) Well Logging for Earth Scientists, Second Edition, Springer, Dordrecht, Netherlands.

FUNCEME (2013)- Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos

GHIGNONE, J. I.(1972) A evolução estrutural do Recôncavo durante o tempo Candeias. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 2, p. 35-50.

KELLER, G. V. (1989) Electrical properties, In: Practical handbook of Physical Properties of Rocks and Minerals (Ed. Carmichael, R. S.) CRC Press, 1989, Boca Raton.

KLIMENTOS, T. (1991) The effects of porosity-permeability-clay content on the velocity of compressional waves, Geophysics, 82-89.

LARIONOV, V. V. (1969) Borehole Radiometry, Nedra, Moscow.

LIMA, O. A. L. (1991) Avaliação hidrogeofísica de arenitos aquíferos na Bacia Recôncavo-Tucano (BA), In: 2º Cong. Int. of the Brazilian Geophy. Soc., Anais, SBGf, Rio de Janeiro, Brasil.

LIMA, O. A. L. (1999) Determinação das resistividades verdadeiras de águas subterrâneas usando perfilagens de potencial enpontâneo, In: *Cong. Int. of the Brazilian Geophy. Soc.*, Anais, SBGf, Rio de Janeiro, Brasil.

MABROUK, W. M. (2007) An Approach for Estimating Porosity from Sonic-Logs in Shaly Formations, Geophysics Dept., Faculty of Science, Cairo University, Giza, Egypt. MAGNAVITA, L. P.(1996) Sobre a implantação da fase sinrifte em riftes continentais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39, Salvador. Anais. São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 1996. p. 335-338.

MAGNAVITA, L. P.; DESTRO, N.; CARVALHO, M. S. S. DE; MILHOMEM, P. DA S.; SOUZA-LIMA, W. (2003) Bacias sedimentares brasileiras: Bacia de Tucano. Aracajú: Fundação Paleontológica Phoenix. (Série Bacias Sedimentares, n. 52).

NERY, G. G. (1989) Perfilagem em poço aberto, Publicação interna PETROBRAS, Bahia, Brasil.

NERY, G. G. (1996) Equações hiperbólicas relacionando Rw com STD: Determinação da qualidade da água através dos perfis geofísicos, In: *Cong. Bras. Águas Subt.* Anais, ABAS, Salvador, Brasil.

NERY, G. G. (2000) Perfilagem geofísica aplicada à água subterrânea, In: CPRM, ed., *Hidrogeologia Conceitos e Aplicações*, vol. 1, cap. 4, pp. 227-240, Serviço Geológico do Brasil - CPRM, Rio de Janeiro, Brasil.

DE OLIVEIRA DUARTE, O. (2003) Dicionário Enciclopédico Inglês-Português de Geofísica e Geologia, Sociedade Brasileira de Geofísica.

ROSA, E. S. (2004) Avaliação hidrogeológica do aquífero São Sebastião na falha de Olindina utilizando geofísica de poço e de superfície, Dissertação de mestrado. Universidade Federal da Bahia, Salvador, Brasil.

RAYMER, L. L.; HUNT, E. R.; GARDNER, J. S. (1980) An improved sonic transit time-to-porosity transform, Trans. Soc. Prof. Weell Log Analysts, 21st Annual Logging Symposium.

SANTOS, R. A. (2010) Interpretação e Modelagem de Perfis Geofísicos de Poço nos campos marginais de Quiambina e Fazenda Mamoeiro, Trabalho de Graduação.

SCHLUMBERGER (2009) Log Interpretation Charts, Edição 2009.

SCHÖN, J. H. (2004) Physical Properties of Rocks: Fundamentals and Principles of Petrophysics, vol. 18, Handbook of Geophysical Exploration - Seismic Exploration, Elsevier.

SCHOPPER, J. R. (1982) Porosity and Permeability, In: LANDOLT- BÖRNSTEIN Numerical Data and Functional Relationships in Science and Technology, New Series; Group 5. Geophysics and Space Research, Vol 1 Physical Properties of Rocks, Subvol. a Springer-Verlag Berlin. Heidelberg. New York.

SERRA, O. (1984) Fundamentals of Well Log Interpretation, vol 2, Elsevier, Amsterdam.

SILVA, H. T. F. (1993) Flooding surfaces, depositional elements and accumulation rates:

characteristics of the Lower Cretaceous Tectonosequence in the Reconcavo Basin, northeast Brazil. 1993. 312 p. (PhD Thesis) – Texas University, Austin.

SILVA, H. T. F. (1996) Caracterização do início da fase sinrifte na Bacia do Recôncavo, estado da Bahia: discussão sobre a formação água gGrande e o reconhecimento da erosão do início do rifteamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39, Salvador. Anais. São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 1996, p. 325-328.

DA SILVA, R. R. (2013) Geologia do Petróleo, Notas de Aula.

STIEBER, S. J. (1970) Pulsed neutron capture log avaluation in the Louisiana Gulf Coast, SPE Annual Meeting, Houston.d

STIFF, H. A. J. (1951) The interpretation of chemical water analysis by means of patterns. In: Chemical hydrogeology, p. 60-62, 1983., In: *Chemical Hydrogeology*, William Back and R. Allan Freze, Hutchinson Ross Publishing Company. Reprinted from Jour. Petroleum Technology 3, n°10, section 2.

TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. M.; FAIRCHILD, T. R. e TAIOLI, F. (2000) Decifrando a Terra, Oficina de Textos, Rio de Janeiro, Brasil.

WALLS, J.; DVORKIN, J. e CARR, M. (2004) Well logs and rock physics in seismic reservoir characterization, Houston, Texas.

WORTHINGTON, P. F.; SPE; GAFFNEY (2011) The Petrophysics of Problematic Reservoirs

WYLLIE, M. R. J.; GREGORY, A. R. e GARDNER, L. W. (1956) Elastic wave velocities in heterogeneous and porous media, Geophysics, 41-70.

APÊNDICE A

Planilhas de Cálculos Interpretativos

Neste apêndice, são mostradas as 16 planilhas de cálculos interpretativos referentes à seção 3.7 deste trabalho.

Interpr	etação d	os Perfis	s - 2 TAN	1BURIL -	PROJ TU	JCANO -	PROJ NO	ORDESTE	- FASE I
Intervalo	AGR	DTm	C Raymer	aSDT	bSDT	а	m	SDTlab	SDTperfil
0,25	2	55,5	0,625	3624,2	0,896	0,88	1,37	149,57	166,25
Prof	DIR	GR	DT	IGR	VSHGR	PHIRay	PHIE	Rwa	SDTperfil
131	137,73	27,73	102,87	0,19	0,11	0,29	0,29	35,10	144,15
133,5	114,07	28,99	104,09	0,32	0,19	0,29	0,26	25,54	194,60
134	111,37	25,88	104,59	0,00	0,00	0,29	0,34	34,60	146,12
214	108,22	28,08	105,27	0,05	0,03	0,30	0,33	32,71	154,04
214,25	96,67	28,55	104,68	0,07	0,03	0,29	0,33	28,60	174,86
214,5	95,76	27,80	104,81	0,04	0,02	0,29	0,33	28,90	173,16
214,75	97,64	26,32	105,51	0,00	0,00	0,30	0,34	30,81	163,02
215	97,10	25,27	106,54	-0,03	-0,02	0,30	0,35	31,83	158,06
215,25	93,24	26,15	106,72	-0,01	0,00	0,30	0,35	30,12	166,52
224,5	93,58	29,98	103,83	0,11	0,06	0,29	0,31	26,31	189,23
224,75	102,85	32,17	104,50	0,17	0,09	0,29	0,30	27,58	180,99
225,25	95,02	34,21	104,44	0,23	0,13	0,29	0,28	23,90	207,15
225,5	111,24	29,09	103,99	0,08	0,04	0,29	0,32	32,08	156,93
225,75	130,11	31,01	103,78	0,14	0,07	0,29	0,30	35,54	142,45
226	135,46	32,47	103,82	0,18	0,10	0,29	0,29	35,52	142,51
ESTATÍSTICA	DIR	GR	DT	IGR	VSHGR	PHIRay	PHIE	RwA	SDTPerfl
MÁXIMO	137,73	34,21	106,72	0,32	0,19	0,30	0,35	35,54	207,15
MÍNIMO	93,24	25,27	102,87	-0,03	-0,02	0,29	0,26	23,90	142,45
MÉDIA	108,00	28,91	104,63	0,10	0,06	0,29	0,32	30,61	166,25
DESVIO	15,38	2,64	1,04	0,10	0,06	0,00	0,03	3,76	20,15

Figura A.1: Planilha de cálculos interpretativos referente ao poço2

	Interpre	etação d	os Perfis	s - 3 Tuba	arão / Q	uixabá /	Jatobá		
Intervalo	AGR	DTm	C Baymer	aSDT	hSDT	a	m	SDTIah	SDTnorfil
0.25	2	55 5	0.625	3624.2	0.806	a 0.88	1 37	222.82	23/ 8/
Prof		GR GR	0,023	IGR	VSHGR	PHIRay	PHIE	Rwa	SDTnerfil
207.25	111 38	31.09	107 34	0.55	0.38	0.30	0.20	13 51	354.89
207,5	109.73	28.55	108.33	0,39	0.24	0.30	0.26	19,51	250.96
207.75	109.92	28,61	108.51	0.39	0.24	0.31	0.26	19.51	250,92
208	107.15	25.72	107.91	0.20	0.11	0.30	0.31	24.31	203.83
208.25	106.37	29.00	107.07	0.42	0.26	0.30	0.24	17.39	279,65
208.5	110.78	27.54	106.92	0.32	0.19	0.30	0.27	21.11	232.97
208.75	103.60	24.29	107.23	0.11	0.06	0.30	0.33	25.54	194,62
209	100,46	26,50	106,82	0,26	0,15	0,30	0,29	20,94	234,67
209,25	102,49	26,73	106,22	0,27	0,16	0,30	0,28	20,66	237,66
209,5	102,42	27,96	104,13	0,35	0,21	0,29	0,25	17,42	279,30
209,75	97,26	29,16	102,18	0,43	0,27	0,29	0,22	13,50	355,12
211	108,41	29,20	103,52	0,43	0,28	0,29	0,22	15,60	309,85
222,5	124,51	29,89	101,54	0,48	0,31	0,28	0,20	15,19	317,80
222,75	129,29	29,84	101,53	0,47	0,31	0,28	0,20	15,90	304,46
223	124,27	31,11	102,75	0,56	0,39	0,29	0,17	12,74	375,32
223,25	122,80	31,74	103,88	0,60	0,43	0,29	0,16	11,49	413,48
223,5	125,87	31,85	104,32	0,60	0,43	0,29	0,16	11,68	407,16
223,75	120,79	30,78	104,57	0,53	0,37	0,29	0,19	14,09	341,21
224	122,31	28,11	104,63	0,36	0,22	0,29	0,25	20,75	236,78
231,75	124,29	31,40	104,91	0,58	0,40	0,29	0,18	13,04	367,12
232,5	125,45	29,33	102,22	0,44	0,28	0,29	0,21	17,04	285,10
232,75	123,66	27,95	103,22	0,35	0,21	0,29	0,25	20,55	238,91
233	124,51	25,50	105,22	0,19	0,11	0,30	0,30	27,10	184,03
233,25	122,34	25,36	106,16	0,18	0,10	0,30	0,31	27,45	181,77
233,5	118,72	26,51	106,88	0,26	0,15	0,30	0,29	24,77	200,26
233,75	123,77	26,83	106,98	0,28	0,16	0,30	0,28	25,19	197,14
234	113,42	29,00	107,71	0,42	0,27	0,30	0,25	18,85	259,22
234,25	106,57	34,12	108,58	0,75	0,60	0,31	0,11	6,00	763,84
241,5	103,48	31,67	108,25	0,59	0,42	0,30	0,18	11,60	409,99
241,75	98,49	31,27	108,37	0,57	0,40	0,30	0,20	11,96	398,26
242	101,32	31,64	108,16	0,59	0,42	0,30	0,18	11,39	417,08
242,25	110,62	30,46	108,00	0,51	0,35	0,30	0,21	15,22	317,28
242,5	122,65	29,61	108,19	0,46	0,30	0,30	0,23	19,15	255,34
242,75	131,94	25,65	107,71	0,20	0,11	0,30	0,31	29,97	167,32
243	136,53	24,44	106,56	0,12	0,06	0,30	0,32	32,90	153,21
243,25	133,16	24,25	105,71	0,11	0,06	0,30	0,32	31,91	157,72
248,5	202,39	34,61	107,41	0,78	0,64	0,30	0,09	8,35	558,88
248,75	178,90	32,44	106,87	0,64	0,47	0,30	0,16	16,01	302,40
249	124,14	33,74	104,86	0,73	0,57	0,29	0,11	6,56	701,59
249,25	190,65	33,10	105,40	0,69	0,52	0,30	0,13	13,18	363,28
249,5	191,31	31,01	107,52	0,55	0,38	0,30	0,20	23,67	209,06
249,75	179,38	28,94	110,07	0,41	0,26	0,31	0,26	31,88	157,86
250	164,40	25,51	108,64	0,19	0,11	0,31	0,32	38,43	132,32
250,25	173,69	24,79	105,79	0,14	0,08	0,30	0,31	40,25	126,66
250,5	192,63	24,75	104,20	0,14	0,08	0,29	0,31	43,26	118,32
250,75	197,20	27,67	105,00	0,33	0,20	0,29	0,26	35,36	143,13
251	187,49	28,19	105,09	0,37	0,22	0,29	0,25	31,91	157,70
251,25	188,64	25,37	105,26	0,18	0,10	0,30	0,30	41,49	123,07
251,5	187,85	23,98	105,12	0,09	0,05	0,30	0,32	45,25	113,40
251,75	195,91	24,91	104,70	0,15	0,08	0,29	0,31	43,98	116,48
252	184,09	26,11	103,74	0,23	0,13	0,29	0,28	36,91	137,45
252,25	166,86	27,80	102,53	0,34	0,21	0,29	0,25	27,65	180,55
252,5	171,37	29,72	101,98	0,47	0,30	0,28	0,20	21,80	225,99
257,5	187,40	33,89	103,15	0,74	0,58	0,29	0,09	8,25	565,23
257,75	1/5,66	29,73	103,65	0,47	0,30	0,29	0,21	23,59	209,71

				Interpre	etação d	os Perfi	s -4 Trino	dade		
Inter		ACR	DTm	C Dayman	acDT.	LCDT	-		CDTIab	CDTnorfil
Interv		AGK		C Raymer	aSD1	0.000	a 0.00	m 4.27		SUTPERIN 44C FF
Drof	0,25		55,5 CP	0,025	3024,2	0,890	0,88	1,37	115,11 Pwo	110,55 SDTnorfil
PIUI	200	115 52	22.44	101 24	0.09	0.05	0.20	0.20	nwa 25.71	102.26
	205	127.19	22.95	101,54	0,05	0,03	0,20	0,30	23,71	193,50
	289.5	136 23	36.08	101,47	0,13	0,07	0,20	0,30	27,22	177 58
	289.75	135,92	38.90	102,70	0.26	0,10	0,25	0,25	25,14	194.08
	200,70	143.55	35.68	100.53	0,18	0,10	0.28	0.28	28,50	175.47
	290.25	149.86	34.74	98.36	0.15	0.08	0.27	0.27	29,01	172.52
	290.5	168.06	33.96	99.27	0.13	0.07	0.28	0.28	34.12	148.04
	290.75	146.34	34.96	100.09	0.16	0.08	0.28	0.28	29.40	170.35
	291	175.78	33.86	101.02	0.13	0.07	0.28	0.29	37.32	136.02
	291.25	181.88	29.27	101.97	0.00	0.00	0.28	0.33	44.41	115.42
	291,5	188,90	29,09	102,57	0,00	0,00	0,29	0,33	46,89	109,67
	291.75	189,69	31,45	102,63	0.06	0.03	0,29	0.32	44,56	115.05
	292	180.45	32.86	102.19	0.10	0.05	0.29	0.31	40.47	126.00
	292,25	182,59	32,99	101,63	0,10	0,05	0,28	0,30	40,29	126,53
	292,5	160,22	31,86	99,90	0.07	0,04	0,28	0,30	35,04	144,35
	292.75	161.18	32.75	100.11	0.10	0.05	0.28	0.30	34.57	146.23
	293	160,16	31,34	101,13	0,06	0,03	0,28	0,31	36,52	138,85
	293,25	181,42	31,03	102,34	0,05	0,03	0,29	0,32	42,80	119,51
	293,5	181,26	32,21	103,46	0,08	0,04	0,29	0,32	42,51	120,28
	293,75	186,01	31,49	104,55	0,06	0,03	0,29	0,33	45,45	112,92
	294	179,34	30,84	104,46	0,05	0,02	0,29	0,33	44,43	115,37
	294,25	188,56	29,30	102,93	0.01	0,00	0,29	0,33	46,93	109,57
	294,5	207,65	29,81	102,36	0,02	0,01	0,29	0,32	50,49	102,27
	294,75	198,72	29,62	102,80	0,01	0,01	0,29	0,33	48,97	105,25
	295	178,56	29,75	103,43	0,02	0,01	0,29	0,33	44,44	115,36
	304	166,88	32,76	106,10	0,38	0,24	0,30	0,25	28,31	176,58
	304,25	178,67	31,77	107,40	0,35	0,21	0,30	0,27	33,18	151,99
	304,5	196,93	33,74	108,05	0,42	0,26	0,30	0,25	33,05	152,56
	304,75	183,90	33,58	107,99	0,41	0,26	0,30	0,25	31,13	161,42
	305	192,84	33,54	106,81	0,41	0,26	0,30	0,24	31,72	158,61
	305,25	191,90	32,83	106,08	0,39	0,24	0,30	0,25	32,39	155,49
	305,5	221,72	31,60	105,49	0,34	0,21	0,30	0,26	39,63	128,53
	305,75	213,91	32,58	104,44	0,38	0,23	0,29	0,24	35,10	144,12
	306	177,54	36,06	103,67	0,50	0,33	0,29	0,20	21,92	224,80
	306,25	161,16	34,91	103,58	0,46	0,30	0,29	0,21	21,88	225,22
	306,5	163,09	34,13	103,65	0,43	0,28	0,29	0,22	23,54	210,14
	306,75	163,61	34,76	103,28	0,46	0,29	0,29	0,21	22,24	221,70
	307,5	167,55	34,23	102,03	0,44	0,28	0,29	0,21	22,83	216,35
	308,5	175,07	33,26	106,08	0,40	0,25	0,30	0,24	28,76	173,94
	308,75	194,19	34,81	104,76	0,46	0,30	0,29	0,22	27,56	181,09
	310,25	220,14	27,07	103,42	0,18	0,10	0,29	0,29	46,56	110,40
	310,5	233,67	28,32	104,43	0,23	0,13	0,29	0,29	47,95	107,37
	310,75	226,72	29,98	103,29	0,28	0,17	0,29	0,27	41,81	122,20
	311	213,13	32,94	101,23	0,39	0,24	0,28	0,22	31,10	161,59
	311,25	219,33	37,12	99,92	0,54	0,37	0,28	0,16	21,09	233,12
	311,5	232,02	34,27	99,71	0,44	0,28	0,28	0,20	29,14	171,80
	311,75	272,69	31,33	99,50	0,33	0,20	0,28	0,23	41,95	121,80
	312	281,65	33,41	99,97	0,41	0,26	0,28	0,21	38,17	133,17
	312,25	267,88	33,84	101,03	0,42	0,27	0,28	0,21	36,40	139,27
	312,5	280,10	31,03	102,23	0,32	0,19	0,29	0,25	47,43	108,47
	312,75	274,53	29,20	103,49	0,26	0,15	0,29	0,27	52,89	97,87
	313	280,47	29,82	104,26	0,28	0,16	0,29	0,27	53,41	96,97
	313,25	274,90	31,56	104,16	0,34	0,21	0,29	0,25	47,57	108,18
	313,5	311,05	32,65	102,68	0,38	0,23	0,29	0,23	48,33	106,58
	313,75	260,65	30,80	102,83	0,31	0,19	0,29	0,25	45,46	112,92
	314	321,64	30,35	103,27	0,30	0,17	0,29	0,26	58,13	89,53
	314,25	331,05	30,42	103,45	0,30	0,18	0,29	0,26	59,91	87,02
	314,5	304,77	31,99	103,42	0,36	0,22	0,29	0,24	50,42	102,39
	314,75	284,04	30,96	104,40	0,32	0,19	0,29	0,26	51,17	100,98
	215	200 50	20.42	105 20	0.26	0.15	0.20	0.00	EC 00	00 70

	merpre	. Luguo u		-9 JOA-		SANO-F			
Intervalo	AGR	DTm	C Raymer	aSDT	bSDT	а	m	SDTlab	SDTperfil
0,25	2	55,5	0,625	3624,2	0,896	0,88	1,37	125,12	127,72
Prof	DIR	GR	DT	IGR	VSHGR	PHIRay	PHIE	Rwa	SDTperfil
168,25	166,55	32,24	139,45	0,69	0,53	0,38	0,27	32,99	152,80
168,5	175,55	30,30	130,80	0,61	0,44	0,37	0,30	39,43	129,13
169	169.53	31.02	143.04	0,03	0,40	0,37	0,25	39,88	132,32
169.25	156.55	33.80	166.78	0,76	0,47	0,30	0,31	41.78	122,28
169,5	172,35	36,94	168,86	0,89	0,80	0,42	0,27	33,64	150,03
169,75	174,16	33,45	154,23	0,74	0,59	0,40	0,30	39,63	128,51
179,75	92,00	25,59	104,14	0,41	0,26	0,29	0,23	14,71	327,58
180	96,77	22,40	105,94	0,28	0,16	0,30	0,28	20,00	245,13
185,75	108,65	22,83	111,83	0,29	0,17	0,31	0,30	24,89	199,39
186	126,53	20,71	110,38	0,21	0,11	0,31	0,32	31,23	160,95
186,25	135,55	20,29	109,96	0,19	0,10	0,31	0,32	33,81	149,34
180,5	130,29	20,46	111,23	0,19	0,11	0,31	0,33	33,05	152,56
180,75	138,90	15,84	112,29	0,00	0,00	0,32	0,38	42,47	120,39
195 25	106.01	20.25	109 32	0,02	0,01	0,52	0,37	26 16	120,33
195.5	132.92	19.91	112.20	0,17	0.09	0.32	0.34	35,13	144.00
195,75	129,94	19,87	112,42	0,17	0.09	0,32	0,34	34,53	146,36
196	119,96	18,87	112,20	0,13	0,07	0,32	0,35	33,03	152,64
196,25	112,38	20,72	111,61	0,21	0,11	0,31	0,33	28,38	176,18
196,5	116,97	22,74	111,38	0,29	0,17	0,31	0,30	26,69	186,69
196,75	114,17	20,97	111,04	0,22	0,12	0,31	0,32	28,21	177,17
197	108,53	20,23	112,05	0,18	0,10	0,32	0,33	28,22	177,09
198,75	102,04	19,52	114,88	0,15	0,08	0,32	0,35	28,70	174,30
199	118,89	17,07	113,87	0,05	0,03	0,32	0,37	35,87	141,22
221,25	95,79	25,06	116,20	0,31	0,18	0,33	0,32	23,55	210,10
221,5	90,57	21,97	117,23	0,15	0,08	0,33	0,36	26,65	186,93
221,75	88,57	25,41	117,42	0,32	0,19	0,33	0,32	21,78	226,16
222	89,93 91 19	24,21	110,40	0,20	0,15	0,33	0,33	23,33	211,80
222,25	94.98	25,30	114,97	0,32	0,15	0,33	0,31	22,68	217.69
223	94,31	24,31	113,89	0,27	0,15	0,32	0,32	23,23	212,79
223,25	93,02	25,36	113,78	0,32	0,19	0,32	0,30	21,42	229,79
223,5	88,10	23,24	114,86	0,21	0,12	0,32	0,34	23,44	211,04
223,75	89,02	24,86	115,50	0,30	0,17	0,32	0,32	21,86	225,38
224,5	89,88	25,36	114,03	0,32	0,19	0,32	0,30	20,79	236,29
224,75	94,95	21,97	114,90	0,15	0,08	0,32	0,35	26,90	185,28
229	83,48	25,30	115,86	0,32	0,19	0,33	0,31	20,09	244,09
229,25	89,15	26,18	115,17	0,36	0,22	0,32	0,30	19,95	245,73
230,25	98,48	23,30	110,21	0,22	0,12	0,31	0,32	23,95	206,75
230,5	97,04	20,44	110,02	0,38	0,23	0,31	0,27	19,08	200,28
230,73	96 59	20,65	109.85	0,40	0,23	0,51	0,27	17,20	261,55
238,25	95,95	23,42	110.87	0.22	0,12	0,31	0.32	23.48	210.70
238,5	88,11	22,99	110,90	0,20	0,11	0,31	0,32	22,09	223,18
238,75	81,64	22,97	110,51	0,20	0,11	0,31	0,32	20,34	241,29
239	83,68	23,48	109,78	0,22	0,13	0,31	0,31	19,98	245,36
239,25	85,07	25,86	113,06	0,35	0,21	0,32	0,29	18,65	261,77
247	94,16	22,49	107,76	0,17	0,10	0,30	0,32	22,80	216,56
247,25	101,12	20,80	106,06	0,09	0,05	0,30	0,33	25,77	192,93
247,5	103,12	22,57	105,51	0,18	0,10	0,30	0,30	23,74	208,51
247,75	107,96	23,79	105,45	0,24	0,14	0,30	0,29	23,08	214,11
248	105,64	22,41	106,68	0,17	0,09	0,30	0,31	25,14	197,53
248,25	102,17	19 79	107,02	0,10	0,05	0,30	0,33	20,15	180.04
240,5	111.54	19,10	106.88	0.00	0.00	0.30	0.35	31.08	161.65
251	136.87	20.11	104.46	0.12	0.06	0.29	0.31	32.85	153.42
251,25	147,23	19,71	105,80	0,09	0,04	0,30	0,33	37,40	135,74
251,5	151,22	19,32	107,25	0,06	0,03	0,30	0,34	40,54	125,81
251,75	137,79	20,14	107,06	0,12	0,06	0,30	0,33	34,78	145,37
252	143,53	19,14	107,84	0,04	0,02	0,30	0,35	39,34	129,43
252,25	151,86	19,79	110,33	0,09	0,05	0,31	0,35	41,76	122,34
252,5	142,33	20,32	111,72	0,13	0,07	0,31	0,34	38,68	131,50
252,75	127,62	19,95	111,05	0,10	0,05	0,31	0,35	35,17	143,88
252	126.20	20.14	110 45	0.10	0.06	0.21	0.24	22.00	140.60
		Interpre	etação d	os Perfi	s -6 JUÁ/	SÃO JO	ĂO DA F	ORTALEZ	Α
-----------	--------	----------	----------	----------	-----------	--------	---------	---------	-----------
Intervalo	AGR	DTm	C Raymer	aSDT	hSDT	а	m	SDTIah	SDTnerfil
0.25	2	55 5	0.625	3624.2	0.896	0.88	1 37	131 22	132 17
Prof		GR	0,025	IGR	VSHGR	PHIRay	PHIF	Rwa	SDTperfil
149.25	139.70	39.70	133.35	0.21	0.12	0.36	0.42	47.83	107.62
157.75	172.86	38,41	130,90	0,18	0,10	0.36	0.41	58.67	88.75
158	135.73	40.80	126,31	0.23	0.13	0.35	0.38	41.31	123.59
158.25	178.73	50.34	124.55	0.44	0.28	0.35	0.31	41.49	123.08
158.5	226.11	47.50	131.38	0.38	0.23	0.36	0.36	63.68	82.14
163.75	160.86	52.31	162.73	0.48	0.32	0.41	0.44	60.12	86.73
164	170,46	48,05	156,66	0,39	0,24	0,40	0,45	65,43	80,06
165	175.40	46.87	137.47	0.36	0.22	0.37	0.39	54.72	94,78
165,25	189,26	50,00	143,29	0,43	0,27	0,38	0,39	59,15	88,07
165,5	192,72	50,73	148,89	0,45	0,29	0,39	0,41	63,55	82,30
166,25	204,16	49,42	152,48	0,42	0,26	0,40	0,43	72,54	72,64
166,5	204,10	46,60	147,80	0,36	0,22	0,39	0,43	72,98	72,22
166,75	223,84	46,30	136,10	0,35	0,21	0,37	0,39	69,46	75,68
167	188,92	41,82	134,64	0,25	0,14	0,37	0,41	63,21	82,72
167,25	189,78	41,96	133,45	0,26	0,15	0,37	0,40	62,34	83,80
170,5	134,28	43,61	134,49	0,29	0,17	0,37	0,40	43,25	118,36
170,75	124,07	41,92	130,44	0,26	0,15	0,36	0,39	39,15	130,01
171	107,13	44,35	136,91	0,31	0,18	0,37	0,40	35,08	144,22
171,25	136,19	49,63	141,42	0,42	0,27	0,38	0,39	41,90	121,94
171,5	116,85	61,12	138,23	0,67	0,51	0,37	0,28	22,73	217,19
171,75	105,12	64,31	146,73	0,74	0,59	0,39	0,27	20,28	241,93
172	111,57	62,05	151,34	0,69	0,53	0,40	0,32	26,10	190,62
172,25	114,80	55,62	155,55	0,55	0,38	0,40	0,39	36,05	140,54
172,5	102,14	58,28	173,03	0,61	0,44	0,42	0,43	36,71	138,15
172,75	105,67	66,87	151,52	0,80	0,66	0,40	0,26	19,15	255,41
174	102,53	57,01	144,84	0,58	0,41	0,39	0,34	26,54	187,68
174,25	95,74	55,37	141,33	0,55	0,38	0,38	0,34	24,87	199,53
211,5	137,78	24,58	111,75	0,19	0,11	0,31	0,33	34,18	147,80
211,75	139,56	22,56	113,33	0,07	0,04	0,32	0,36	39,78	128,08
212	140,77	24,53	114,43	0,19	0,10	0,32	0,34	36,80	137,83
212,25	139,23	26,16	114,26	0,29	0,17	0,32	0,32	32,66	154,27
212,5	131,37	24,17	115,83	0,17	0,09	0,33	0,35	35,92	141,03
212,75	129,86	24,58	117,92	0,19	0,11	0,33	0,36	35,94	140,94
213	138,10	23,01	118,16	0,10	0,05	0,33	0,38	41,65	122,63
213,25	139,87	27,57	116,79	0,37	0,23	0,33	0,30	30,95	162,33
213,5	148,59	29,45	115,92	0,48	0,32	0,33	0,26	27,04	184,40
213,75	165,76	28,38	116,11	0,42	0,26	0,33	0,28	33,70	149,76
214	165,00	28,34	117,19	0,41	0,26	0,33	0,29	34,45	146,71
214,25	142,56	29,00	117,89	0,45	0,29	0,33	0,28	28,39	176,10
217,25	166,48	24,32	116,49	0,18	0,10	0,33	0,35	45,64	112,48
217,5	162,47	22,11	116,50	0,05	0,02	0,33	0,38	49,78	103,65
217,75	160,51	22,60	115,69	0,08	0,04	0,33	0,37	47,47	108,40
218	164,96	22,21	115,99	0,05	0,03	0,33	0,38	49,90	103,40
218,25	181,23	21,30	115,10	0,00	0,00	0,32	0,39	56,30	92,27
218,5	180,41	25,81	114,50	0,27	0,15	0,32	0,32	43,54	117,60
218,75	180,42	25,36	114,07	0,24	0,14	0,32	0,33	44,50	115,21
219	168,12	26,83	113,46	0,33	0,19	0,32	0,30	36,93	137,39
219,25	186,53	29,84	113,36	0,50	0,34	0,32	0,24	30,53	164,42
219,5	181,22	29,29	112,77	0,47	0,31	0,32	0,25	31,15	161,33
221,75	159,99	26,75	113,30	0,32	0,19	0,32	0,30	35,24	143,60
225	169,38	25,59	107,12	0,25	0,14	0,30	0,29	35,70	141,84
225,25	176,28	26,60	106,89	0,31	0,18	0,30	0,27	34,14	147,96
225,5	172,78	27,32	107,72	0,35	0,22	0,30	0,27	32,04	157,09
225,75	172,10	27,01	107,52	0,34	0,20	0,30	0,27	32,66	154,30
226	185,68	28,37	106,80	0,42	0,26	0,30	0,24	30,30	165,58

Interpr	etação do	os Perfis -	7 SÃO JO	DÃO DA	FORTALE	ZA -PR TU	CANO-PF		-FASE I
Intervalo	AGR	DTm	C Raymer	aSDT	bSDT	a	m	SDTlab	SDTperfil
0,25	2	55,5	0,625	3624,2	0,896	0,88	1,37	95,42	128,82
Prof	DIR	GR	DT	IGR	VSHGR	PHIRay	PHIE	Rwa	SDTperfil
173,75	141,63	22,52	106,56	0,22	0,13	0,30	0,30	37,50	135,42
174	137,55	21,10	105,86	0,06	0,03	0,30	0,33	41,88	122,01
174,25	143,01	21,07	106,03	0,05	0,03	0,30	0,34	43,78	117,00
174,5	140,79	22,55	106,53	0,23	0,13	0,30	0,30	37,12	136,71
174,75	151,29	20,62	106,73	0,00	0,00	0,30	0,35	48,72	105,77
175	150,80	22,89	106,19	0,27	0,15	0,30	0,28	40,14	126,98
175,25	142,33	22,83	105,41	0,26	0,15	0,30	0,28	37,52	135,35
175,5	149,66	22,59	104,61	0,23	0,13	0,29	0,29	39,05	130,33
188,5	115,73	24,17	111,70	0,20	0,11	0,31	0,33	34,57	146,21
188,75	119,64	23,76	111,52	0,17	0,09	0,31	0,33	36,58	138,62
189,5	119,31	22,22	111,43	0,06	0,03	0,31	0,36	39,76	128,12
189,75	126,18	22,48	111,30	0,07	0,04	0,31	0,36	41,40	123,32
190	128,85	21,83	110,95	0,03	0,01	0,31	0,36	43,49	117,74
190,25	114,71	21,44	110,22	0,00	0,00	0,31	0,37	39,02	130,43
235	110,10	23,50	109,50	0,00	0,00	0,31	0,36	37,04	136,98
269,75	138,25	27,40	109,17	0,25	0,15	0,31	0,30	37,27	136,19
270	131,54	28,19	110,37	0,31	0,18	0,31	0,29	36,76	137,97
270,25	131,03	27,80	111,33	0,28	0,16	0,31	0,30	37,00	137,12
276,5	125,61	26,51	109,29	0,20	0,11	0,31	0,32	36,00	140,74
325	134,53	27,00	105,36	0,00	0,00	0,30	0,34	42,34	120,75
325,25	137,87	27,33	105,24	0,03	0,02	0,30	0,34	42,27	120,93
325,5	155,56	28,65	105,21	0,16	0,09	0,30	0,31	42,67	119,86
331,75	134,36	26,77	108,93	0,23	0,13	0,31	0,31	36,94	137,35
332	142,60	23,11	108,62	0,00	0,00	0,31	0,36	47,32	108,71
332,25	145,46	26,55	108,53	0,22	0,12	0,31	0,31	40,25	126,67
333	123,27	25,82	107,60	0,17	0,09	0,30	0,32	35,08	144,20
333,25	110,36	23,46	107,46	0,02	0,01	0,30	0,35	35,40	142,98
350,75	110,16	31,09	111,68	0,06	0,03	0,31	0,36	36,86	137,63
352	132,28	30,71	110,20	0,02	0,01	0,31	0,36	44,40	115,46
352,25	130,84	30,51	111,09	0,00	0,00	0,31	0,37	45,09	113,78
352,5	139,31	33,02	111,04	0,24	0,14	0,31	0,31	39,45	129,07
352,75	131,76	32,21	110,49	0,16	0,09	0,31	0,33	39,75	128,15
353	132,15	31,42	109,44	0,09	0,05	0,31	0,34	41,71	122,48
ESTATÍSTICA	DIR	GR	DT	IGR	VSHGR	PHIRay	PHIE	RwA	SDTPerfl
MÁXIMO	155,56	33,02	111,70	0,31	0,18	0,31	0,37	48,72	146,21
MÍNIMO	110,10	20,62	104,61	0,00	0,00	0,29	0,28	34,57	105,77
MÉDIA	132,68	25,55	108,66	0,13	0,07	0,31	0,33	39,82	128,82
DESVIO	12,38	3,65	2,34	0,10	0,06	0,01	0,03	3,57	10,45

~ ã

Figura A.6: Planilha de cálculos interpretativos referente ao poço $7\,$

	Interpre	etação d	os Perfis	-8 ITAP	ARICA -	PROJ TU	CANO -	IRRIGAÇ	ÃΟ
Intervalo	AGR	DTm	C Raymor	aSDT	hSDT	a	m	SDTIah	SDTnorfil
0.20			0 62E	2624.2	0 906	d 0.99	1 27	120 70	120 11
Prof		GR SS,S	0,023	3024,2	VSHGR	PHIRay	PHIE	136,73 Rwa	SDTnerfil
160.25	208.86	24.58	100.80	0.19	0.11	0.28	0.28	40.76	125 18
160.5	250,00	24,30	100.02	0,19	0,11	0,28	0.27	48,41	106.40
160.75	234.77	23.39	99.08	0.09	0.04	0.27	0.29	49.77	103.66
161	266.83	24.01	97.72	0.14	0.08	0.27	0.27	51.30	100.73
161,25	200,41	23,38	98,94	0.08	0,04	0,27	0,29	42,38	120,63
161.5	188.69	22,47	105.20	0.00	0.00	0.30	0.34	49.36	104.46
161.75	214,19	26,51	112.31	0,37	0,23	0.32	0,28	42,86	119.37
193	109,03	35,26	119,61	0,17	0,09	0,33	0,37	31,67	158,85
193,25	104,50	34,95	120,81	0,14	0,08	0,34	0,38	31,68	158,79
193,5	104,39	33,55	121,06	0,02	0,01	0,34	0,41	34,87	145,05
193,75	95,46	33,29	118,17	0,00	0,00	0,33	0,40	31,07	161,74
194	92,62	34,68	118,58	0,12	0,06	0,33	0,38	27,67	180,41
194,25	96,90	34,05	121,03	0,07	0,03	0,34	0,40	31,36	160,30
194,5	89,58	35,92	131,32	0,23	0,13	0,36	0,40	29,33	170,76
194,75	88,58	36,90	123,83	0,31	0,19	0,34	0,35	23,86	207,51
195	88,45	34,11	115,55	0,07	0,04	0,32	0,37	26,22	189,83
201,75	102,03	35,97	112,81	0,23	0,13	0,32	0,32	24,77	200,26
215	65,24	31,24	109,44	0,10	0,05	0,31	0,34	17,01	285,54
215,25	62,94	32,03	108,00	0,15	0,08	0,30	0,32	15,14	318,70
218,75	108,17	31,21	110,04	0,10	0,05	0,31	0,34	28,57	175,03
219	112,82	29,85	109,07	0,00	0,00	0,31	0,36	31,70	158,67
228,25	142,20	33,52	108,72	0,16	0,09	0,31	0,32	34,37	147,01
228,5	172,98	31,48	108,37	0,09	0,05	0,30	0,34	44,45	115,32
228,75	169,07	31,11	106,89	0,08	0,04	0,30	0,33	42,72	119,75
229	146,46	28,84	106,30	0,00	0,00	0,30	0,35	39,12	130,10
280,75	155,13	34,58	115,20	0,40	0,25	0,32	0,29	31,89	157,78
281	133,86	30,03	118,19	0,21	0,12	0,33	0,35	36,51	138,86
281,25	143,06	34,29	117,41	0,39	0,24	0,33	0,30	31,32	160,49
281,5	144,97	35,45	116,15	0,43	0,28	0,33	0,28	28,77	173,91
281,75	141,48	33,54	116,28	0,35	0,22	0,33	0,30	31,60	159,16
282	156,67	32,82	118,17	0,33	0,19	0,33	0,32	37,67	134,84
285,25	128,63	27,70	107,82	0,12	0,06	0,30	0,33	31,89	157,77
285,5	282,29	29,83	112,09	0,20	0,11	0,32	0,33	69,65	75,48
285,75	330,81	29,27	111,74	0,18	0,10	0,31	0,33	83,01	63,95
286	162,98	28,52	110,18	0,15	0,08	0,31	0,33	40,96	124,58
286,25	149,20	32,34	107,56	0,31	0,18	0,30	0,28	29,58	169,38
286,5	222,52	34,77	107,99	0,40	0,25	0,30	0,25	38,21	133,05
286,75	255,18	31,89	109,58	0,29	0,17	0,31	0,29	54,27	95,53
287	287,10	30,45	110,83	0,23	0,13	0,31	0,32	67,26	78,01
287,25	256,76	29,66	109,74	0,20	0,11	0,31	0,32	60,99	85,55
287,5	278,84	28,52	108,10	0,15	0,08	0,30	0,32	67,30	77,97
287,75	305,52	26,70	107,71	0,08	0,04	0,30	0,34	78,53	67,40
288	355,11	25,93	109,47	0,05	0,02	0,31	0,35	96,87	55,28
288,25	488,43	27,38	110,36	0,10	0,06	0,31	0,34	128,64	42,30
288,5	262,59	25,83	109,73	0,04	0,02	0,31	0,35	72,21	72,95
288,75	276,35	24,80	110,50	0,00	0,00	0,31	0,37	79,62	66,53
289	349,12	29,83	101,72	0,20	0,11	0,28	0,28	68,92	76,23
295	443,99	29,14	107,11	0,18	0,10	0,30	0,31	102,25	52,53
295,25	268,63	29,95	108,24	0,21	0,12	0,30	0,31	61,08	85,43
295,5	246,90	32,13	109,09	0,30	0,17	0,31	0,29	51,27	100,79
295,75	271,28	30,11	108,69	0,22	0,12	0,31	0,31	61,80	84,49
296,5	364,62	27,13	105,64	0,09	0,05	0,30	0,32	88,49	60,21
296,75	211,46	25,10	105,50	0,01	0,01	0,30	0,34	55,08	94,20
297	156,02	30,28	105,86	0,22	0,13	0,30	0,29	33,18	152,00
297,25	142,03	33,57	105,57	0,36	0,22	0,30	0,26	24,88	199,48

Inter	pretação	dos Perfis	s - 9 PAU	BRANCO	- PROJ TI	JCANO -	PROJ NO	RDESTE - F	ASE I
Intervalo	AGR	DTm	C Raymer	aSDT	bSDT	а	m	SDTlab	SDTperfil
0,25	2	55,5	0,625	3624,2	0,896	0,88	1,37	153,33	227,12
Prof	DIR	GR	DT	IGR	VSHGR	PHIRay	PHIE	Rwa	SDTperfil
146,25	68,49	33,10	101,68	0,03	0,01	0,28	0,32	19,75	248,01
147,5	73,06	34,29	100,35	0,12	0,06	0,28	0,29	18,96	257,76
147,75	72,83	32,94	100,53	0,02	0,01	0,28	0,32	20,75	236,70
148	73,13	32,72	100,25	0,00	0,00	0,28	0,32	21,00	234,12
168,25	94,38	33,04	93,77	0,12	0,07	0,26	0,26	20,98	234,27
168,5	92,65	33,81	94,89	0,16	0,09	0,26	0,25	20,31	241,56
175	102,21	33,44	94,96	0,14	0,08	0,26	0,26	22,92	215,55
175,25	97,05	34,69	95,28	0,20	0,11	0,26	0,25	20,42	240,30
175,5	101,54	34,04	94,92	0,17	0,09	0,26	0,25	22,00	224,04
175,75	103,69	33,16	94,39	0,13	0,07	0,26	0,26	23,25	212,61
176	98,90	30,51	95,53	0,00	0,00	0,26	0,29	25,78	192,89
176,25	96,91	32,58	95,55	0,10	0,05	0,26	0,27	23,04	214,44
198	74,81	39,12	100,37	0,03	0,02	0,28	0,31	20,95	234,66
198,25	71,56	38,75	95,62	0,00	0,00	0,26	0,29	18,69	261,31
229	75,60	32,38	106,19	0,05	0,03	0,30	0,34	23,17	213,34
229,25	72,55	31,39	107,92	0,00	0,00	0,30	0,36	23,82	207,86
229,5	74,93	32,20	109,06	0,04	0,02	0,31	0,35	24,26	204,28
229,75	72,79	32,11	107,94	0,04	0,02	0,30	0,35	23,23	212,81
230	73,35	32,96	107,46	0,09	0,05	0,30	0,33	22,40	220,23
230,25	74,08	33,24	108,52	0,10	0,05	0,31	0,34	22,74	217,16
230,5	70,87	34,74	110,06	0,19	0,10	0,31	0,32	20,77	236,51
230,75	70,82	34,50	109,47	0,17	0,09	0,31	0,32	20,80	236,17
ESTATÍSTICA	DIR	GR	DT	IGR	VSHGR	PHIRay	PHIE	RwA	SDTPerfl
MÁXIMO	103,69	39,12	110,06	0,20	0,11	0,31	0,36	25,78	261,31
ΜίΝΙΜΟ	68,49	30,51	93,77	0,00	0,00	0,26	0,25	18,69	192,89
MÉDIA	82,10	33,62	101,12	0,09	0,05	0,28	0,30	21,82	227,12
DESVIO	12,91	2,01	6,05	0,07	0,04	0,02	0,04	1,79	17,55

Figura A.8: Planilha de cálculos interpretativos referente ao poço9

	Interpret	tação dos	DUBA						
Intervalo	AGR	DTm	C Raymer	aSDT	bSDT	а	m	SDTlab	SDTperfil
0,25	2	55,5	0,625	3624,2	0,896	0,88	1,37	111,65	156,07
Prof	DIR	GR	DT	IGR	VSHGR	PHIRay	PHIE	Rwa	SDTperfil
264	110,15	32,23	102,10	0,11	0,06	0,29	0,30	30,01	167,09
264,25	113,91	32,22	102,13	0,11	0,06	0,29	0,30	31,07	161,72
264,5	116,62	32,48	101,67	0,12	0,06	0,28	0,30	31,23	160,92
264,75	116,65	30,80	102,05	0,05	0,03	0,29	0,32	33,29	151,50
265	117,65	29,50	104,43	0,00	0,00	0,29	0,34	36,45	139,09
ESTATÍSTICA	DIR	GR	DT	IGR	VSHGR	PHIRay	PHIE	RwA	SDTPerfl
MÁXIMO	117,65	32,48	104,43	0,12	0,06	0,29	0,34	36,45	167,09
MÍNIMO	110,15	29,50	101,67	0,00	0,00	0,28	0,30	30,01	139,09
MÉDIA	115,00	31,45	102,48	0,08	0,04	0,29	0,31	32,41	156,07
DESVIO	3,05	1,27	1,11	0,05	0,03	0,00	0,02	2,55	11,02

Figura A.9: Planilha de cálculos interpretativos referente ao poço $10\,$

			Interpretação dos Perfis - 11 BAIXÃO						
Intervalo	AGR	DTm	C Raymer	aSDT	bSDT	а	m	SDTlab	SDTperfil
0,25	2	55,5	0,625	3624,2	0,896	0,88	1,37	179,46	180,34
Prof	DIR	GR	DT	IGR	VSHGR	PHIRay	PHIE	Rwa	SDTperfil
190,5	74,32	44,87	114,40	0,13	0,07	0,32	0,36	20,51	239,32
190,75	72,83	42,43	114,37	0,00	0,00	0,32	0,38	22,36	220,57
207,25	69,54	44,38	117,07	0,05	0,03	0,33	0,39	21,45	229,40
207,5	67,31	44,65	116,69	0,08	0,04	0,33	0,38	20,09	244,03
223	107,40	38,44	113,80	0,27	0,15	0,32	0,32	25,56	194,43
223,25	113,94	37,79	113,70	0,23	0,13	0,32	0,33	28,30	176,62
223,5	117,66	37,66	113,93	0,22	0,12	0,32	0,33	29,60	169,28
223,75	115,19	38,25	114,73	0,25	0,15	0,32	0,33	28,27	176,79
229,25	123,69	39,46	115,58	0,33	0,20	0,32	0,31	28,23	177,05
229,5	122,32	38,74	116,44	0,28	0,17	0,33	0,33	29,95	167,42
231,5	137,03	34,46	115,53	0,02	0,01	0,32	0,38	42,11	121,37
231,75	136,85	35,61	116,72	0,09	0,05	0,33	0,38	40,57	125,71
232	124,39	39,67	117,06	0,34	0,21	0,33	0,31	28,73	174,13
232,25	113,30	39,67	116,68	0,34	0,21	0,33	0,31	25,99	191,39
233,75	91,51	36,82	115,90	0,17	0,09	0,33	0,35	25,10	197,84
234,75	99,11	36,60	115,84	0,15	0,08	0,33	0,36	27,49	181,54
235	102,06	36,95	115,25	0,18	0,10	0,32	0,35	27,45	181,76
236,25	114,95	38,52	117,87	0,27	0,16	0,33	0,34	29,32	170,82
236,5	114,90	36,75	118,80	0,16	0,09	0,33	0,37	33,18	151,99
236,75	110,36	37,27	120,20	0,19	0,11	0,34	0,37	31,64	158,98
237	110,15	34,07	120,65	0,00	0,00	0,34	0,41	37,15	136,60
ESTATÍSTICA	DIR	GR	DT	IGR	VSHGR	PHIRay	PHIE	RwA	SDTPerfl
MÁXIMO	137,03	44,87	120,65	0,34	0,21	0,34	0,41	42,11	244,03
ΜίΝΙΜΟ	67,31	34,07	113,70	0,00	0,00	0,32	0,31	20,09	121,37
MÉDIA	106,61	38,72	116,25	0,18	0,10	0,33	0,35	28,72	180,34
DESVIO	20,69	3,08	1,94	0,11	0,07	0,00	0,03	5,88	33,38

Figura A.10: Planilha de cálculos interpretativos referente ao poço $11\,$

		Interpre	nterpretação dos Perfis - 13 SÍTIO DO BOQUEIRÃO								
Intervalo	AGR	DTm	C Raymer	aSDT	bSDT	а	m	SDTlab	SDTperfil		
0,25	2	55,5	0,625	3624,2	0,896	0,88	1,37	104,61	133,84		
Prof	DIR	GR	DT	IGR	VSHGR	PHIRay	PHIE	Rwa	SDTperfil		
160	135,13	32,58	110,84	0,06	0,03	0,31	0,36	44,65	114,84		
160,25	136,70	32,67	110,03	0,06	0,03	0,31	0,35	44,39	115,47		
160,5	125,59	33,89	110,63	0,14	0,08	0,31	0,34	38,58	131,83		
160,75	102,81	31,76	113,07	0,00	0,00	0,32	0,38	36,46	139,04		
241,5	143,93	29,47	108,39	0,19	0,10	0,30	0,32	40,93	124,67		
241,75	142,81	30,19	107,40	0,27	0,16	0,30	0,29	36,49	138,96		
242,25	128,69	30,39	106,79	0,30	0,17	0,30	0,28	31,58	159,28		
242,5	125,37	29,68	107,88	0,21	0,12	0,30	0,31	34,46	146,64		
ESTATÍSTICA	DIR	GR	DT	IGR	VSHGR	PHIRay	PHIE	RwA	SDTPerfl		
MÁXIMO	143,93	33,89	113,07	0,30	0,17	0,32	0,38	44,65	159,28		
ΜίΝΙΜΟ	102,81	29,47	106,79	0,00	0,00	0,30	0,28	31,58	114,84		
MÉDIA	130,13	31,33	109,38	0,15	0,09	0,31	0,33	38,44	133,84		
DESVIO	13,15	1,62	2,12	0,11	0,06	0,01	0,04	4,64	15,36		

Figura A.11: Planilha de cálculos interpretativos referente ao poço 13

Interp	Interpretação dos Perfis - 14 PEDRA FURADA - PROJ TUCANO - PROJ NORDESTE-FASE I										
Intervalo	AGR	DTm	C Raymer	aSDT	bSDT	а	m	SDTlab	SDTperfil		
0,25	2	55,5	0,625	3624,2	0,896	0,88	1,37	127,62	131,24		
Prof	DIR	GR	DT	IGR	VSHGR	PHIRay	PHIE	Rwa	SDTperfil		
139,25	150,71	23,26	102,68	0,14	0,08	0,29	0,30	40,17	126,89		
141,5	152,41	24,35	98,33	0,23	0,13	0,27	0,25	33,48	150,70		
141,75	148,33	23,24	98,25	0,14	0,08	0,27	0,28	36,05	140,56		
146,5	142,06	23,55	99,47	0,17	0,09	0,28	0,28	34,55	146,30		
146,75	146,27	21,65	98,13	0,01	0,00	0,27	0,30	39,96	127,54		
147	178,09	22,02	96,90	0,04	0,02	0,27	0,29	46,21	111,18		
147,25	168,09	21,53	95,86	0,00	0,00	0,26	0,29	44,13	116,12		
154,5	156,46	27,70	100,87	0,19	0,11	0,28	0,28	38,15	133,24		
154,75	126,08	25,18	103,02	0,03	0,01	0,29	0,33	37,38	135,82		
155	142,90	27,88	105,16	0,20	0,11	0,30	0,30	37,59	135,12		
155,5	133,98	25,38	107,21	0,04	0,02	0,30	0,34	42,28	120,90		
201,75	122,65	26,20	105,98	0,00	0,00	0,30	0,35	39,01	130,46		
ESTATÍSTICA	DIR	GR	DT	IGR	VSHGR	PHIRay	PHIE	RwA	SDTPerfl		
MÁXIMO	178,09	27,88	107,21	0,23	0,13	0,30	0,35	46,21	150,70		
MÍNIMO	122,65	21,53	95,86	0,00	0,00	0,26	0,25	33,48	111,18		
MÉDIA	147,34	24,33	100,99	0,10	0,05	0,28	0,30	39,08	131,24		
DESVIO	15,92	2,19	3,77	0,09	0,05	0,01	0,03	3,76	11,69		

Figura A.12: Planilha de cálculos interpretativos referente ao poço $14\,$

Interpr	etação do	os Perfis -	15 CAME	PO DO BI	RITO - PR	OJ TUCAN	IO-PROJ	NORDEST	E-FASE I
Intervalo	AGR	DTm	C Raymer	aSDT	bSDT	а	m	SDTlab	SDTperfil
0,25	2	55,5	0,625	3624,2	0,896	0,88	1,37	117,99	145,64
Prof	DIR	GR	DT	IGR	VSHGR	PHIRay	PHIE	Rwa	SDTperfil
206,5	157,36	27,07	96,14	0,07	0,04	0,26	0,28	39,10	130,17
206,75	166,28	27,25	96,72	0,07	0,04	0,27	0,28	41,71	122,48
207	150,95	30,74	98,19	0,15	0,08	0,27	0,27	36,18	140,08
208	124,73	27,07	99,99	0,07	0,04	0,28	0,30	33,66	149,94
221,25	120,58	26,17	101,94	0,05	0,03	0,28	0,32	34,39	146,93
221,5	121,88	25,51	102,99	0,03	0,02	0,29	0,32	35,89	141,15
315,5	100,35	21,14	112,25	0,02	0,01	0,32	0,37	34,72	145,60
316,5	97,95	20,82	110,63	0,00	0,00	0,31	0,37	33,52	150,52
374	114,01	19,49	106,53	0,03	0,01	0,30	0,34	35,91	141,08
374,25	112,84	19,67	106,36	0,03	0,02	0,30	0,34	35,29	143,40
374,5	116,13	22,84	106,81	0,13	0,07	0,30	0,32	33,90	148,95
374,75	118,03	23,06	106,88	0,13	0,07	0,30	0,32	34,30	147,30
375	116,47	24,23	107,40	0,17	0,09	0,30	0,32	33,09	152,37
375,75	116,74	22,95	107,07	0,13	0,07	0,30	0,32	34,14	147,98
376	122,05	24,54	105,89	0,18	0,10	0,30	0,31	33,43	150,92
378,5	113,75	21,61	104,97	0,09	0,05	0,29	0,32	33,16	152,06
378,75	112,95	19,60	105,39	0,03	0,02	0,30	0,34	34,80	145,29
379	104,78	18,61	105,35	0,00	0,00	0,30	0,34	32,97	152,90
382,5	121,42	24,41	106,12	0,17	0,10	0,30	0,31	33,52	150,53
383,25	119,07	24,76	108,53	0,18	0,10	0,31	0,32	34,01	148,49
383,5	125,37	24,57	108,21	0,18	0,10	0,30	0,32	35,80	141,48
383,75	118,10	22,64	106,83	0,12	0,06	0,30	0,32	34,67	145,83
384	116,41	22,97	106,15	0,13	0,07	0,30	0,32	33,46	150,77
384,25	127,91	25,33	106,36	0,20	0,11	0,30	0,30	34,52	146,42
384,5	125,52	25,55	105,83	0,21	0,12	0,30	0,30	33,31	151,45
385	129,54	23,91	104,34	0,16	0,09	0,29	0,30	35,08	144,23
385,25	125,17	22,83	106,03	0,13	0,07	0,30	0,32	36,04	140,58
385,5	113,82	21,08	106,36	0,07	0,04	0,30	0,33	34,45	146,68
385,75	125,35	22,59	105,98	0,12	0,06	0,30	0,32	36,29	139,66
386	132,02	22,59	105,34	0,12	0,06	0,30	0,32	37,78	134,46
386,25	128,82	24,77	104,58	0,19	0,10	0,29	0,30	34,17	147,84
386,5	130,87	25,45	104,26	0,21	0,11	0,29	0,29	33,78	149,45
390,25	113,15	21,59	108,52	0,09	0,05	0,31	0,34	35,10	144,15
390,5	110,04	21,97	109,46	0,10	0,05	0,31	0,34	34,35	147,12
393,5	116,21	22,45	107,01	0,12	0,06	0,30	0,33	34,39	146,95
393,75	123,37	22,74	106,37	0,12	0,07	0,30	0,32	35,83	141,37
394	118,08	20,60	106,24	0,06	0,03	0,30	0,33	36,08	140,43
394,25	119,52	19,61	106,57	0,03	0,02	0,30	0,34	37,56	135,19
394,5	115,75	18,65	106,90	0,00	0,00	0,30	0,35	37,35	135,93
394,75	118,38	22,10	107,00	0,10	0,06	0,30	0,33	35,34	143,22
ESTATISTICA	DIR	GR	DT	IGR	VSHGR	PHIRay	PHIE	RwA	SDTPerfl
MAXIMO	166,28	30,74	112,25	0,21	0,12	0,32	0,37	41,71	152,90
MINIMO	97,95	18,61	96,14	0,00	0,00	0,26	0,27	32,97	122,48
MEDIA	121,54	23,14	105,61	0,11	0,06	0,30	0,32	35,08	145,64
DESVIO	13,02	2,63	3,24	0,06	0,03	0,01	0,02	1,77	6,43

Figura A.13: Planilha de cálculos interpretativos referente ao poço $15\,$

Interpr	etação do	os Perfis -	16 CAM	PO DO BI	RITO - PR		NO-PROJ	NORDEST	E-FASE I
Intervalo	AGR	DTm	C Raymer	aSDT	bSDT	а	m	SDTlab	SDTperfil
0,25	2	55,5	0,625	3624,2	0,896	0,88	1,37	94,75	101,65
Prof	DIR	GR	DT	IGR	VSHGR	PHIRay	PHIE	Rwa	SDTperfil
230,25	159,19	29,14	96,85	0,32	0,19	0,27	0,22	43,95	116,57
230,5	183,35	27,28	95,40	0,19	0,10	0,26	0,25	58,01	89,70
231,25	193,09	29,43	95,62	0,34	0,20	0,26	0,21	49,77	103,66
231,5	211,87	27,48	97,40	0,20	0,11	0,27	0,26	69,33	75,81
231,75	183,48	24,97	99,31	0,03	0,01	0,28	0,31	74,29	71,02
232	176,41	25,69	101,11	0,08	0,04	0,28	0,31	70,96	74,16
238	166,18	27,53	96,50	0,20	0,11	0,27	0,25	52,95	97,77
238,25	162,26	27,56	97,28	0,21	0,11	0,27	0,26	52,59	98,40
239	154,50	28,84	99,34	0,29	0,17	0,28	0,24	47,02	109,37
239,25	152,44	24,89	100,57	0,02	0,01	0,28	0,32	63,57	82,27
239,5	145,39	24,60	100,78	0,00	0,00	0,28	0,32	61,84	84,44
239,75	142,70	28,48	100,59	0,27	0,16	0,28	0,26	46,27	111,04
282,5	150,37	23,91	98,95	0,07	0,04	0,27	0,30	58,25	89,34
282,75	146,23	25,08	100,47	0,23	0,13	0,28	0,27	49,68	103,83
283,25	131,65	25,17	100,44	0,24	0,14	0,28	0,26	44,05	116,32
283,5	136,09	24,82	99,79	0,19	0,11	0,28	0,27	47,45	108,44
285,25	114,24	24,45	102,19	0,14	0,08	0,29	0,30	44,16	116,05
285,5	126,46	23,40	101,54	0,00	0,00	0,28	0,32	54,56	95,05
286	126,93	24,26	99,29	0,12	0,06	0,28	0,29	47,36	108,63
297	102,81	24,59	102,86	0,00	0,00	0,29	0,33	45,44	112,95
297,25	123,10	24,76	105,35	0,01	0,01	0,30	0,34	56,29	92,29
297,5	118,01	25,37	108,04	0,06	0,03	0,30	0,34	54,48	95,17
297,75	109,94	26,29	108,38	0,13	0,07	0,30	0,33	48,24	106,76
339	96,95	26,40	114,85	0,00	0,00	0,32	0,39	51,70	99,99
343	127,92	26,81	109,11	0,33	0,20	0,31	0,28	46,27	111,04
343,25	117,39	27,10	109,80	0,35	0,21	0,31	0,28	42,04	121,56
343,5	112,60	21,74	108,68	0,00	0,00	0,31	0,36	54,86	94,55
343,75	110,40	22,51	106,88	0,05	0,03	0,30	0,34	50,38	102,47
345	103,18	22,94	111,63	0,08	0,04	0,31	0,36	49,78	103,63
380,25	89,33	27,69	111,65	0,03	0,02	0,31	0,37	44,52	115,16
380,5	86,16	28,15	111,19	0,07	0,04	0,31	0,36	41,53	122,97
381	85,08	27,27	109,06	0,00	0,00	0,31	0,36	41,70	122,50
ESTATÍSTICA	DIR	GR	DT	IGR	VSHGR	PHIRay	PHIE	RwA	SDTPerfl
MÁXIMO	211,87	29,43	114,85	0,35	0,21	0,32	0,39	74,29	122,97
MÍNIMO	85,08	21,74	95,40	0,00	0,00	0,26	0,21	41,53	71,02
MÉDIA	135,80	25,89	103,15	0,13	0,08	0,29	0,30	51,98	101,65
DESVIO	32,50	1,99	5,52	0,12	0,07	0,02	0,05	8,56	14,13

Figura A.14: Planilha de cálculos interpretativos referente ao poço $16\,$

		Interpre	tação dos	Perfis - 1	17 RIBEIR	A DO PO	MBAL SE	DE	
Intervalo	AGR	DTm	C Raymer	aSDT	hSDT	a	m	SDTIah	SDTnerfil
0.25	2	55.5	0.625	3674.2	0.896	0.88	1.37	109.72	110.87
Drof		GR		IGR	VSHGR	DHIRay	DHIE	Rwa	SDTnerfil
147.25	61 50	/6.92	121 50	0.09	0.05	0.38	0.40	23.0/	21/ //
147,25	61.01	40,52	119.26	0,05	0,05	0,38	0,40	20,04	214,44
147,5	65.67	45,04	102 54	0,15	0,11	0,37	0,30	19.68	233,43
160,5	63 43	43,27	102,34	0,00	0.06	0,32	0,33	19,00	248,33
100,73	91.70	50.13	106 39	0.31	0.18	0,34	0,33	21.88	225.18
171.25	93.82	48.42	106,96	0.20	0,10	0,33	0.30	25,60	194.13
171,25	88.43	48.05	105,47	0,18	0,10	0.33	0.30	24,03	206.10
181.25	90,91	43.40	106.23	0.26	0.15	0.33	0.29	22,97	215.07
181.5	96.14	39.78	106.49	0.06	0.03	0.33	0.34	29.43	170.20
181.75	101.73	38.46	106.42	-0.01	0.00	0.33	0.35	32.81	153.59
182	102.44	38.99	106.20	0.02	0.01	0.33	0.34	32.25	156.13
182.25	97.04	37.40	106.53	-0.07	-0.03	0.33	0.36	32.60	154.55
190.5	81.22	40,49	107.86	0.10	0.05	0,34	0.33	24,67	201.07
192,75	67,63	38,64	104,92	0,00	0,00	0,33	0,34	21,13	232,74
198,5	113,86	41,22	108,15	0,14	0,08	0,34	0,33	33,61	150,17
198,75	109,37	39,14	108,33	0,03	0,01	0,34	0,35	35,44	142,84
211,75	159,32	33,95	101,30	0,25	0,14	0,31	0,27	36,79	137,87
212	163,48	32,84	100,94	0,15	0,08	0,31	0,29	41,85	122,08
212,25	162,81	31,24	100,39	0,00	0,00	0,31	0,32	46,87	109,70
212,5	153,44	31,55	100,50	0,03	0,01	0,31	0,31	43,28	118,27
212,75	156,91	33,02	100,77	0,16	0,09	0,31	0,28	39,38	129,30
213,75	135,38	32,81	100,68	0,14	0,08	0,31	0,29	34,57	146,24
214	138,67	32,49	100,74	0,12	0,06	0,31	0,30	36,45	139,07
214,25	134,94	33,46	99,84	0,20	0,11	0,31	0,27	31,75	158,46
229	168,19	31,53	103,97	0,20	0,11	0,32	0,29	43,39	118,00
229,75	188,05	29,97	102,87	0,06	0,03	0,32	0,32	54,06	95,87
230	202,71	31,04	102,64	0,16	0,08	0,32	0,30	53,24	97,26
230,25	210,63	32,48	102,84	0,29	0,17	0,32	0,26	48,10	107,05
230,5	207,90	30,28	102,97	0,09	0,05	0,32	0,31	58,50	88,98
234,5	211,10	36,04	103,04	0,61	0,43	0,32	0,15	25,40	195,59
235	196,41	35,12	102,47	0,52	0,35	0,32	0,18	29,26	171,13
235,25	192,60	33,37	99,81	0,37	0,22	0,31	0,22	36,32	139,55
235,5	212,75	34,21	98,64	0,44	0,28	0,30	0,19	33,73	149,64
235,75	223,43	35,64	101,82	0,57	0,40	0,31	0,16	28,70	174,32
236	229,33	36,69	105,26	0,66	0,50	0,33	0,14	24,48	202,56
236,25	241,91	34,23	105,80	0,44	0,28	0,33	0,23	46,78	109,90
236,5	255,08	36,90	104,37	0,68	0,52	0,32	0,13	24,13	205,31
237,5	212,25	35,00	104,98	0,51	0,34	0,33	0,20	35,04	144,35
237,75	202,63	29,85	105,14	0,05	0,03	0,33	0,33	61,21	85,27
238	194,30	31,16	105,47	0,17	0,09	0,33	0,31	53,35	97,07
242,75	170,28	40,19	101,53	0,37	0,23	0,31	0,23	33,34	151,29
244	200,34	42,00	100,54	0,45	0,29	0,31	0,20	33,20	151,89
244,25	204,90	38,34	101,29	0,29	0,17	0,31	0,25	44,75	114,59
244,5	190,53	39,40	101,68	0,34	0,20	0,31	0,24	39,43	129,15
244,75	195,55	42,68	102,65	0,48	0,31	0,32	0,20	32,51	154,97
245	185,81	42,78	103,40	0,48	0,32	0,32	0,20	31,30	160,62
245,25	161,54	41,41	104,47	0,42	0,27	0,32	0,23	31,29	160,66
250,75	182,76	35,44	106,63	0,17	0,09	0,33	0,31	51,21	100,91
251	154,73	34,63	106,46	0,13	0,07	0,33	0,32	44,61	114,94
251,25	174,26	35,03	105,73	0,15	0,08	0,33	0,31	48,82	105,55
251,5	219,20	38,15	105,34	0,28	0,17	0,33	0,28	52,94	97,79
251,75	202,86	35,08	104,96	0,15	0,08	0,33	0,31	55,90	92,89
252	198,01	31,47	104,07	0,00	0,00	0,32	0,34	60,96	85,60
252,25	204,50	34,95	103,31	0,15	0,08	0,32	0,30	54,87	94,53
252,5	196,66	41,36	104,45	0,42	0,27	0,32	0,23	38,22	133,01

		Interpre	etação d	os Perfi	s - 18 RIE	BEIRA DO	D POMB	AL SEDE	
Intervalo	AGR	DTm	C Raymer	aSDT	hSDT	9	m	SDTIah	SDTnerfil
0.25	2	55.5	0.625	3624.2	0.896	a 0.88	1.37	221.98	222.5
Prof	DIR –	GR	DT	IGR	VSHGR	PHIRay	PHIE	Rwa	SDTperfil
181	77.15	30.01	136.24	0.48	0.32	0.41	0.34	20.34	241.19
181,25	85,96	30,76	142,52	0,52	0,35	0,42	0,35	23,63	209,38
181,5	88,45	30,96	132,99	0,53	0,36	0,40	0,31	20,60	238,38
181,75	91,11	30,66	125,63	0,52	0,35	0,39	0,29	19,04	256,81
182	92,38	29,55	123,10	0,46	0,30	0,38	0,30	20,12	243,76
182,25	93,24	28,65	122,58	0,42	0,26	0,38	0,31	21,48	229,15
182,5	94,56	29,36	120,76	0,45	0,29	0,37	0,29	19,97	245,43
188	82,23	28,31	179,41	0,40	0,25	0,48	0,53	39,39	129,26
188,5	81,53	28,46	146,88	0,41	0,26	0,43	0,41	27,33	182,55
188,75	78,32	24,54	125,98	0,22	0,12	0,39	0,38	24,01	206,31
189	77,89	25,35	123,33	0,26	0,15	0,38	0,36	22,08	223,28
190,25	84,76	31,60	131,91	0,56	0,39	0,40	0,30	18,35	265,80
190,5	89,84	31,65	138,42	0,56	0,39	0,41	0,32	21,67	227,21
191	93,06	32,68	126,06	0,61	0,44	0,39	0,25	16,09	300,92
191,25	95,94	33,33	126,69	0,65	0,48	0,39	0,24	15,60	309,96
191,5	93,69	32,45	126,75	0,60	0,43	0,39	0,26	16,87	287,82
197,75	91,75	30,97	115,15	0,53	0,36	0,36	0,24	14,77	326,35
198,25	105,47	31,33	109,20	0,55	0,38	0,34	0,21	13,80	347,90
198,5	107,85	31,98	109,48	0,58	0,41	0,34	0,20	13,06	366,38
198,75	108,63	30,64	109,66	0,51	0,35	0,34	0,22	15,65	309,01
199	106,93	30,34	108,78	0,50	0,33	0,34	0,22	15,51	311,51
199,25	104,06	27,41	107,58	0,36	0,22	0,33	0,26	19,12	255,76
199,5	104,61	25,29	107,50	0,25	0,15	0,33	0,29	22,18	222,30
199,75	101,63	22,53	108,09	0,12	0,06	0,34	0,33	25,28	196,46
200	100,02	20,07	108,34	0,00	0,00	0,34	0,36	27,74	179,97
200,25	97,32	25,58	107,42	0,27	0,16	0,33	0,29	20,23	242,51
200,5	101,16	29,55	108,21	0,46	0,30	0,34	0,23	15,69	308,22
200,75	108,68	30,20	109,47	0,49	0,33	0,34	0,23	16,33	296,75
201	115,31	28,33	108,47	0,40	0,25	0,34	0,25	20,11	243,80
201,25	118,04	25,25	106,96	0,25	0,14	0,33	0,29	24,79	200,17
201,5	122,80	25,55	105,28	0,27	0,15	0,33	0,28	24,34	203,61
207,75	118,82	27,79	108,73	0,38	0,23	0,34	0,26	21,81	225,88
208	117,89	29,90	107,20	0,48	0,32	0,33	0,22	17,14	283,60
208,75	111,77	30,09	105,09	0,49	0,32	0,33	0,21	14,92	323,15
210,25	117,63	34,34	118,94	0,70	0,53	0,37	0,19	13,41	357,58
210,75	121,19	34,17	120,20	0,69	0,52	0,37	0,20	14,76	326,46
211	123,79	32,40	111,59	0,60	0,43	0,35	0,20	15,13	319,01
211,75	110,52	31,18	113,07	0,54	0,37	0,35	0,23	16,47	294,41
218	112,56	29,59	120,30	0,46	0,30	0,37	0,29	23,12	213,72
218,25	110,22	27,46	119,15	0,36	0,22	0,37	0,32	25,82	192,61
218,5	114,76	23,54	114,19	0,17	0,09	0,36	0,35	30,48	164,65
218,75	119,94	29,92	106,29	0,48	0,32	0,33	0,22	16,94	280,75
228,75	128,30	29,87	109,81	0,48	0,31	0,34	0,24	20,13	243,66
229	124,48	31,33	111,48	0,55	0,38	0,35	0,22	17,43	2/9,00
229,25	124,32	27,15	112,92	0,35	0,21	0,35	0,29	20,28	189,43
225,5	115,21	25,00	110,19	0,40	0,50	0,50	0,27	16 72	220,00
223,73	112.01	21 20	110,50	0,52	0,55	0,54	0,22	15.46	230,23
230	129 29	21 / 2	112.99	0,55	0,50	0,34	0,21	19,40	262 77
231,23	126,55	21 12	112,33	0,55	0,50	0,55	0,22	10,50	202,77
251,3	120,00 86 60	27,13	109.94	0,54	0,57	0,55	0,22	16.02	202,21
251,5	20,00 22 70	27,00	110 14	0,30	0,24	0,54	0,27	20,22	230,03
231,73	89.69	24,75	109.80	0,25	0,13	0,34	0,31	20,00	230,92
252 252	90.57	24,10	109,80	0,20	0,11	0,34	0,32	16.82	230,43
252,25	93.19	27,04	108 27	0,37	0.20	0,34	0.27	17 9/	200,00
202,0	55,10	27,01	100/21	0,04	0,20	0,04	0,21	11,24	272,07