



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

Marvim Francis Mota Alves

**Padrões de densidade no Grupo Itararé usando perfilagem geofísica de
poços, borda leste da Bacia do Paraná, Brasil.**

Florianópolis
2023

Marvim Francis Mota Alves

Padrões de densidade no Grupo Itararé usando perfilagem geofísica de poços, borda leste da Bacia do Paraná, Brasil.

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geologia.

Orientador(a): Prof. Dr. Marivaldo dos Santos Nascimento

Florianópolis

2023

Alves, Marvim Francis Mota

Padrões de densidade no Grupo Itararé usando perfilagem geofísica de poços, borda leste da Bacia do Paraná, Brasil. / Marvim Francis Mota Alves ; orientador, Marivaldo dos Santos Nascimento, 2023.

69 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Geologia, Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Geologia. 2. perfilagem geofísica. 3. padrões de densidade. I. Nascimento, Marivaldo dos Santos. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Geologia. III. Título.

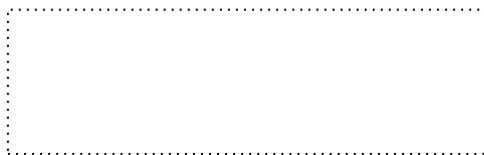
Marvim Francis Mota Alves

O presente trabalho em nível de Mestrado foi avaliado e aprovado, em 31 de março de 2023, pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Dr. Luciano Soares da Cunha
Instituição Universidade de Brasília

Prof. Dr. Sérgio Júnior da Silva Fachin
Instituição Universidade Federal de Mato Grosso

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Mestre em Geologia.



Coordenação do Programa de Pós-Graduação



Prof. Dr. Marivaldo dos Santos Nascimento
Orientador

Florianópolis

2023

Aos meus familiares e amigos, pelo incentivo e apoio constante.

AGRADECIMENTOS

Os agradecimentos estão relacionados não somente com esta dissertação de mestrado, mas se estendem a todo o período de graduação, vida profissional, minha mudança à Florianópolis. Por este motivo, aproveito esta oportunidade para agradecer a todos que participaram desta aventura geológica comigo.

Agradeço a minha família, em especial aos meus pais Francisco Alves de Araújo e Maria Aparecida da Mota Alves, pois sem o apoio e educação por eles passado eu não teria chegado até aqui.

Agradeço também a meu amigo e orientador Marivaldo, que me acompanha desde a minha chegada na UFSC e seguirá me acompanhando neste desafio, sempre disponível para discussões, sendo sua orientação e confiança de grande contribuição para o resultado desta dissertação, assim como para meu desenvolvimento como geólogo.

Um agradecimento a banca examinadora, e todos aqueles que contribuíram para a evolução deste trabalho. Agradeço ao fomento da Petrobrás, à Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e os diversos professores dessa jornada, ao Laboratório de Análise de Bacias e Reservatórios (LABAC), ao Grupo de Análise de Bacias e Reservatórios (ANBA) pela infraestrutura, e a Emerson Geolog e toda sua equipe pelo suporte técnico e *software*.

Finalmente, mas não menos importante, um agradecimento a todos os colegas de graduação e pós-graduação e aos amigos que participaram desta empreitada, em especial Ana Stela, Cleudson, Mayra Stephanie, pois as conversas, edições, contribuições e vivências desde o início do curso também formaram a pessoa e o geólogo que hoje sou.

“Nenhum vestígio do começo e nenhuma perspectiva do fim...”

James Hutton.

RESUMO

As rochas do Grupo Itararé registram os eventos glaciais do permocarbonífero na Bacia do Paraná que foram intrudidas por soleiras de diabásio resultante dos eventos tectono-magmáticos relacionados à ruptura do Supercontinente Gondwana. Neste trabalho, dados perfilados de densidade, caliper, raios gama, amostragem de calha, relatórios de perfuração do poço e litologia interpretada dos poços 1HV_0001_SC e 1GO_0001_SC, um afetado e outros não afetado por magmatismo, respectivamente. Esses dados foram integrados e usados para obter os padrões de distribuição dos valores de densidade ao longo do intervalo do Grupo Itararé para avaliar seu comportamento posteriores às intrusões. Além disso, os resultados são úteis para estimar diferenças de densidade, mineralógicas e texturais entre essas rochas sedimentares influenciadas por esses eventos magmáticos. Os dados de raios gama revelaram correlação linear com os padrões de densidade, além de possíveis mudanças mineralógicas por ilitização de caulinita. Isto se dá devido ao aumento dos valores de raio gama no contato com as soleiras, que foi previamente inferida uma camada de folhelhoos pela interpretação geofísica divergindo da amostragem de calha, predominando os siltitos no contato. A espessura do poço, em relação às leituras de caliper, estão correlacionados com o decréscimo de densidade ($2,35 \text{ g/cm}^3$) e consequente aumento da porosidade em arenitos. Nos folhelhoos, mudanças mineralógicas e texturais podem ter motivado os valores de densidade maiores ($2,76 \text{ g/cm}^3$). Essa abordagem é útil para aprendizado de máquina, sísmica e geofísica potencial, como gravimetria e magnetometria.

Palavras-chave: perfilagem geofísica, intrusões de soleiras, padrões de densidade

ABSTRACT

The rocks of the Itararé Group record permocarboniferous glacial events in the Paraná Basin, where it was intruded by diabase sills as result of tectono-magmatic events related to the rupture of the Gondwana Supercontinent. In this work, well logging data from density, caliper, gamma rays, cutting sampling, drilling reports and interpreted lithology from wells 1HV_0001_SC and 1GO_0001_SC, one affected and the other unaffected by magmatism, respectively. They were integrated and used to obtain the patterns distribution of density values along the interval of the Itararé Group to evaluate its behavior after intrusions. Furthermore, the results are useful to estimate density, mineralogical and textural differences between these sedimentary rocks influenced by these magmatic events. Gamma ray data revealed linear correlation with density patterns, in addition to possible mineralogical changes due to kaolinite illitization. This is due to the increase in gamma ray values in the contact with the sills, which was previously inferred a shale layer by the geophysical interpretation, differently from the trough sampling, where the predominating the siltstones in the contact. Regarding to caliper readings, it is correlated with a decrease in density (2.35 g/cm^3) and consequent increase in porosity of sandstones. In shales, mineralogical and textural changes may have motivated higher density values (2.76 g/cm^3). This approach is useful for machine learning, seismic, and potential geophysics such as gravimetry and magnetometry.

Keywords: Geophysical profiling, magmatic intrusions, density patterns.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGP	Arquivo Geral de Poço
ANBA	Grupo de Análise de Bacias e Reservatórios
ANP	Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
API	<i>American Petroleum Institute</i>
cm	Centímetros
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DLIS	<i>Digital log Information System</i>
GO	Galvão/SC
g/cm ³	gramas por centímetro cúbico
GR	Raios Gama
HV	Herval Velho/SC
in	polegadas
LABAC	Laboratório de Análise de Bacias e Reservatórios
LIP	<i>Large Igneous Province</i>
m	metro
MEV	Microscópio Eletrônico de Varredura
PDF	<i>Portable Document Format</i>
RHOB	<i>Bulk density</i>
SC	Santa Catarina
SP	Potencial Espontâneo
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVO GERAL	15
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.3	JUSTIFICATIVA	15
2	MATERIAIS E MÉTODO	17
3	GEOFÍSICA DE POÇOS	22
3.1	CALIPER.....	23
3.2	RAIOS GAMA	24
3.3	DENSIDADE	27
4	GEOLOGIA	30
4.1	BACIA DO PARANÁ	30
4.1.1	Grupo Itararé	34
4.1.2	Magmatismo Serra Geral	36
5	RESULTADOS	37
5.1	ARTIGO SUBMETIDO <i>BRAZILIAN JOURNAL OF GEOPHYSICS</i>	37
6	CONCLUSÃO	55
	REFERÊNCIAS	57
	APÊNDICE A – 1GO_0001_SC	60
	APÊNDICE B – 1HV_0001_SC	65

1 INTRODUÇÃO

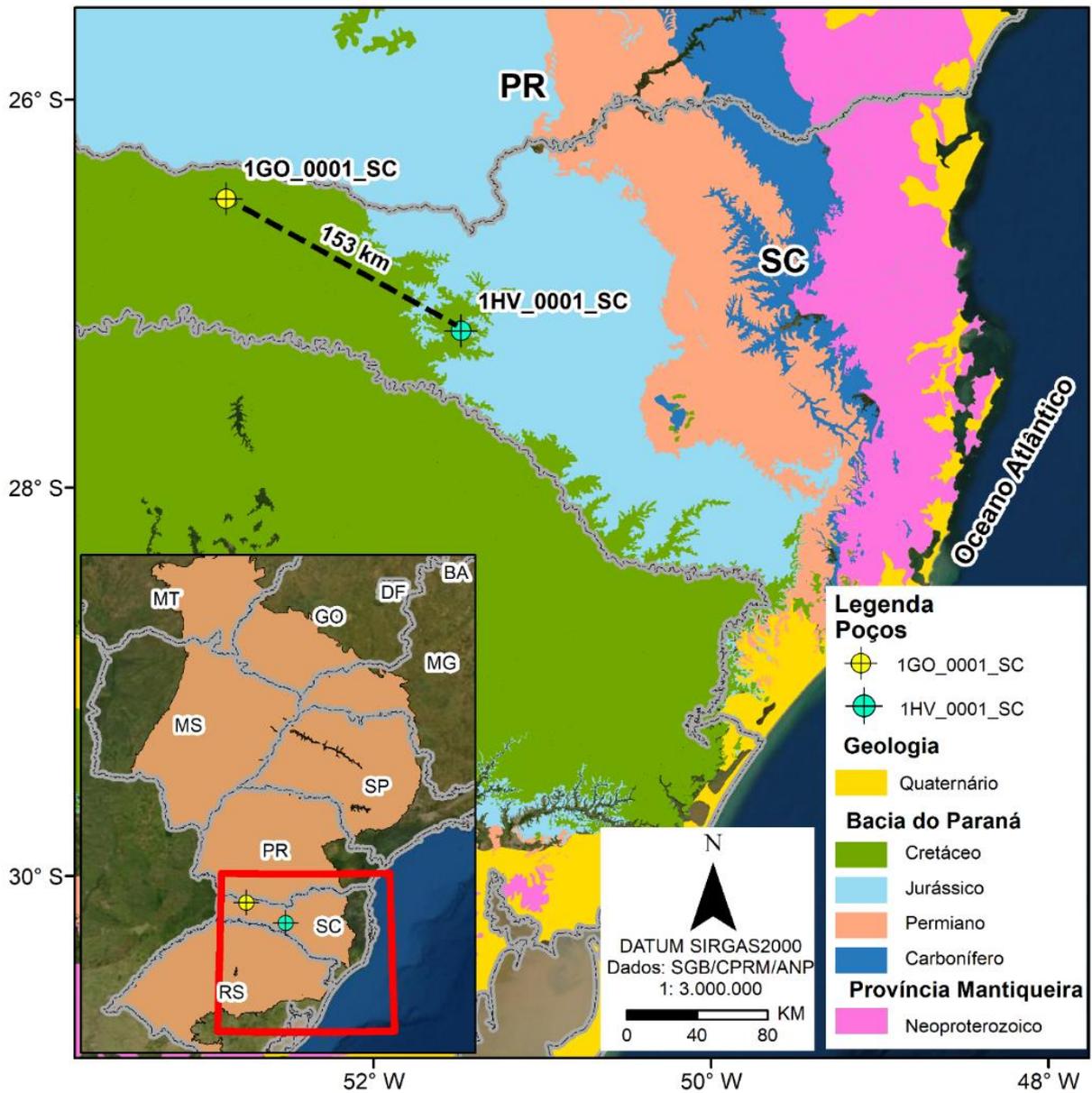
A Bacia do Paraná representa uma ampla cobertura sedimentar-magmática (Figura 1), totalizando uma área que se aproxima dos $1,5 \times 10^6$ km² no território brasileiro. Segundo Milani *et al.* (2007), o empilhamento litoestratigráfico compreende um pacote com espessura máxima em torno de 7000 metros, e o depocentro estrutural coincide geograficamente com a calha do Rio Paraná. Morfologicamente, a bacia possui um formato alongado, com eixo maior na direção NNE-SSO, esculpido por limites erosivos, relacionados, em grande parte, à geodinâmica ao longo do Meso-Cenozoico do Supercontinente Gondwana. Os ciclos de preenchimento da Bacia do Paraná correspondentes aos registros, ao longo do Fanerozoico, onde são abordados em diversas literaturas e sua caracterização é, predominantemente, por relações bioestratigráficas, cronoestratigráficas, afloramentos e dados de poços (White, 1908; Schneider *et al.*, 1974; França & Potter, 1988; Zalán *et al.*, 1990; Milani *et al.*, 1994, 2007; Milani, 2020).

De acordo com Nery (2013), estudos de prospecção, pesquisa mineral, características petrofísicas desses estratos têm sido complementados através do envolvimento tanto por métodos diretos (testemunhos de sondagem, petrografia, descrição de afloramentos) bem como métodos indiretos (geofísica de poços, gravimetria, magnetometria e sísmica) de investigação de superfície e subsuperfície. Nesse sentido, o registro litológico do Grupo Itararé, representa um dos melhores alvos exploratórios da bacia possui indícios de hidrocarbonetos em espessos intervalos de arenitos com boa qualidade para reservatório, que estão em contato com folhelhada Formação Ponta Grossa, e associados a trapas estratigráficas de soleiras de diabásio. Ainda que haja muitos indícios de hidrocarbonetos, em acumulações subcomerciais, a Bacia do Paraná tem um significativo potencial econômico inexplorado (França & Potter, 1988).

O poço 1HV_0001_SC, situado em Herval Velho-SC, foi um poço pioneiro locado para testar uma anomalia relacionada a fraturas de drenagem radial e um alto estrutural evidenciado na sísmica. Com relação ao poço 1GO_0001_SC, localizado em Galvão, cujo a perfuração do poço foi executada com a finalidade de testar, em profundidade, uma estrutura dômica mapeada em superfície, cujo fechamento estaria limitado a oeste por falhamentos e a sul por um dia de diabásio relacionado a outra falha. Ademais, ambos dos poços têm o objetivo de avaliar

possíveis acumulações de hidrocarbonetos associados às anomalias morfoestruturais supra referida.

Figura 1 - Mapa Geológico da Bacia do Paraná na região dos Poços. Mapa integrado do Brasil Escala 1:1.000.000.



Fonte: elaborado pelos autores, dados SGB (2021)

Apesar de diversos estudos correlacionando informações superficiais com os dados de poços, o significado geofísico relacionando a densidade em intervalos litoestratigráficos do Grupo Itararé ainda é pouco explorado e apresenta algumas questões. Dessa forma, o documento dessa dissertação de mestrado é voltado aos

resultados do processamento, integração e análise de dados geofísicos dos poços (densidade RHOB, caliper, e raios gama) e informações litológicas, bem como suas possíveis respostas estatísticas com relação aos parâmetros de densidade; além das possíveis implicações, quando comparado com bacias análogas submetidas ao magmatismo, na análise evolucionar da Bacia do Paraná.

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo da pesquisa é identificar os padrões de densidade RHOB no Grupo Itararé, usando dados de perfilagem geofísica nos poços 1HV_0001_SC e 1GO_0001_SC, conseqüentemente, investigar as implicações destes dados geofísicos e suas relações com as informações litológicas (calha e interpretados) de ambos dos poços.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para se alcançar o objetivo geral, alguns objetivos específicos foram traçados:

- 1) Correlacionar os dados litológicos e geofísicos de ambos os poços na unidade litoestratigráfica para analisar os padrões de densidade;
- 2) Reproduzir novos perfis dos poços integrando as litologias interpretadas, amostra de calha e litoestratigrafia em relação aos valores de densidade RHOB;
- 3) Validar os valores de densidade por meio das ferramentas de Caliper e raios gama.

1.3 JUSTIFICATIVA

A perfilagem geofísica, envolvendo densidade, Caliper e gamma-ray têm sido empregada na investigação de diversos parâmetros petrofísicos de bacias sedimentares, como: volume e espessura de poços profundos; estimar a mudança mineralógica, textural, diagenética, litológica e faciológica de estratos sedimentares;

mudanças em argilosidade, concentração de folhelhoos, padrões deposicionais e correlação lateral entre poços. A abordagem sugerida para essa dissertação de mestrado tem como base as seguintes justificativas:

- Reinterpretação de dados perfilados geofísicos para incrementar a precisão do registro geológico em amostragem de calha com a litologia interpretada;
- Avaliar esse método em relação aos estudos para melhorar as ferramentas prospectivas como *machine learning*, sísmica e geofísica potencial para exploração de hidrocarbonetos;
- Desenvolvimento e implementação de abordagens estatísticas envolvendo valores de densidade nos pacotes litoestratigráficos do Grupo Itararé dos poços e suas implicações devido as mudanças provocadas por intrusões magmáticas.

2 MATERIAIS E MÉTODO

Este item descreve a abordagem para a consolidação do banco de dados e posteriores informações na geração dos produtos da pesquisa. Neste estudo foram utilizados perfis geofísicos dos poços 1HV_0001_SC e 1GO_0001_SC, os quais foram disponibilizados pela Agência Nacional de Petróleo (ANP) e suas principais características podem ser observadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Dados e informações dos Poços utilizados no estudo do Grupo Itararé.

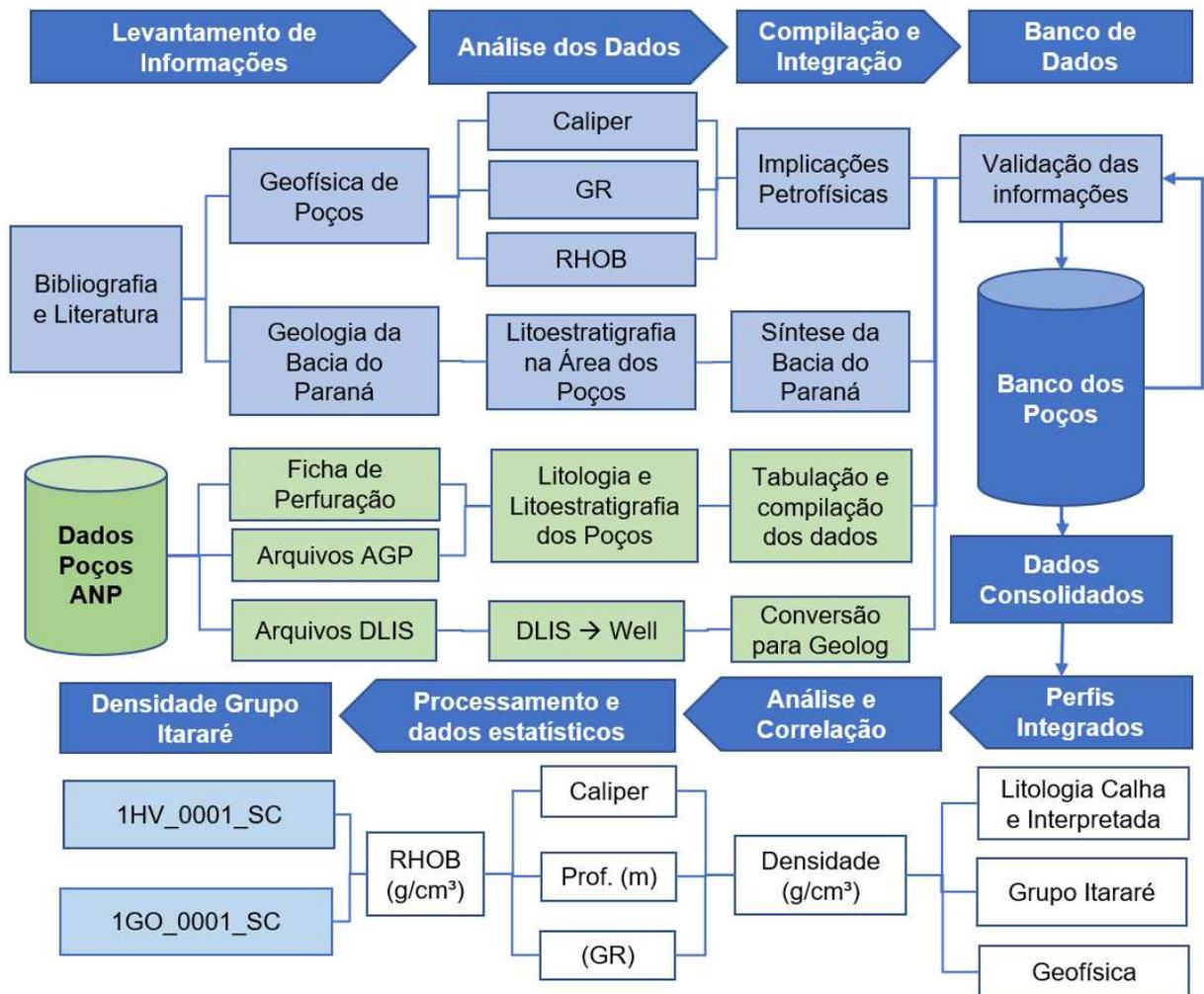
Poços	1HV_0001_SC	1GO_0001_SC
Início	02/11/1972	25/11/1981
Término	26/01/1973	10/06/1982
Localização	27°12'57,06S ; 51°27'49,28W	26°22'56,60S ; 52°42'34,6S
Intervalo	506 metros	671 metros
Soleiras	107 metros	Sem soleiras

Todo o conjunto de dados e informações do poço contempla três períodos registro:

- i) dados e informações da época da perfuração (1972 e 1981), os quais puderam ser recuperados em alguns relatórios técnicos;
- ii) reprocessamento e interpretação efetuados pela PETROBRAS (1994 e 1995);
- iii) trabalhos realizados pela ANP em 2005, representados pela organização de dados e informações, geração dos arquivos finais AGP e DLIS, bem como da geração do perfil composto em formato PDF.

Na Figura 2, pode ser observado o fluxograma de trabalho, que mostra o desenvolvimento sequencial das atividades necessárias para o agrupamento e obtenção de dados validados para os posteriores processamentos, visando o objetivo proposto anteriormente. A sequência pode ser agrupada, inicialmente, em quatro fases principais: i) levantamento de informações; ii) análise dos dados; iii) compilação e integração; e iv) composição do banco de dados validado.

Figura 2 – Fluxograma de trabalho com o método de desenvolvimento da pesquisa.



Fonte: elaborado pelos autores

O levantamento bibliográfico envolveu dois temas centrais: i) litologias e litoestratigrafia da Bacia do Paraná; ii) geofísica de poço. No primeiro caso, utilizando os trabalhos de Schneider *et al.* (1974), França & Potter (1988), Zalán *et al.* (1990), Milani *et al.* (1994; 2007) e Milani (2020), as informações sobre as unidades litoestratigráficas e as litologias destas integrantes foram compiladas, em caráter regional e local, com relação às imediações e adjacências dos poços. No segundo caso, nas obras de Rider (2002), Ellis & Singer (2007), Nery (2013) e Liu (2017), foram encontradas importantes informações sobre os tipos de levantamento, ferramentas, correções e implicações petrofísicas inerentes aos diferentes métodos geofísicos utilizados em poços, em especial, os métodos destinados aos registros de densidade (RHOB), raios gama (GR) e diâmetro do poço (caliper). Adiante, na

apresentação e discussão dos resultados, poderão ser encontradas referências e menções específicas às obras citadas, bem como às obras adicionais que foram consultadas em caráter complementar. O conhecimento oriundo da integração das informações sobre os dois temas centrais em questão serviu como importante balizador na implementação da validação final dos dados, informações litológicas, litoestratigráficas e geofísicas, utilizadas nas etapas de trabalhos a serem desenvolvidas.

A análise das informações de fichas e relatórios de perfuração descrevia sobre a estratigrafia esperada, a espessura de broca, os levantamentos de perfilagem realizados, bem como a descrição litológica de amostras de calha, no qual apresentam os dados em porcentagem de rocha, representando intervalos a cada 3 metros, além de informações litoestratigráficas durante o avanço da perfuração. Posteriormente, campanhas de reavaliação e interpretação realizadas pela E&P SUL/GERET/Petrobrás, possibilitaram complementar dados litológicos (compostos) e litoestratigráficos. Em virtude da disponibilização dos dados do Arquivo Geral de Poço (AGP), pela Agência Nacional de Petróleo (ANP), foi possível notar os detalhes do levantamento e complementares para a plotagem dos novos perfis, esses dados foram sintetizados, gerando o empilhamento litoestratigráfico e litológico. De posse desses dados, foram conduzidas a tabulação e à organização em planilhas (*Microsoft Office Excel*) para posterior integração dos dados no *software* de processamento (*Paradigm 19 Geolog Well*).

Nos arquivos agrupados e disponibilizados pela ANP, em formato DLIS (curvas geofísicas) e o perfil composto plotado (PDF), destacam-se as leituras geofísicas do poço utilizadas no trabalho, conduzindo a análise preliminar e as respostas ao longo da interação litológica e litoestratigráfica. O conjunto de registros perfilados (*logs*), consistindo em densidade (RHOB), raios gama, e caliper, em formato “.dlis”, foram inseridos em *softwares* apropriados (*Paradigm 19 Geolog Well*), convertidos em arquivos “.well”. Em seguida, implementou-se a verificação, a correção e a conversão de unidades de medidas para os padrões internacionais conferidos pela *American Petroleum Institute* (API) para consolidação dos dados validados e coerentes com a situação litológica e litoestratigráfica do empilhamento nos poços. O banco de dados gerado, ajustado e correlacionado na devida unidade litoestratigráfica do Grupo Itararé, conseqüentemente, esse arranjo foi compilado, processado, segmentado e compartimentado, retirando a leitura ao longo das

soleiras de diabásio. Assim, foram gerados produtos com perfis logs, contendo intervalos litoestratigráficos, composição litológica, tanto em porcentagem de calha quanto compostos, e os dados das leituras da perfilagem geofísica.

Para a composição do banco de dados, as informações relevantes do acervo bibliográfico, envolvendo a geofísica de poço e a evolução da Bacia do Paraná, foram destacadas, correlacionadas e, conseqüentemente, integrando suas implicações e interpretações petrofísicas com os parâmetros litológicos e litoestratigráficos do Grupo Itararé, na área dos poços, preparando-os para subsequentes processamentos e geração de produtos. A partir da validação, como exibido na Figura 2, pode ser observado o fluxograma que demonstra as etapas do desenvolvimento e processamentos para geração dos produtos e resultados do trabalho, a seqüência de atividades desenvolvida a partir do Banco de Dados consolidado, que pode ser agrupada inicialmente em quatro fases principais: i) geração de perfis integrados, ii) análise e correlação, iii) processamento e geração de produtos, culminando em dados estatísticos de densidade ao longo de ambos dos poços.

No processamento e geração, novos perfis dos poços foram plotados, envolvendo dados geológicos com a litologia (Amostra de calha e interpretada) delimitados pelos litotipos do Grupo Itararé. Adicionalmente, no perfil gerado com os dados geofísicos (*Logs*) constituído de densidade (RHOB), espessura (Caliper), a partir dos dados validados. Essas informações foram confrontadas e analisadas tanto entre as descrições litológicas durante a perfuração (litologia amostras calha) quanto os pós processados pela GERET/Petrobrás e ANP (litologia interpretada); conduzindo-os para uma análise comparativa e de compatibilidade de ambos os perfis litológicos, litoestratigráfico com os dados geofísicos.

De posse dos atributos e das composições litológicas, além das leituras geofísicas, contendo os dados de densidade (RHOB), conduziu-se os agrupados ao longo dos intervalos litoestratigráficos. Posteriormente, gerando correlação entre as leituras geofísicas de densidade (RHOB) e as leituras mecânicas de espessura (caliper). Métodos estatísticos a partir de geração de histogramas com os parâmetros máximo, mínimo, range, média (harmônica, geométrica, aritmética), moda, mediana, variância, e desvio padrão, nos intervalos citados; além disso, gráficos de correlação (*cross-plot*) da leitura RHOB e os diferentes parâmetros de controle foram abordados e correlacionados entre calibre e densidade, para

incremento de confiabilidade de interpretação do dado obtido. Assim, caracterizando os padrões estatísticos de densidade dos poços 1HV_0001_SC e 1GO_0001_SC.

3 GEOFÍSICA DE POÇOS

A perfilagem geofísica, desenvolvida na França por Conrad Schlumberger e Henri Doll, retrata a leitura contínua de parâmetros geofísicos ao longo de um poço profundo, gerando o perfil geofísico de poços (*geophysical well log*), onde as medidas são plotadas continuamente em relação a profundidade do poço (Rider, 2002). Atualmente, há uma diversidade de modernos tipos de dados geofísicos de poços que podem ser adquiridos em poço aberto (*open hole*) (Tabela 1), por exemplo, que podem ser relacionados aos parâmetros espontâneos, como a radioatividade natural (*Gama Ray*), que requer um detector muito sensível à radiação; ou parâmetros induzidos, como *log* de velocidade sônica (*sonic log*), no qual a ferramenta emite uma onda sonora na rocha e é medido o tempo de propagação até o receptor em uma distância predeterminada (Johnson e Pile, 1988).

Tabela 1 - Classificação de medidas de perfis geofísicos de poços e parâmetros associados.

Parâmetros	Tipo de Perfilagem	Parâmetro medido
Mecânicos	Caliper	Diâmetro do Poço
Espontâneos	Temperatura	Temperatura do Poço
	SP (Potencial Espontâneo)	Corrente elétrica espontânea
	Raios Gama	Radioatividade natural
Induzidos	Resistividade	Resistência a corrente elétrica
	Indução	Condutividade a corrente elétrica
	Sônico	Velocidade de propagação sonora
	Densidade	Reação ao bombardeamento de Raios Gama
	Fotoelétrico	Reação ao bombardeamento de Raios Gama
	Neutônio	Reação ao bombardeamento de Nêutron

Fonte: Adaptado de Rider, 2002.

A perfilagem geofísica de poços é necessária devido às condições durante a perfuração rotativa, ocorrendo contaminações de material por cortes, manobras de ferramenta, e atrito com as camadas superiores, tornando muito

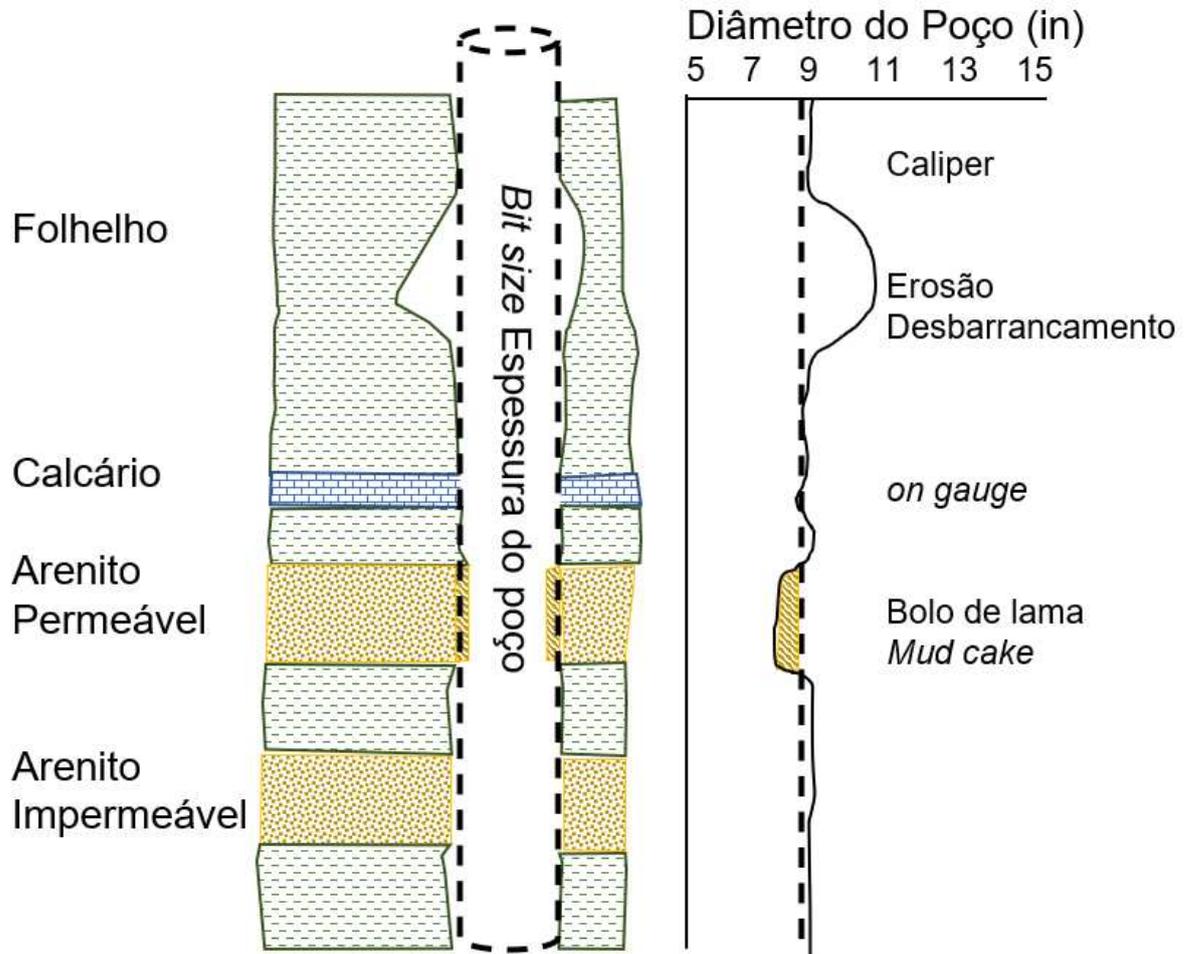
imprecisa o registro fiel das formações. Embora seja possível realizar a amostragem integral e precisa, trazendo a rocha para a superfície através de perfuração e sondagem mecânica; esse processo é muito lento e caro (Rider 2002). No entanto, a perfilagem geofísica não é capaz de resolver as diversas questões que uma amostra de testemunho poderia propor, sendo necessária interpretação para elevar o nível de coerência dos dados perfilados com relação as características geológicas e/ou petrofísicas. Entretanto, a perfilagem geofísica preenche os intervalos entre a seção cortada, integrando dados, podem trazer suficiente informações até a superfície sobre a realidade das rochas do empilhamento (Lui, 2017).

3.1 CALIPER

A ferramenta de *Caliper* realiza a medida vertical simples, de forma mecânica, a partir de dois braços articulados (ou mais), que descem rente à parede do poço, registrando as variações de espessura e formato, em polegadas (in), conseqüentemente, estimando o volume do poço. O movimento lateral destes braços é traduzido em movimentos angulares, essas variações são convertidas em diâmetros após processamentos e calibrações. Frequentemente, os equipamentos de perfilagem geofísica são automaticamente equipados com ferramentas Caliper embutidas, como, por exemplo, micrologs e densidade-neutron, onde os braços de Caliper são usados para a aplicação dos métodos já mencionados (Rider, 2002).

As interpretações das leituras do perfil Caliper podem ajudar na compreensão da qualidade do poço (Figura 3), indicando boas técnicas de perfuração quando a espessura da broca e as leituras de espessura coincidem (*on gauge*). Diferentemente, intervalos onde a espessura da leitura do Caliper difere muito da espessura da broca, podem indicar erosão ou desbarrancamento do poço (*washed out* e *caved*). Isso pode ser causado durante o atrito das ferramentas de perfuração, ou podem ter relação com a circulação com a lama de fluido. Entretanto, erosão é típico em determinadas litologias, como carvão ou mesmo folhelhos orgânicos, tornando certas feições morfológicas do poço como algo previsível. Por exemplo, em seções de folhelho do carbonífero na região de Midlands, Leste da Inglaterra, onde moderados desbarrancamentos são comuns devido aos intervalos ricos em matéria orgânica em uma vasta área lateral (Rider, 2002; Liu, 2017).

Figura 3 – Perfil Caliper com o diâmetro do poço, efeito do *mudcake*.

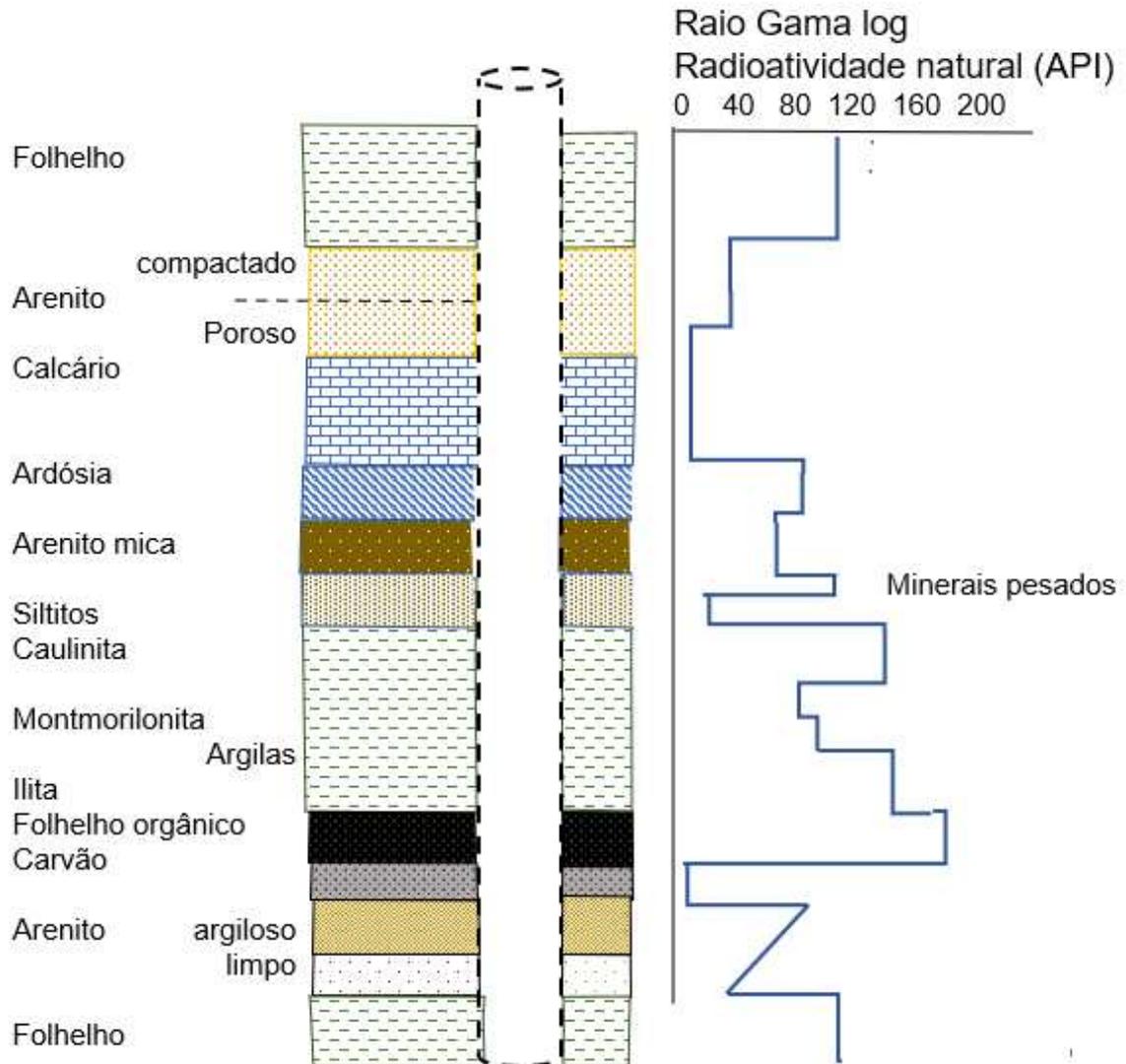


Fonte: adaptado de Rider (2002).

3.2 RAIOS GAMA

A perfilagem de Raios Gama (*Gama Ray*) mensura a emissão natural essencialmente de apenas três recursos: a radioatividade de elementos da família do Tório, da família do Urânio radioativo e dos isótopos de Potássio ^{40}K , expressa em API (*American Petroleum Institute*). Quantitativamente, o potássio é o mais abundante dos três elementos, entretanto, sua contribuição no panorama geral da radioatividade em relação ao seu peso é pequena. Todavia, a contribuição dos três elementos apresenta similar ordem de magnitude, a abundância é inversamente proporcional a contribuição em energia: uma pequena quantidade de urânio tem um maior efeito de radioatividade, uma grande quantidade de potássio um pequeno efeito (Elis e Singer 2007; Nery 2013).

Figura 4 – Perfil raios gama com as respectivas respostas litológicas.



Fonte: Adaptado de Rider (2002).

A Tabela 2 apresenta o conteúdo de potássio em argilominerais, os quais variam consideravelmente, a ilita contém a maior parte enquanto a caulinita possui pouco conteúdo. Dessa forma, a consequência das misturas desses minerais em argilas com alta caulinita ou alta esmectita acarreta menor radioatividade pelo potássio do que argilas essencialmente com ilitas (Rider, 2002; Nery 2013).

Tabela 2 – Conteúdo de Potássio (k) em argilas.

Mineral	% em peso	Média (%)	Elementos
Ilita	3,51 – 8,31	5,20	K, Al, Silicatos
Glauconita	3,20 – 5,80	4,50	K, Mg, Fe, Al, Silcatos
Caulinita	0,00 – 1,49	0,63	Al, Silicatos
Esmectita	0,00 – 0,60	0,22	Ca, Na, Mg, Al, Silicatos
Clorita	0	0	Mg, Fe, Al, Silicatos

Fonte: Adaptado de Rider (2002).

Conforme Rider (2002), o principal uso da perfilagem em raios gama é, majoritariamente, na quantificação do volume de folhelho e argilas (Figura 4). Qualitativamente, pode ser usada para correlacionar, sugerir fácies e sequências, e identificação de litologias. Adicionalmente, o espectro de raios gama pode ser usada para quantificar a radioatividade mineral, volume e a dominância de tipos de argilominerais, além de indicar o ambiente de deposição, fraturas e ajudar na localização de rochas fontes (Tabela 3).

Tabela 3 – O principal uso da perfilagem geofísica de Raios Gama e possíveis significados.

	Aspecto	Parâmetro	Significado
Quantitativo	Petrofísica	Volume folhelho (<i>Vsh</i>)	GR (min a max)
Qualitativo	Geologia	Folhelho (argilosidade)	GR (min a max)
		Litologia	Típicos valores de radioatividade
		Identificação Mineral	Radioatividade mineral
	Sedimentologia	Fácies	Relação de tamanho do grão
	Sequência Estratigráfica	Sequência condensada	Relação de tamanho e material orgânico
	Estratigrafia	Correlação	-
		Discordâncias	-
		inconformidades	

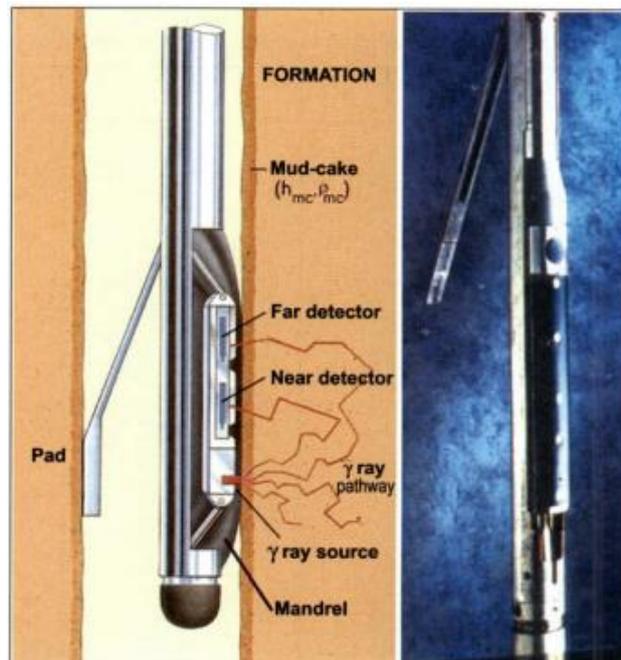
Fonte: Adaptado de Rider (2002).

3.3 DENSIDADE

Conforme Rider (2002), o perfil da densidade (*bulk density*) é uma leitura contínua da formação geológica, conhecida como RHOB, que é um parâmetro da densidade dos minerais formadora da rocha e o volume do espaço livre que é preenchido (i.e., porosidade). Quantitativamente, os principais usos são relacionados ao cálculo da porosidade e, indiretamente, densidade dos hidrocarbonetos. Qualitativamente, é um eficiente indicador litológico, pode ser usado para identificar certos minerais, e podem identificar pressão geostática (*overpressure*) e porosidade por fraturamento (Tabela 5).

A técnica da perfilagem RHOB é realizada através de uma ferramenta (usualmente Cs ou Cobalto) que bombardeia raios gama com energia média a alta (0,2-2,0 MeV), colimado, que excita os elétrons, em seguida, é medida a atenuação entre a fonte emissora e o detector (Figura 5). Essa relação física entre a emissão e atenuação fornece a quantidade de elétrons que a formação contém – seus elétrons densidade (elétrons/cm³) – no qual está intimamente relacionada com a densidade comum (g/cm³) (Rider 2002; Nery 2013).

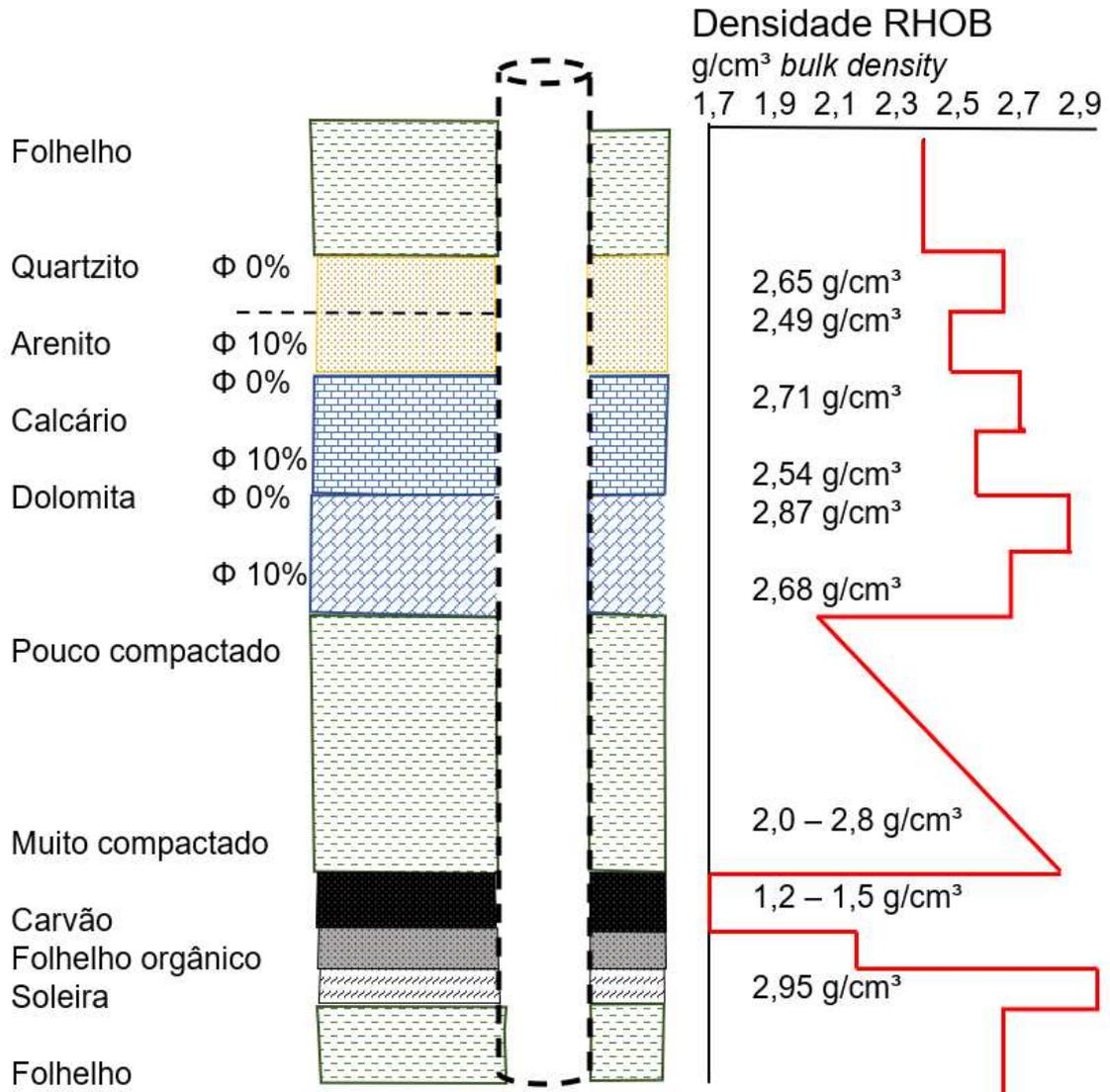
Figura 5 – Princípio esquemático de obtenção da densidade aparente e fotografia da ferramenta.



Fonte: Serra (2004)

O esquema abaixo ilustra o comportamento das leituras de densidade (RHOB) obtidas pela ferramenta ao longo dos intervalos litológicos e as esperadas respostas dos valores de densidade ao longo de um poço profundo (Figura 6).

Figura 6 – Perfil de Densidade RHOB com as respostas por litologia e porosidade.



Fonte: Adaptado de Rider (2002).

A Tabela 4 apresenta a densidade em argilominerais que variam consideravelmente, a illita e clorita contém a maior densidade enquanto a esmectita possui menores valores. Dessa forma, a consequência das misturas desses minerais em rochas, tanto no preenchimento da porosidade quanto da composição, (Totten *et al.*, 2002).

Tabela 4 – Densidade dos minerais de argila.

Grupo das argilas	Densidade (g/cm³)
Ilita	2,60 – 2,90
Muscovita	2,77 – 2,88
Caulinita	2,61 – 2,68
Esmectita	2,00 – 2,60
Clorita	2,60 – 3,33

Fonte: Adaptado de Deer *et al.*, (1966)

A tabela 5 apresenta os principais usos e significados quantitativos e qualitativos das interpretações em relação a perfilagem geofísica da densidade pela ferramenta RHOB.

Tabela 5 – O principal uso da perfilagem geofísica de RHOB e aplicações.

	Aspecto	Parâmetro	Significado
Quantitativo	Petrofísica	Porosidade	Densidade da matriz Densidade do fluido
	Sísmica	Impedância acústica	Correlação
Qualitativo e Semi- quantitativo	Geologia	Litologia	Combinado com neutrônio*
		Mudança textural folhelhos	Média das tendências
		Identificação Mineral	Densidade mineral
	Geologia de Reservatório	Identificação de pressão geoestática	Média das tendências
	Reconhecimento de fraturas	Porosidade sônica	
	Geoquímica	Avaliação da rocha fonte	Densidade – Matéria orgânica

*utilizando perfil de densidade combinado com neutrônio em escalas compatíveis.

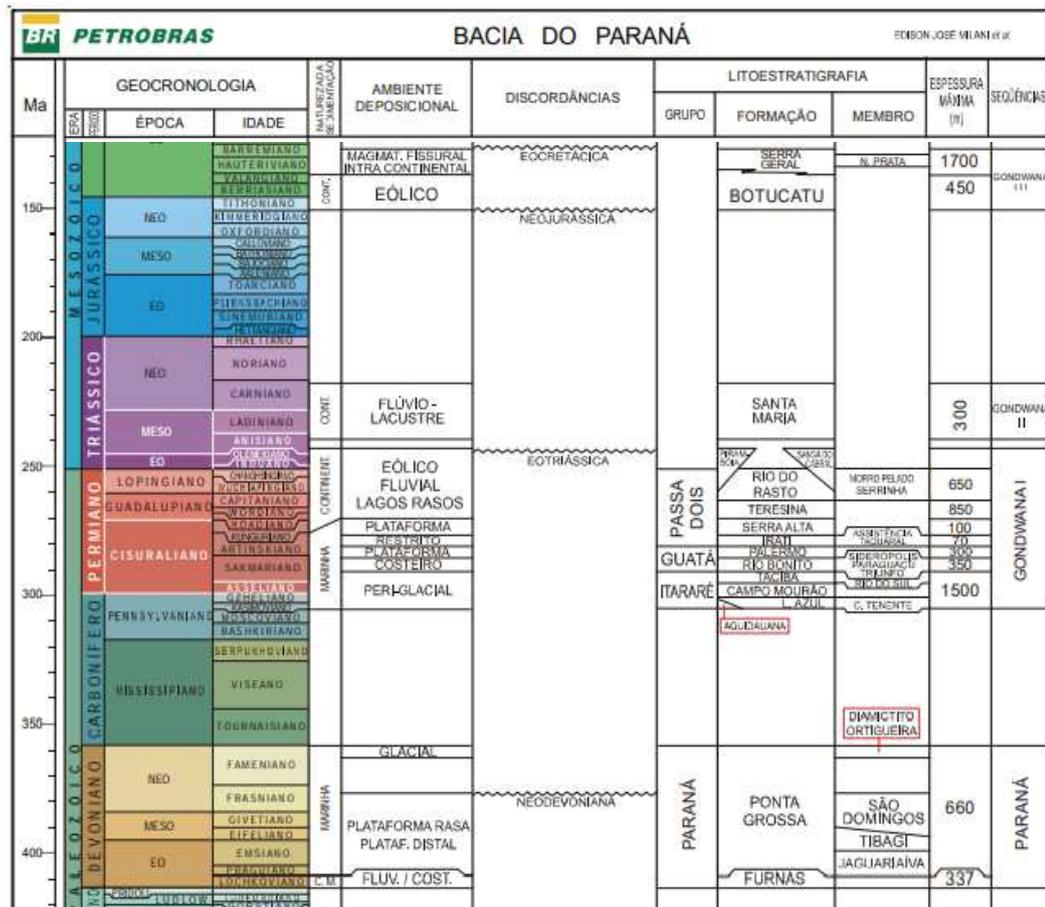
Fonte: Adaptado de Rider (2002).

4 GEOLOGIA

4.1 BACIA DO PARANÁ

A Bacia do Paraná tem sido objeto de estudo por diversos pesquisadores, com os trabalhos pioneiros de White (1908) envolvendo mapeamentos geológicos, além de posteriores estudos bioestratigráficos, correlações litoestratigráficas a partir de poços perfurados pela Petrobrás na prospecção de reservas de hidrocarbonetos. Estes estudos geraram um vasto acervo em relação a evolução estratigráfica, onde algumas obras protagonizaram particular relevância (Figura 7) como sínteses dos litotipos empilhados, como os trabalhos de Schneider *et al.* (1974), França e Potter (1988), Zalan *et al.* (1990) e Milani *et al.* (1994 e 2007).

Figura 7 – Coluna estratigráfica Bacia do Paraná.



Fonte: Milani *et al.*, (2007)

O registro geológico em relação à arquitetura do espaço-temporal das rochas que preenchem a Bacia do Paraná, são relacionados com os megaestágios evolutivos da sinéclise. Conforme Milani *et al.* (2007), o pacote magmático-sedimentar da Bacia do Paraná constitui-se de seis Supersequências limitadas por expressivas discordâncias: Neossiluriana, Neodevoniana, Eotriássica, Neojurássica e Eocretácica.

Os sedimentos clásticos do pacote devoniano, o Grupo Paraná, era previamente interpretado como a primeira sequência deposicional da sinéclise, compreendendo as formações Furnas e Ponta Grossa, respectivamente, arenosa basal e uma argilosa superior. A amplitude lateral dessa supersequência assenta-se sobre os estratos ordovício-silurianos do Grupo Rio Ivaí, mas também sobre as rochas que representam o embasamento da sinéclise. A base do pacote devoniano é caracterizada por uma superfície deposicional regular e aplanada, que apresenta notável geometria regional, configurada por um imenso acamamento, em particular na Formação Furnas, com cerca de 250 metros de espessura em toda sua abrangência (Schneider *et al.* 1974, Milani *et al.* 2007).

A Formação Furnas tem como característica uma sucessão de arenitos quartzosos brancos, médios a grossos, caulínicos e exibindo estratificações cruzadas de várias naturezas. Próximo à base, são frequentes leitos conglomeráticos com até 1 m de espessura. Na sua porção intermediária, dominam arenitos de granulometria média, que se intercalam a delgados níveis de siltito e folhelho muscovítico, salientando o aspecto estratificado desse intervalo. Para o topo, arenitos médios a grossos passam a dominar, mas também aparecem camadas de arenitos muito finos. Em subsuperfície, a porção mais superior da Formação Furnas mostra um incremento paulatino nas leituras do perfil de raios gama, o que indica um aumento contínuo de argilosidade, evidenciando uma passagem gradacional para a Formação Ponta Grossa (Milani *et al.*, 1994 e 2007).

Com espessura ultrapassando 600 metros em subsuperfície, a Formação Ponta Grossa é constituída por três membros: Jaguariaíva, Tibagi e São Domingos, representando as porções inferior, médio e superior, respectivamente. O membro inferior (composto por folhelho com cerca de 100 m de espessura, no topo apresenta fácies preto laminado carbonoso), reflete o afogamento dos sistemas transicionais da porção superior da Formação Furnas. O membro Tibagi, areno-siltico, corresponde a um contexto regressivo de progradação de sistemas deltaicos, além

de potencial gerador de hidrocarbonetos gasosos. O membro São Domingos, predominantemente pelítico, registra nova inundação em ampla escala. Localmente restrita, uma camada do diamictito Ortigueira, com espessura 1,5 metros, constituída por clastos de granulometria variada (desde arenosa até seixos), dispersos numa matriz argilosa a síltica, micácea, maciça, fecham o registro devoniano da sinéclise.

A Supersequência Paraná constitui o segundo ciclo transgressivo-regressivo do registro estratigráfico da Bacia do Paraná. O pacote Furnas exibe uma característica assinatura transgressiva que vai culminar nos pelitos da base da Formação Ponta Grossa, documentando a primeira grande inundação do ciclo devoniano. Um segundo episódio de expansão marinha seria culminado no Mesodevoniano, que promoveu uma conexão entre as bacias do Paraná e do Parnaíba, esse afogamento persistiu, embora não com a magnitude e o desenvolvimento anóxico observados até então nas bacias paleozoicas do Norte brasileiro (Milani *et al.*, 2007).

No Eocarbonífero, a Bacia do Paraná experimentou um dos episódios de maior instabilidade em sua evolução, fatores climáticos e tectônicos atuantes na margem meridional do Gondwana, inibiram a sedimentação, gerando um hiato de 45 Ma devido ao desenvolvimento de calotas polares e epirogênese positiva (Milani, 1997). Com o degelo, a retomada da deposição no pensilvaniano ao Eotriássico, com espessura máxima total de 2500 metros, engloba o maior volume sedimentar da Bacia do Paraná, representada pelos Grupos Itararé, Passa Dois e Guatá.

Em função do degelo e, em consequência, aumento no nível do mar, conhecido como transgressão permiana, sucederam os estratos glaciogênicos do pacote sedimentar Grupo Guatá. Representado pelas Formações Rio Bonito e Palermo, constitui-se de siltitos cinzas, esverdeados e de arenitos com intercalações de camadas de carvão, além de folhelho carbonosos que se distribuem verticalmente desde o Grupo Itararé até a base da Formação Irati (Schneider *et al.*, 1974).

A Formação Rio Bonito, subdividida nos membros Triunfo, Paraguaçu e Siderópolis, compreende uma seção basal arenosa, uma média essencialmente argilosa e uma superior areno-argilosa, respectivamente, contendo os principais leitos de carvão explorados na Bacia do Paraná. As características litológicas e sedimentares dessa unidade indicam ambiente fluvio-deltaico nas porções basais, que evoluiu para um ambiente marinho transgressivo, com oscilação de nível de

mar, para um sistema marinho litorâneo (Schneider *et al.*, 1974). Um episódio de convergência fruto da colisão da Patagônia e Antártica, conhecida como orogenia Finiherciana, pode ter causado um influxo arenoso na Formação Rio Bonito (Zalan *et al.*, 1990).

Retomadas as condições transgressivas, depositou-se a Formação Palermo, representada por siltito e siltito arenoso, intensamente bioturbado, assentando-se numa ampla plataforma marinha rasa, abaixo do nível de ação das ondas (Schneider *et al.* 1974, Milani *et al.* 1994). Adicionalmente, ocorrem folhelho cinza-escuros, compondo uma superfície de correlação regional relacionada à máxima inundação da Supersequência Gondwana I (Milani *et al.*, 2007).

Acima, o Grupo Passa Dois, comportando as Formações Irati, Serra Alta, Teresina e Rio do Rastro, registra um singular momento na evolução da sinéclise, quando houve uma restrição à circulação de águas. Sob tais condições, acumularam-se carbonatos, evaporitos e folhelho betuminosos, acompanhados por uma definitiva tendência regressiva em grande escala, quando finalmente, folhelho da Formação Serra Alta soterraram esse pacote hipersalino. Consequentemente, sistemas deposicionais regressivos em grande escala passaram a dominar a bacia de acumulação. Neste cenário, depósitos predominantemente pelíticos de argilito e siltito, com estruturas sedimentares ligadas à ação de marés da Formação Teresina, dão lugar a um complexo progradacional, incluindo pelitos lacustres, lobos deltaicos, arenitos eólicos e depósitos fluviais da Formação Rio do Rastro (Milani *et al.*, 2007). Os sedimentos areno-argilosos na região norte da bacia, representam a Formação Corumbataí, são cronocorrelatos aos das formações Teresina e Rio do Rastro (Milani *et al.*, 1994). No Eotriássico, um contexto sedimentar análogo, representado pelas formações Piramboia e Sangra do Cabral, geograficamente nas porções setentrional e gaúcha, respectivamente, constituída por arenitos médios a finos, localmente conglomeráticos, trata-se de depósitos fluviais e eólicos associados a lagos rasos e localizados (Milani *et al.*, 2007).

Em suma, o comportamento estratigráfico da Supersequência Gondwana I documenta um ciclo transgressivo-regressivo completo, que se inicia na base do pacote glacial, atinge condições de máximo afogamento marinho na Formação Palermo, e encerra em depósitos continentais, que passaram a dominar a sinéclise já no início do Mesozoico.

A Supersequência Gondwana III, denominada como “Sequência Jurássica-Eocretácica” na concepção de Milani *et al.* (1994), compreende o intervalo do registro estratigráfico da Bacia do Paraná em que se posicionam os sedimentos eólicos da Formação Botucatu e os magmatitos da Formação Serra Geral. Tal seção, se acrescida do pacote sedimentar suprabasáltico, encontrará correspondência no Grupo São Bento, de Schneider *et al.* (1974).

A Formação Botucatu constitui-se quase totalmente, em toda sua ampla área de ocorrência, por arenitos médios a finos, de elevada esfericidade e aspecto fosco, róseos, que exibem estratificação cruzada tangencial, de médio a grande porte, numa assinatura faciológica muito característica que possibilita um pronto reconhecimento do “deserto Botucatu” em todos os pontos nos quais aflora.

Envelopando e intrudindo os pacotes sedimentares, o Grupo Serra Geral, constituindo ampla província magmática que, no conjunto de todas as áreas por ela compreendidas, define a maior manifestação ígnea não-oceânica durante o Fanerozóico e uma importante contribuição à geração da crosta continental do planeta. O magmatismo reflete a manifestação dos estágios precoces da ruptura do Gondwana e abertura do Atlântico Sul, que resultou no empilhamento de até 2.000 metros sobre os sedimentos da Bacia do Paraná, além de intrudí-los na forma de uma intrincada rede de diques cortando a inteira seção sedimentar e múltiplos níveis de soleiras intrudidas, segundo os planos de estratificação. De modo geral, petrograficamente, é representado por basaltos teloíticos e andesitos basálticos, com riolitos e riocacitos subordinados (Milani *et al.* 1994 e 2007).

4.1.1 Grupo Itararé

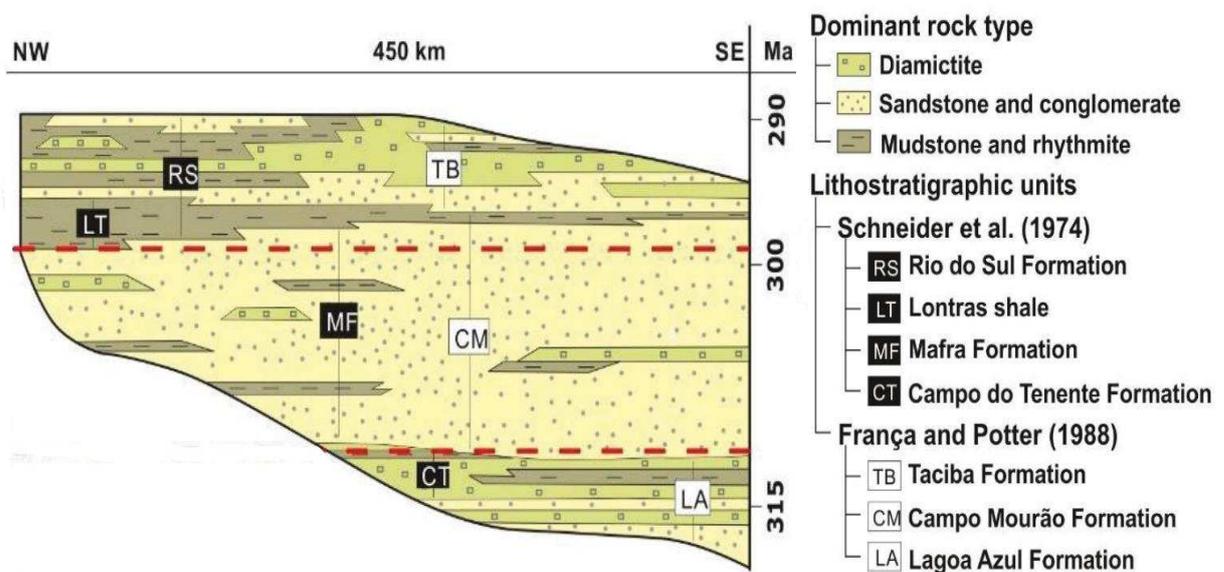
Segundo França e Potter (1988), a unidade basal do Grupo Itararé coincide com a Formação Aquidauana, ambas sob a influência do clima glacial. As camadas oxidadas e vermelhas da Formação Aquidauana, na porção norte noroeste, são correlatas e representam o Grupo Itararé, de coloração cinza, na porção sul. Predominam nestas unidades pacotes diamictíticos intercalados a espessas seções de arenitos.

A unidade basal, não-aflorante, do Grupo Itararé, é representada pela Formação Lagoa Azul, composta de um pacote arenoso inferior (Membro Cuiabá Paulista); sobreposto por folhelho e diamictitos (Membro Tarabaí), têm ocorrência na

região centro-sul de São Paulo, norte do Paraná, e sudeste do Mato Grosso do Sul. Comumente assenta-se a discordância erosiva do Grupo Paraná, quando não presente, a Formação Lagoa Azul assenta-se diretamente sobre o embasamento (França e Potter 1988).

A principal unidade arenosa e mais ampla do Grupo Itararé é representada pela Formação Campo Mourão, equivalente às Formações Mafra e Campo do Tenente, descritas por Schineider et al (1974). Em algumas áreas da bacia, um importante pacote de diamictitos comparece na porção média da Formação Campo Mourão. Ademais, a distinção dos pelitos vermelhos da base da Formação Campo Mourão foi reagrupada como pertencente ao Membro Campo do Tenente (Milani *et al.* 1994 e 2007).

Figura 8 – Coluna estratigráfica sintética do Grupo Itararé, borda leste da Bacia do Paraná.



Fonte: Rodrigues *et al.*, (2020).

Conforme atribuído por Potter e França (1988) a Formação Taciba recobre concordantemente às demais unidades do Grupo Itararé e até mesmo extrapolando a área de ocorrência destas, esse pacote é subdividido em três membros: Rio Segredo, Chapéu do Sol, Rio do Sul. Essa Formação é composta por lamito seixoso, arenito, folhelho e algum siltito, apresenta contato superior concordante com o Grupo Guatá. A litologia predominante do membro Rio Segredo é de arenitos cinzas, maciços, de grosseiro a médio. Essencialmente composto por

lamito seixoso e raros corpos arenosos, o membro Chapéu do Sol afina em direção ao norte da bacia do paraná, está ausente em Goiás, Mato Grosso e Norte do Mato Grosso do sul. Os sedimentos do membro Rio do Sul (compostos por argilitos, folhelhos, arenitos finos, ritmitos e diamictitos) estão presentes na parte superior do Grupo Itararé, que foram denominados Formação Rio do Sul por Schneider *et al.*, (1974).

4.1.2 Magmatismo Serra Geral

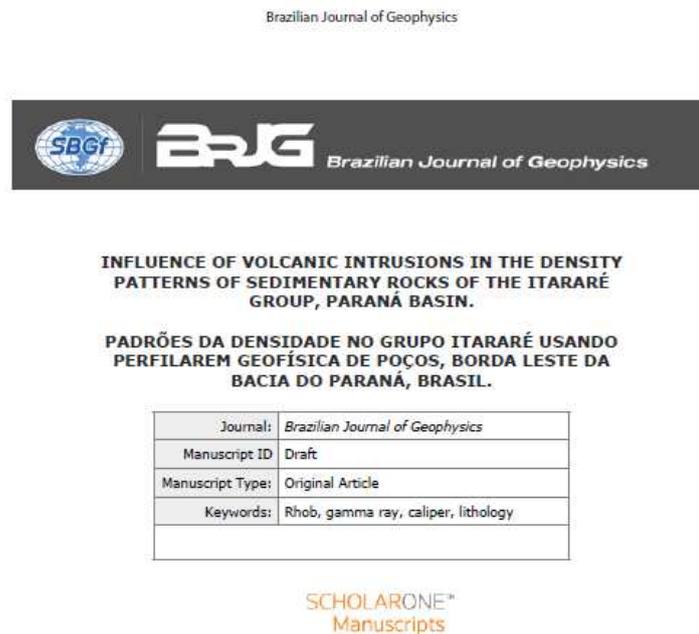
O Grupo Serra Geral ocorre envelopando e intrudindo os pacotes sedimentares, constituindo ampla província magmática que, no conjunto de todas as áreas por ela compreendidas, define a maior manifestação ígnea não-oceânica durante o Fanerozoico e uma importante contribuição à geração da crosta continental do planeta. O magmatismo reflete a manifestação dos estágios precoces da ruptura do Gondwana e abertura do Atlântico Sul, que resultou no empilhamento de até 2.000 metros sobre os sedimentos da Bacia do Paraná, além de intrudí-los na forma de uma intrincada rede de diques cortando a inteira seção sedimentar e múltiplos níveis de soleiras intrudidas, segundo os planos de estratificação. De modo geral, petrograficamente, é representado por basaltos toleíticos e andesitos basálticos, com soleiras de diabásio, riolitos e riolacitos subordinados (Milani *et al.*, 1994, 2007, Rivas *et al.*, 2019).

5 RESULTADOS

5.1 ARTIGO SUBMETIDO *BRAZILIAN JOURNAL OF GEOPHYSICS*

Artigo científico, submetido à publicação na *Brazilian Journal of Geophysics* (BrJG), em 06 de março de 2023.

Figura 9 – Comprovante de submissão do artigo



<https://mc04.manuscriptcentral.com/brjgeophys>

Fonte: elaborado pelos autores

INFLUENCE OF VOLCANIC INTRUSIONS IN THE DENSITY PATTERNS OF SEDIMENTARY ROCKS OF THE ITARARÉ GROUP, PARANÁ BASIN.

Area: Petrophysics and Well Logging

Received: March 6, 2023; Accepted: date; Published: date

ABSTRACT. Intrusive magmatism are common features within rifted sedimentary basins. Here, this paper shows density patterns from well logging using RHOB, caliper and gamma ray. The well cutting sampling and lithology data were integrated and used to obtain the distribution of density values along the well and to assess the influence of volcanic intrusions in sedimentary rocks of the Itararé Group. The results are useful for estimating density differences between sedimentary rocks along the two wells, affected ($2.35 - 2.76 \text{ g/cm}^3$) and unaffected ($1.62 - 2.69 \text{ g/cm}^3$) by diabase sills from Serra Geral Group. The sedimentary rocks have wide range of density, where the lowest values were recorded mostly in the stratigraphic intervals with the highest occurrence of sandstones. Also, the increasing in density values was observed when these rocks occur in contact with volcanic sills, mineral changes due to illitization. Additionally, in shales intervals unaffected by intrusions the density values are much lower. The result of this approach is useful as improvement to prospect purpose such as machine learning, seismic and gravimetry.

Keywords: RHOB; gama ray; caliper; lithology

INTRODUCTION

The relationship of igneous intrusions into sedimentary rocks has been studied around the world for petroleum exploration (Bulgruroglu & Milkov, 2020; Duffy et al., 2021). Magmatic processes, such as sills and dikes, when emplace sedimentary successions produce several property changes. It has been focused on exploration for hydrocarbons in volcanic basins (e.g., Faroe Shetland Basin, North Atlantic Margin; Gunnedah Basin, Australia; Cambay Basin, India; Kaaroo Basin, Africa; Paraná, Amazonas, and Parnaíba basins in Brazil). For example, in the Paraná Basin, the Itararé

Group has sedimentary units that were affected by magmatic intrusions from the Serra Geral Group (França & Potter, 1988; Milani, 2007). The wireline logging in the Itararé Group provides geophysical data that allow investigating not only the behavior of density, but also how diameter, and the amount of clay along the well would change the density of those rocks.

Density log (RHOB) is a continuous record of the apparent density throughout a formation and is used specially to determine the internal density in large volumes of rock during the drilling of a well. Bulk density is controlled by the rock-forming minerals and the composition of the free fluids in the porosity. The survey method is unique for many important reasons; for example, it is sensitive to very small variations in formation density, and the measurements are unaffected by fluids, rugosity, casing, cement, or invasion by drilling fluids (Beyer & Clutson, 1988; Rider, 2002; Liu, 2017).

To ensure and evaluate the quality of a geophysical survey, such as density, caliper measurements have proven to be useful. It is made by articulated arms pushed against the borehole wall in lateral movement, so the simple mechanical records are translated into the size and shape of a borehole, and it shows whether the tool touches the borehole wall. Besides the caliper, there is the gamma ray log, one of the oldest parameters applied in well-logging, which continues to be universally used across the geosciences not only for its ability to discriminate clay but also for its sensibility in facies differentiation (Behdad, 2019; Rider, 2002).

This work aims to analyze and discuss the implications that have influenced density patterns (RHOB) in Permo-Carboniferous sedimentary successions of the Itararé Group by using data from wells 1GO-0001-SC and 1HV-0001-SC (Fig. 1). The first one does not show evidence of being affected by magmatic intrusions, while the second one does. As well as discussions regarding the lithology on wireline logging records such as caliper and gamma ray.

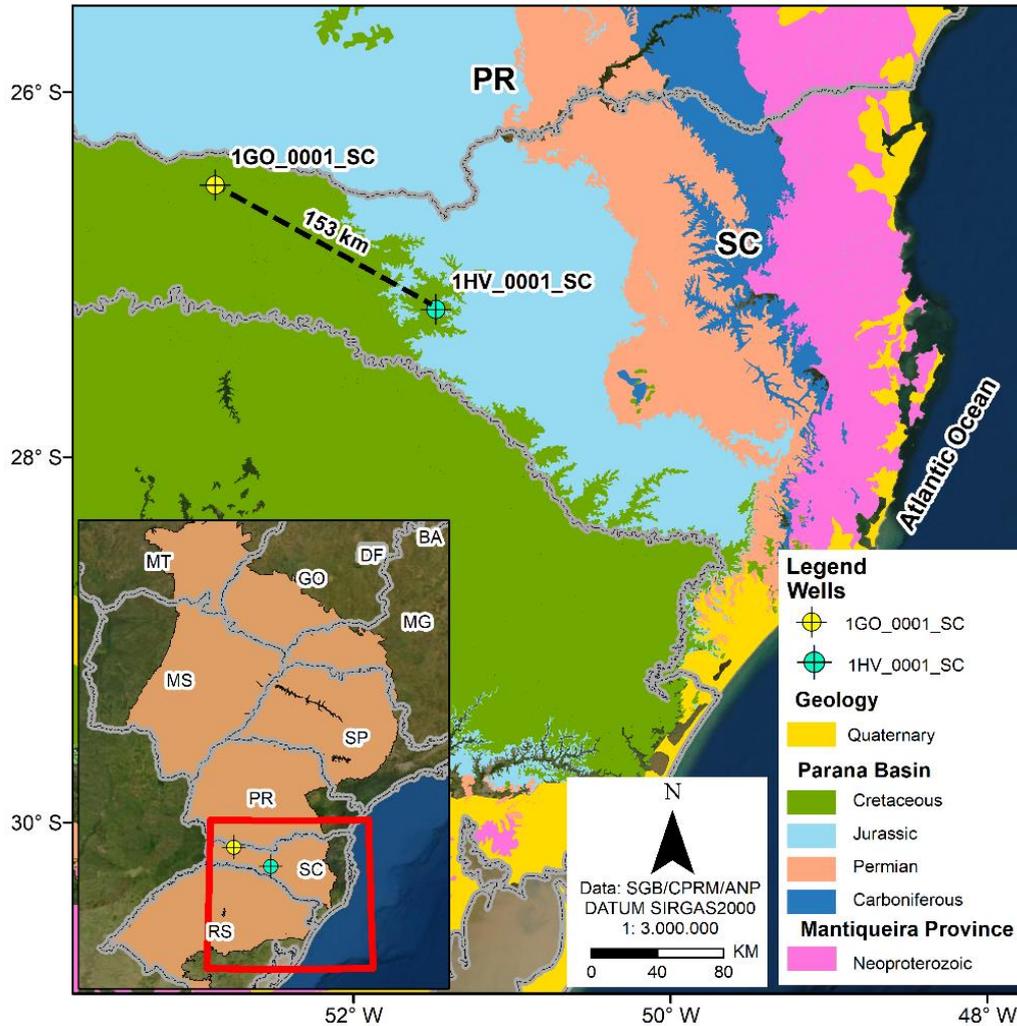


Figure 1 – Location of wells 1GO-0001-SC and 1HV-0001-SC (ANP, 2021; SGB/CPRM, 2021) in the Paraná Basin.

GEOLOGICAL CONTEXT

The Itararé Group is the thickest lithostratigraphic unit of the Paraná Basin. It is composed of glacial and post-glacial (Permo-Carboniferous) sedimentary rocks, and it was shaped in the context of the Gondwana Supercontinent. Sandstones, diamictites, shales, conglomerates, and siltstones (Schneider et al., 1974; França & Potter, 1988; Milani et al., 2007) are the main lithotypes of this group, and they were affected later by volcanic sills and dikes of the Serra Geral Group.

Regarding the thermal effects of volcanic intrusions, the well 1GO-0001-SC did not have the thermal effect of diabase sills, while the well 1HV-0001-SC has sills. The thermal heating event, known as Paraná-Etendeka LIP, not only could have affected the organic elements, changing them into petroleum, but it may also have altered minerals and sedimentary porosity (Milani, et al., 2007; Gomes & Vasconcelos, 2021). Furthermore, this magmatic event was important because hydrocarbons were probably trapped and sealed by diabase sills (França & Potter, 1988; Milani et al., 2007).

MATERIAL AND METHODS

The data from the Geological Survey of Brazil (SGB/CPRM) were used to produce a cartographic base for this work and were integrated by ArcGIS Software.

The wells 1HV-0001-SC and 1GO-0001-SC used in this work were drilled in 1972 and 1981, respectively, when PETROBRAS performed several surveys and borehole investigations of the Paraná Basin, southern Brazil. These wells were drilled to reach the basement rocks to verify and provide an understanding of the anomalous structure of the Paraná Basin. As a result of these exploration activities, a large amount of data was acquired not only about the outcrop but also the subsurface information of the wells. The geophysical logging data was provided by the ANP (National Bureau of Petroleum). This set of information is composed of lithology cutting reports from the drilling, wireline logging, and some accessory resources such as AGP files and profiles from when the campaign was performed.

The workflow used in this research includes: (i) the input tabulation of the data from reports during drilling was used to add information of sampling lithology cutting; (ii) the review of lithostratigraphic record was made to improve the accuracy of limits between sills and sedimentary rocks; and (iii) the data were inputted in appropriate software to integrate them into a database of well logging (Fig. 2).

The database involves wire-logging from 2069 to 2575 depth meters at 1HV-0001-SC (2612 measurement), and from 3003 to 3684 depth meters at 1GO-0001-SC (3355 measurement); the survey resolution is 15.24 cm (0.5 feet). The database is composed by caliper (in), gamma ray (API) and bulk density-RHOB (g/cm^3) all of them in .DLIS data resource; later, it was converted into WELL data for the *Paradigm Geolog Software*. The data set had been used for lithology cutting correlation and lithology interpreted from previous analysis. The data processing involved the correlation, interpretation, and adjustments of lithostratigraphy. To estimate the behavior of the density values and investigate how this could affect the measurements of both rocks, the data were treated and interpreted separately. Thus, it was possible to verify that the statistical calculations indicate that the sedimentary rocks of the Itararé Group have different density values. Those products were made by statistics patterns and graphics plotting (Fig. 2).

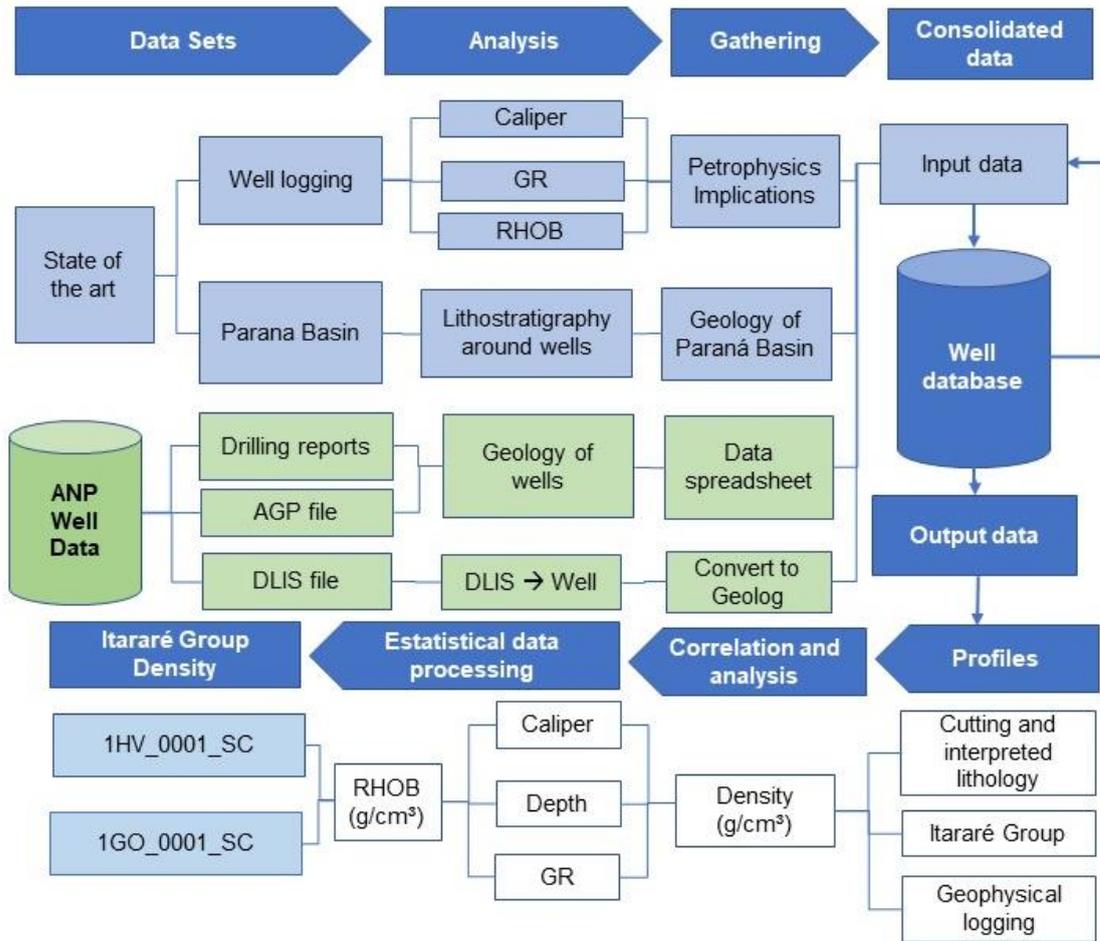
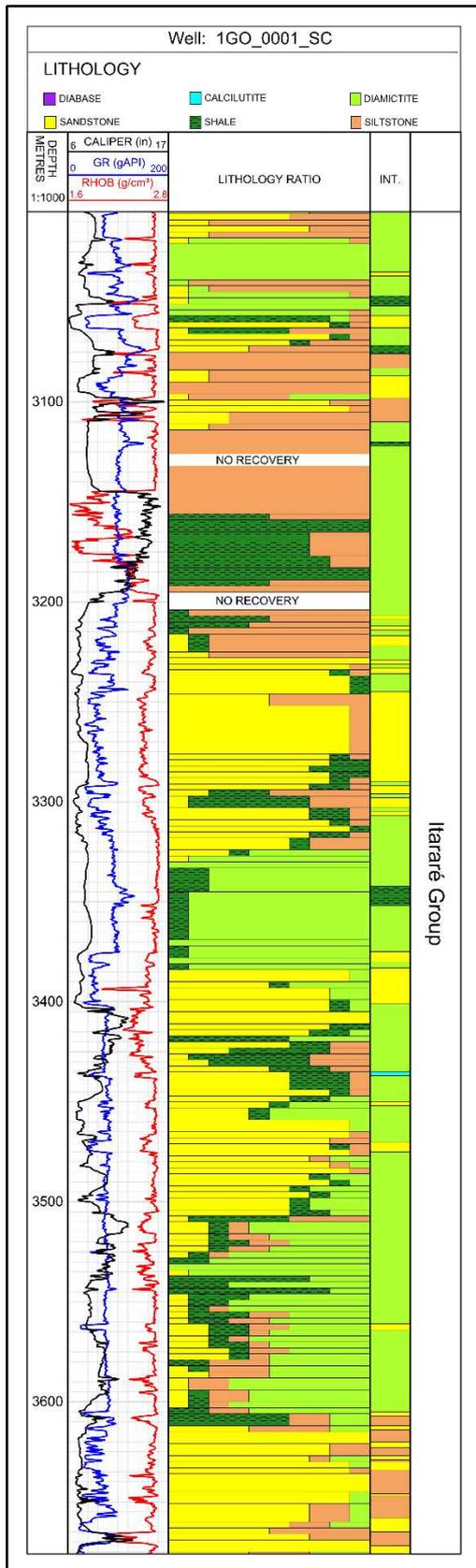


Figure 2 – Workflow used in the development of this research

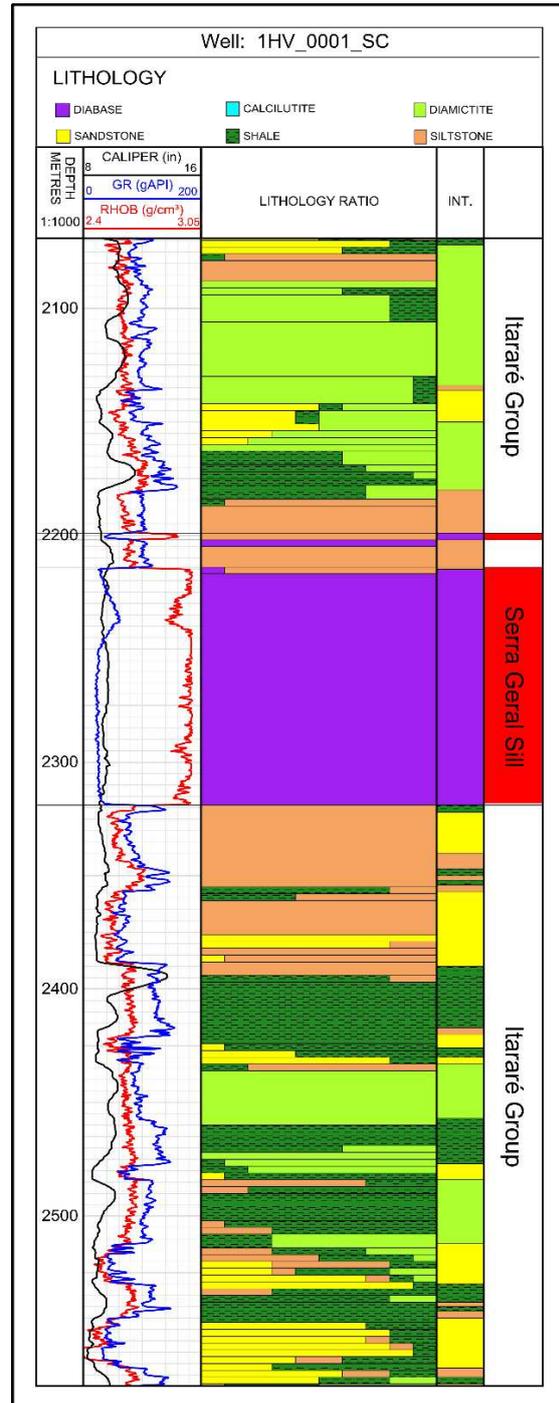
RESULTS

Lithology ratio and inferred lithology.

Integrated data using wireline logging, lithostratigraphy, and lithology cutting samples during drilling, and the final model outputs are shown in Figures 3A and 3B. The sills are reported twice in well 1HV-0001-SC, in these depth intervals: 2190 to 2202 m and 2214 to 2318 m (Fig. 3a). The main lithotypes in this well include sandstones, siltstones, shales and diamictites (Figs. 3a and 3b). The lower portion of the sedimentary succession is composed mainly of shales, siltstones and diamictites, as well as sandstones. In the intermediate portion of this succession, siltstone with shale lens and sandstones dominate. In the upper part of the sedimentary succession, interbedded shales, siltstones and diamictites occur with minor amounts of sandstones. Finally, the last register is composed of sandstone.



(a)

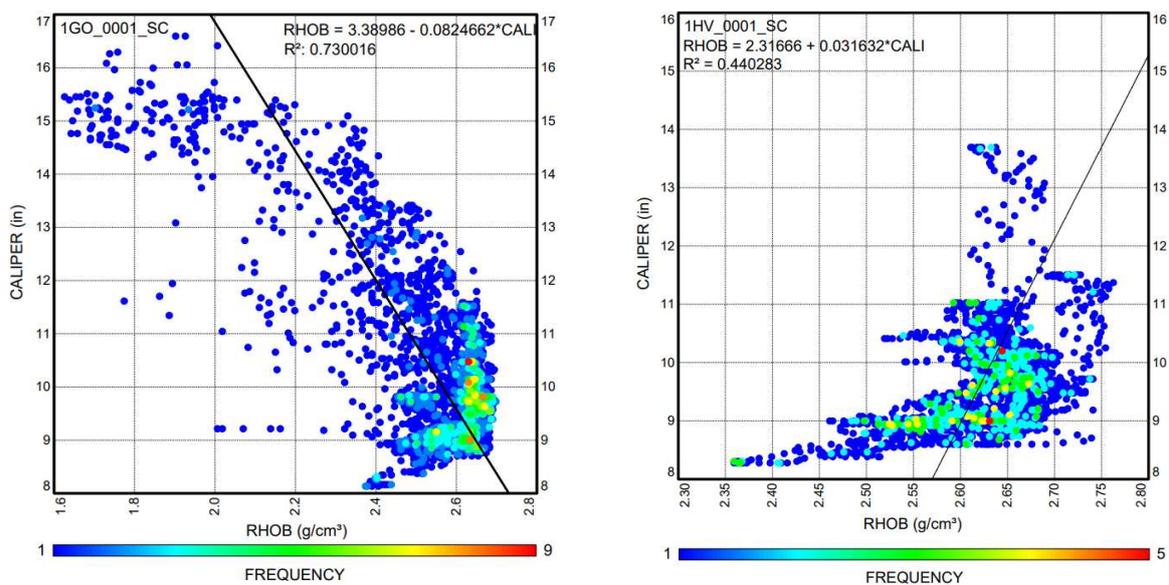


(b)

Figure 3 – Geophysical logging data, lithology ratio and inferred lithology to both wells (a) 1GO-0001-SC unaffected; b) 1HV-0001-SC affected by diabase sills.

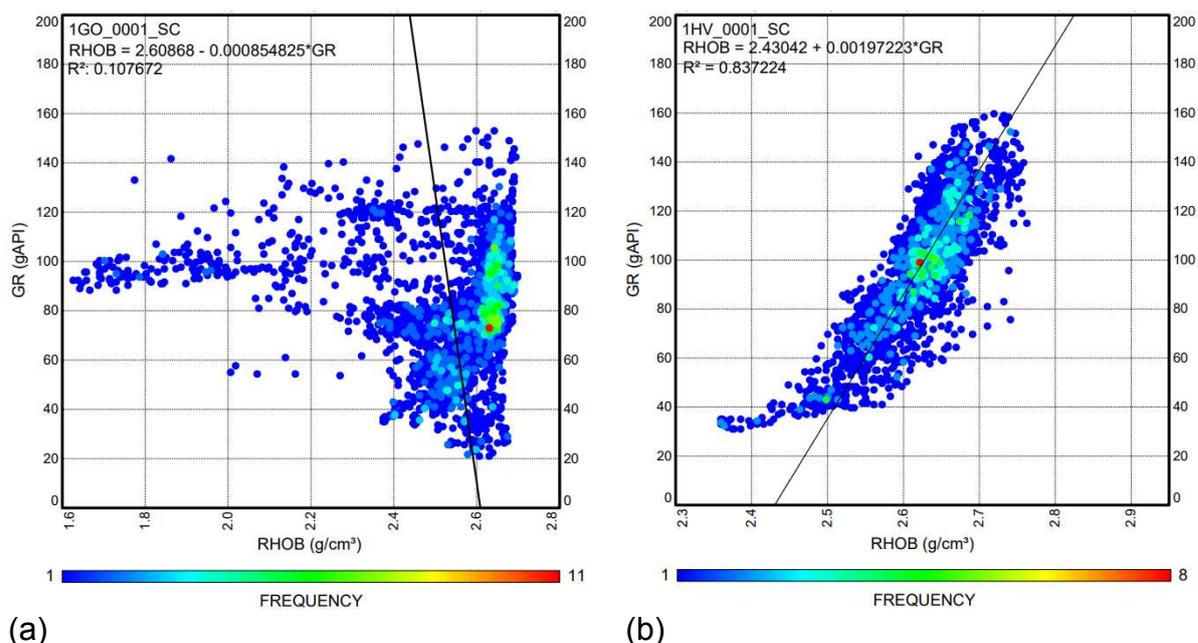
Well logging

Density data versus well diameter (caliper) are different (Figs. 4a and 4b) and suggest that, probably, the heat from magmatic emplacement can cause changes in the mechanical properties of the host rock. The bit size to drill for both wells was 8.5 inches, but somehow the diameter in sand rich interval gave a diameter lower than expected; it seems relative to the mud cake effect where higher porosity intervals had been reached. Also, because the interval composed of shales (Figs. 2a and 4a) can collapse during drilling with values as high as 16 inches, it causes lower values of density. Otherwise, the borehole 1HV-0001-SC intersects shales and two sills (Fig. 2b), but it has improved the rocky mechanical of the drilling cutting, and the maximum diameter does not expand over 14 inches, as noticed in figure 4b. The correlation coefficient between density and diameter was weak for well 1GO-0001-SC ($R^2 = 0.730016$); on the other hand, the well 1HV-0001-SC improved its correlation ($R^2 = 0.440283$).



(a) (b)
Figure 4 – Cross plot frequency graphics of density values of density vs caliper: (a) well 1GO-0001-SC ($R^2 = 0.730016$); (b) well 1HV-0001-SC ($R^2 = 0.440283$).

The density values versus gamma ray, even considering the higher numbers of measurements of the tool at the well 1GO-0001-SC, have lower values for maximum and minimum concerning gamma ray readings (Fig. 5a). There is no association regarding the coefficient of correlation ($R^2 = 0.107672$); additionally, the most frequent value of the gamma ray reading was 75 (gAPI). Instead, the well 1HV-0001-SC displays the strong positive association between gamma ray and density values ($R^2 = 0.837224$) (Fig. 5b), which is probably due to the changes of clay minerals into denser ones such as illites, kaolinite, or smectite. Similarly, not only the lower density values are related to the clean rich sand portion, but also to the lower amount of shales. The increasing of gamma ray measurements in the well 1HV-0001-SC indicates a greater amount of shales as well (Figs. 2b and 5b) when it hits denser intervals of the borehole.



(a) (b)
Figure 5 – Cross plot frequency graphics of density values of density vs gamma ray: (a) well 1GO-0001-SC ($R^2 = 0.107672$); (b) well 1HV-0001-SC ($R^2 = 0.837224$).

These results represent both values of the Itararé Group with and without sills, respectively. The segmentation of the Itararé Group leads to an estimate of the distribution of sedimentary filling; moreover, it provides a proper behavior for data set distribution. Sandstone predominates in the basal part of the Itararé Group, which has a local density average of 2.4 g/cm^3 . Also, the lowest density values in sedimentary rocks correspond to the lithology of sandstones; otherwise, the highest

density values logged were achieved in the shales. Not only do the lower density values correspond to intervals where sandstones dominate, but they may also be related to the mechanical behavior of shales due to washing out (Fig. 6). The basal sequence statistics values gave a greater range of density measurements, it is due to the diversity of grain size assemblages (Figs. 2, 6a and 6b).

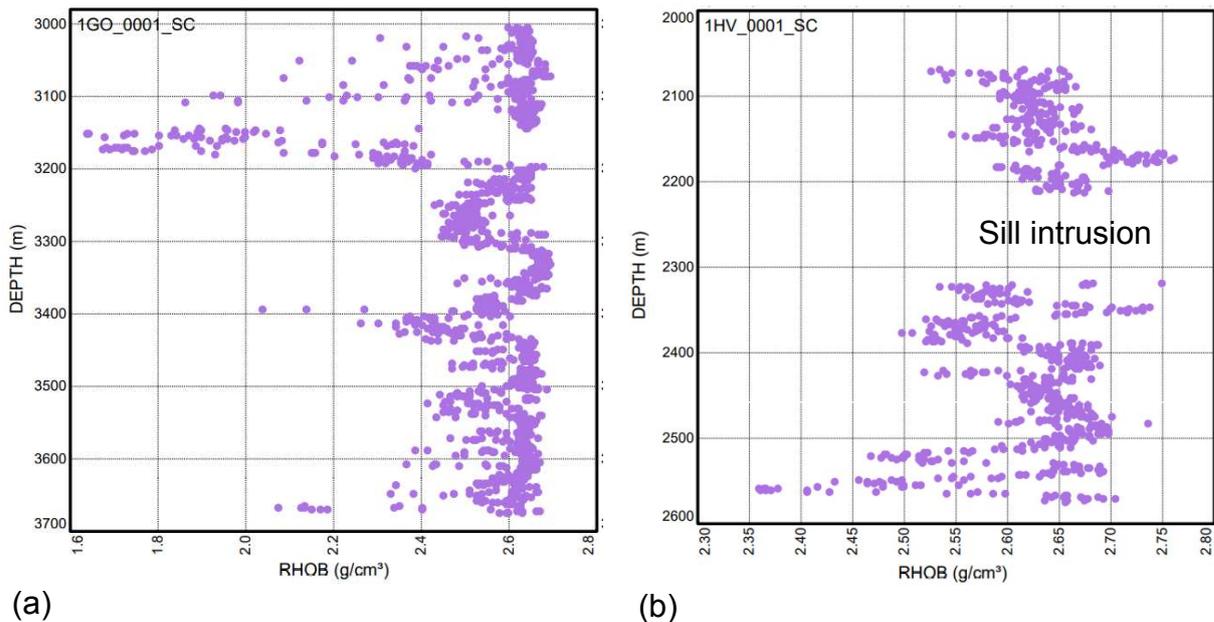


Figure 6 – Crossplot graphic of density values and depth (m): (a) the behavior of Itararé Group filling in well 1GO-0001-SC; (b) the behavior of Itararé Group filling in well 1HV-0001-SC without sills intrusions.

The frequency of density values shows the distribution of RHOB logging measurements versus depth (Table 1, Fig. 3), and it contains a comparison of the ratio by weight of the density components recovered with the RHOB tool measured across the wells (Table 1). While the 1GO-0001-SC has 3355 values ranging from 1.627 to 2.6989 g/cm³, the 1HV-0001-SC has 2612 values ranging from 2.3585 to 2.7617 gm/cm³ for density, with given ranges of 1.0719 and 0.4031, respectively (Fig. 7). In contrast to the well affected by sill intrusions, statistical data such as mean, geometric mean, variance, standard deviation, median, and mode show not only the variability in distribution but also lower density values in 1GO-0001-SC. The differences in rocky filling, depth, and the magmatic intrusions in the well seem to be related to these density discrepancies, as discussed below.

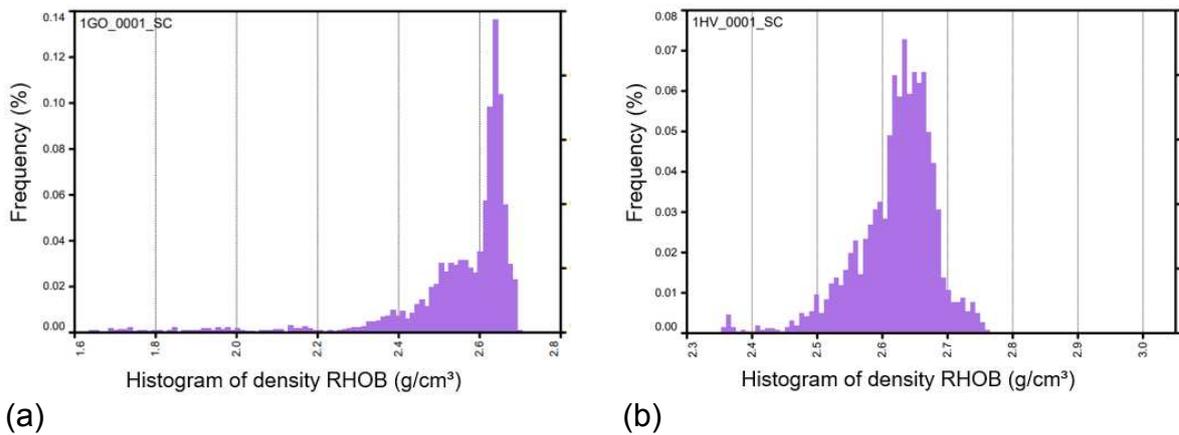


Figure 7 - Histogram frequency of Density values: (a) Well 1GO-0001-SC values from 1.627 to 2.6989 gm/cm³; (b) Well 1HV-0001-SC values from 2.3585 to 2.7617 gm/cm³.

Table 1 – Density statistics values of wells.

RHOB (G/CM ³)	1GO-0001-SC	1HV-0001-SC
VALUES	3355	2612
MINIMUM	1.627	2.3585
MAXIMUM	2.6989	2.7617
RANGE	1.0719	0.4031
MEAN	2.5399	2.6212
GEOMeTRIC MEAN	2.5326	2.6205
VARIANCE	0.0319	0.0037
STANDARD DEV.	0.1788	0.0612

MEDIAN	2.6092	2.6316
MODE	2.6380	2.6337

DISCUSSION

The dominant density higher values were achieved from the diabase sill intrusion (3.00 g/cm^3) the average density of magmatic rocks is 2.96 g/cm^3 , which had been isolated in order to understand only the sedimentary behavior for well 1HV-0001-SC. The density patterns of the Itararé Group, for both wells, show considerable correlation with the lithology that composes it. This sequence consists of wackestones, diamictites, and black shales with low-mineral and textural maturity; it has been established due to the increase in sea level during Permo-Carboniferous deglaciation, the depositional cycles consist of a thinning size toward upper succession (Schneider et al., 1974; França & Potter 1988; Milani et al., 2007; Costa et al., 2018; Rodrigues et al., 2020). According to Costa et al. (2018), the main minerals of those rocks are the illite group, which can be related to increasing density values (Figs. 4c and 4b). Not only the average density of shales might increase related to the presence of illite mineral, but also when it fills the pores of sandstones.

The caliper log gave the morphology and geometry for both wells (Figs. 3 and 4). It is important to verify whether the efficiency of tool measurement was properly acquired. In this case, the caliper measurements assume that enough quality was achieved during drilling the borehole at the well 1HV-0001-SC (Figs. 3b and 4b). On the other hand, the shales bearing rocks are more propitious to increasing the diameter of the well 1GO-0001-SC (Figs. 3a and 4a). The mudcake effect was observed; it occurs when the drilling fluids fill the porosity; later, they come back to the wall of the borehole and decrease the diameter in interval of sandstones-rich lithologies. As a result, the sandstones in the lower portion of the column show an increasing caliper diameter (Figs. 2, 4b and 4d) (Rider, 2002). The data at well 1HV-0001-SC gives density ranges from as low as 2.35 for sandstone units to as high as 2.76 g/cm^3 for shale in sedimentary rocks. Instead, the well 1GO-001-SC

values for density are lower, ranging between 1.62 up to 2.69 g/cm³, while the denser values are predominantly in shales bearing intervals (Table 1, Figs. 3 and 7). As observed, the increasing of caliper measurements in such intervals shows lower density, which is correlated to not having enough quality survey of the RHOB tool.

The bottom of host rocks, composed of siltstones with diabase sills (e.g., central portion of the well 1HV-0001-SC) shows an increase in gamma ray measurements; this was previously interpreted as shales; however, it was not observed when lithology cutting was gathered in profile (Fig. 2b). That increase in gamma ray reading might also be influenced by mineralogic changes, especially those caused by the illitization of clay minerals such as kaolinite and smectite. Duffy et al. (2021) studied the mineralogical and textural changes in sedimentary rocks affected by magmatic intrusion in the Faroe Shetland Basin. It was observed that kaolinite-rich sandstone, when submitted to a heating effect above 130°C, becomes unstable and then changes into illite. Although the increasing gamma ray reading would be interpreted as shale bearing rich in the contact with the sill, illite provides a higher potassium amount than another clay minerals; consequently, gamma ray measurements in wireline logs would increase as well (Deer et al., 1966; Rider, 2002; Duffy et al., 2021).

In the Kalahari Karoo basin, across the Atlantic Ocean, sill intrusions (> 13 meters) cause contact aureoles ranging in thickness from 31% to 137%. On the other hand, thinner sills intrusions (< 5 meters) have made contact aureoles proportionally thicker, because the quick heat dissipation increases the metamorphic zone around the intrusion (Bulgoroglu & Milkov, 2020). This behavior shows similarity when compared to several sill intrusions in sedimentary records around the world, there observed aureoles average ranging from 30% up to 250% (Aarnes et al., 2010). The sill intrusions emplaced at well 1HV-0001-SC were twice, the drilling hit in 3 meters and 106 meters of thickness, respectively. Below those intrusions, siltstones hold the lowest density values, even when affected by heating from magmatism. Instead, shales occurrences above the sills show a higher density measurement. Furthermore, density log (RHOB) values reveal an important connection between pronounced changes in density and porosity at intervals surrounding the sill. It is probably due to the fact that porosity does not decrease in hosted rocks afterward

intrusion. Therefore, the source of the magmatic heating related to sills intersected at 1HV-0001-SC and its ability to increase the density of sedimentary host rocks might have relationships. Additionally, the fluids would change to cement in the siltstones, which probably indicates this behavior of density values.

CONCLUSIONS

In this approach and our analyses of the two wells in Itararé Group, density information regarding wireline logging data (RHOB, caliper, GR) and lithology (cutting and interpreted) has shown a unique opportunity to estimate the difference among them. This has allowed to provide new insights into the relationship when intrusive magmatism influence several changes such as mechanical aspects, density values, mudcake in sandstones, and illitization of kaolinite.

The 1GO-0001-SC ($1.62 - 2.69 \text{ g/cm}^3$) does not have enough survey quality at shales and sandstones in some intervals of density, it is due to mechanical behavior when caliper reading gives higher values. Instead, the magmatic event at 1HV-0001-SC ($2.35 - 2.76 \text{ g/cm}^3$) not only increased density values, but also improved mechanical aspects of the well for drilling. Additionally, the gamma ray reading has been influenced by the denser minerals, as discussed, enrichment illite through illitization of kaonilite and smectite would increase its density.

This study shows density values behaviors in two wells drilled at Paraná Basil, Itararé Group, affected and not affected by magmatism. The assumptions of igneous intrusion into sedimentary rocks density properties can lead to misinterpretation of the properties for other geophysical measurements. Further analysis of rocks, in contact between Itararé Group and Serra Geral LIP, need to be understood through petrography and thin section to ensure that the mineral changes expected occur. The result of this approach is useful as improvement to prospect purpose such as data training, machine learning, seismic and gravimetry.

ACKNOWLEDGMENTS

This work is supported by the “Técnicas Machine Learning para reconhecimento de Padrões Sedimentológicos de Sistemas Turbidíticos” project funded by PETROBRAS, and the ANP (National Agency of Petroleum), which allowed and provided the geophysical data. We are grateful to Emerson for the GEOLOG software license for its valuable support throughout its utilization.

REFERENCES

Aarnes, I., Svensen, H., Connolly, J.A.D., Podladchikov, Y.Y., 2010, How contact metamorphism can trigger global climate changes: modeling gas generation around igneous sills in sedimentary basins. *Geochem. Cosmochim. Acta* 74, 7179–7195.

Behdad, A., 2019, A step toward the practical stratigraphic automatic correlation of well logs using continuous wavelet transform and dynamic time warping technique. *Journal of Applied Geophysics* 167 (2019) 26–32.

Beyer, L. A., Clustom, F. G., 1988, Density and porosity of oil reservoirs and overlying formations from borehole gravity measurements, gebo oil field, hot springs country, Wyoming. United States Geological Survey USGS. Accompany Chart. Oct/88.

Bulgorouglu, M.E., Milkov, A.V., 2020, Thickness matters: Influence of dolerite sills on the thermal maturity of surrounding rocks in a coal bed methane play in Botswana. *Marine and Petroleum Geology*, Volume 111, January 2020, Pages 219-229

Costa, H. da S., Nascimento, M. dos S., Ferreira, F. J. F., 2018, Clay minerals and gamma-ray spectrometry as paleoclimatic indicators in the Gondwana's sedimentary sequences, Santa Catarina, Brazil. *Rev. Bras. De Geofísica*, 36(3): 1-15.

Deer, D.A., Howie, R.A., and Zussman, J., 1966, *An Introduction to the Rock Forming Minerals*, Longman Scientific & Technical, Essex, England.

Duffy, M., Farrell, N., Raeside, R., Muirhead, D. Healy, D., Brasier, A., Schofield, 2021, Observations of reservoir quality alteration in proximity to igneous

intrusions for two distinct sandstones in Scotland. *Marine and Petroleum Geology* Volume 129, July 2021, 105071

França, A.B. & Potter, P.E., 1988, *Estratigrafia, ambiente deposicional e análise de reservatório do Grupo Itararé (Permo-Carbonífero), Bacia do Paraná*. Bol. Geoc. PETROBRAS, v. 2, 147-191.

Gomes A.S., Vasconcelos and P.M., 2021, Geochronology of the Paraná-Etendeka large igneous province, *Earth-Science Reviews* (2021), <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2021.103716>

Liu, H., 2017, *Principles and applications of well logging*. Springer, 356 p.

Milani E.J., Melo J.H.G., Souza P.A., Fernandes L.A., França A.B., 2007, *Bacia do Paraná*. Boletim de Geociências – Petrobrás, 15(2):265-287.

Rider, M. (2002) *The geological interpretation of well logs*. Whittles Publish., 280 p.

Rodrigues, M.C.N.L., Trzaskos, B., Alsop, G.I., Vesely, F. F., 2020, Making a homogenite: An outcrop perspective into the evolution of deformation within mass-transport deposits *Marine and Petroleum Geology* 112 (2020) 104033

Serviço Geológico do Brasil SGB/CPRM, 2021, Mapa integrado do Brasil ao Milionésimo. Arquivos Vetoriais (shp) Mapa geológico integrado do Brasil ao Milionésimo Escala 1:1.000.000 Sistema de Coordenadas Geográficas, Datum SIRGAS-2000. (EPSG - 4674) disponível em: <https://geosgb.cprm.gov.br/downloads/#>

Schneider, R. L., Muhlmann, H., Tommasi, E., Medeiros, R. A., Daemon, R. F., Nogueira, A. A., 1974, *Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná*. Anais Do XXVIII Congresso Brasileiro de Geologia. Sociedade Brasileira de Geologia, Porto Alegre, v.1, 41–65.

This document only illustrates the frequently encountered style elements. Authors should consult the full Instructions to Authors at <https://sbgf.org.br/revista/index.php/rbgf/information/authors>

6 CONCLUSÃO

Os dados e informações associados aos poços 1HV_0001_SC e 1GO_0001_SC, bem como o desenvolvimento e o ajuste de método de trabalho, do processamento e integração de dados geológicos, culminando na geração de produtos gráficos e estatísticos e posteriores interpretações, pode-se realizar as seguintes considerações:

i) O método de consolidação de um banco de dados se mostrou adequado para estimativa de padrões de densidade nos intervalos do Grupo Itararé, quando integrando as descrições de amostra de calha, complementando a litologia que havia sido parametrizada como homogênea pela interpretação geofísica.

ii) Foi proposto o agrupamento das leituras de densidade, retirando as leituras de densidade sob influência das soleiras, de diabásio para eliminar os ruídos pontuais de estimativa e categorização dos intervalos litoestratigráficos. Esse procedimento auxiliou na compreensão e entendimento do comportamento litológico e mecânico das unidades litoestratigráficas, com relação à leitura geofísica de poços. Dessa forma, foi possível obter uma assinatura dos padrões de densidade mais aproximados dos sistemas de acumulação.

iii) Os padrões de densidade revelam que as sequências sedimentares do Grupo Itararé apresentam uma redução dos valores de densidade nos arenitos. Isto é corroborado por dados da literatura, onde rochas sedimentares similares, com altos valores de porosidade, apresentam decréscimo de densidade.

iv) Uma vez que o metamorfismo de contato, cause transformações minerais e texturais nas rochas encaixantes, a análise de um poço isento de intrusões magmáticas é imprescindível para comparação. Por essa razão, será realizado estudo comparativo utilizando um poço que não possua soleiras, para testar o comportamento dos padrões de densidade em intervalos similares do Grupo Itararé.

v) O material da parede do poço pode contaminar a amostra de calha, causando descompasso entre os dados geológicos e os dados perfilados. Logo, é necessário cautela e prudência na interpretação, todavia, o comportamento da perfilagem geofísica contribuiu no ajuste da acurácia.

vi) O Poço 1HV_0001_SC apresentou boa correlação ($R^2 = 83,72\%$) de ajuste linear entre as leituras de densidade para os parâmetros de GR. Revelando

que o padrão de raios gama é diretamente proporcional ao incremento de densidade nesse poço; diferentemente, o poço 1GO_0001_SC apresentou baixíssima correlação ($R^2 = 10,76\%$). Por outro lado, a densidade das rochas (com relação ao Caliper) apresenta correlação razoável para o poço afetado por soleiras ($R^2 = 44,02\%$); entretanto, o poço não afetado por soleiras apresentou um coeficiente de correlação mais ajustado ($R^2 = 73,00\%$) apesar das elevadas espessuras encontradas.

Neste trabalho, foi desenvolvido um método para estimar os valores de densidade ao longo da unidade litoestratigráfica Grupo Itararé utilizando dois poços: 1HV_0001_SC e o 1GO_0001_SC, afetado e não afetado por soleiras, respectivamente. Esse procedimento permite interpretar com maior acurácia os dados e propor modelos desses parâmetros de densidade mais realísticos para o Grupo Itararé, afim de aprimorar técnicas de prospecção.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Fernando Flávio Marques. **Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Marques de Almeida**. Organizadores: Virginia Mantesso-Neto, Andre Bartoreli, Celso Dal Ré Carneiro, Benjamin Bley de Brito-Neves. 647p. 2004.
- AARNES, Ingrid; SVENSEN, Henrik.; CONNOLLY, James A. D.; PODLADCHIKOV, Yuri Y. How contact metamorphism can trigger global climate changes: modeling gas generation around igneous sills in sedimentary basins. **Geochem. Cosmochim. Acta** 74, 7179–7195, 2010.
- COSTA, Hérlon da Silva; NASCIMENTO, Marivaldo dos Santos; FERREIRA, Francisco José Fonseca. Clay minerals and gamma-ray spectrometry as paleoclimatic indicators in the Gondwana's sedimentary sequences, Santa Catarina, Brazil. **Rev. Bras. de Geofísica**, 36(3): 1-15. 2018.
- BULGOROUGLU, Muhammed Emin; MILKOV, Alexei V. Thickness matters: Influence of dolerite sills on the thermal maturity of surrounding rocks in a coal bed methane play in Botswana. **Marine and Petroleum Geology**, Volume 111, January 2020, Pages 219-229. 2020
- CPRM, Serviço Geológico do Brasil. **Mapa integrado do Brasil ao Milionésimo**. Arquivos Vetoriais (shp) Mapa geológico integrado do Brasil ao Milionésimo Escala 1:1.000.000 Sistema de Coordenadas Geográficas, Datum SIRGAS-2000. (EPSG - 4674) disponível em: <https://geosgb.cprm.gov.br/downloads/#> Acesso em: 20 jan 2021.
- DEER, William Alexander; HOWIE, Robert Andrew; ZUSSMAN, J. An Introduction to the Rock Forming Minerals, **Longman Scientific & Technical**, Essex, England, 1966.
- DUFFY, Marcus; FARRELL, Natalie; RAESIDE, Ronan; MUIRHEAD, David; HEALY, David; BRASIER, Alex, SCHOFIELD, Nick. Observations of reservoir quality alteration in proximity to igneous intrusions for two distinct sandstones in Scotland. **Marine and Petroleum Geology** Volume 129, July 2021, 105071
- ELLIS, Darwin V.; SINGER, Julian M. **Well Logging for Earth Scientists**. Springer, 699 p. 2008.
- FRANÇA, Almério Barros; POTTER, Paul Edwin. Estratigrafia, ambiente deposicional e análise de reservatório do Grupo Itararé (Permo-Carbonífero), Bacia do Paraná. **Bol. Geoc. PETROBRAS**, v. 2, 147-191. 1988
- GARDNER, G. H. F; GARDNER, L. W.; GREGORY, A. R. Formation velocity and density—the diagnostic basics for stratigraphic traps. **Geophysics** 39:770–780. 1974
- LaFEHR, Thomas R., NABIGHIAN, Misac N. **Fundamentals of gravity exploration**. ISBN 978-1-56080-298-3. 2012

LIU, Hongqi. Principles and applications of well logging. **Springer**, 356 p. 2017

JOHSON, David E.; PILE, Kathryn E. Well Logging for the nontechnical person. **Penn Well Publ.**, 111 p. 1988.

KATAHARA Keith. (2008) What is shale to a petrophysicist? **Lead Edge** 27:738–741. doi:10.1190/1.2944158. 2008.

MAINGUÉ, Edison, FEIJÓ, Flávio Juarez. **Relatório Geológico de Perfuração**, Descrição de Amostras de calha 1HV-0001-SC. 1973.

MILANI, Edison José. Bacia do Paraná. **Bol. Geoc. PETROBRAS.**, 8(1):69-82. 1994

MILANI, Edson José. Comentários sobre a origem e a evolução tectônica da Bacia do Paraná. In: Mantesso-Neto, V. et al. (eds.) **Geologia do Continente Sul-Americano**: Evolução da obra de Fernando F. M. de Almeida, Beca Ed., cap XVI.

MILANI, Edison José; MELO, José Henrique Gonçalves; SOUZA, Paulo Alves; FERNANDES, Luiz Alberto; FRANÇA, Almério Barros. Bacia do Paraná. **Boletim de Geociências – Petrobrás**, 15(2):265-287. 2007

MILANI, Edison José. Cap. XVII Influência do embasamento na evolução de bacias sedimentares. Geocronologia e evolução tectônica do Continente Sul-Americano. 357-391. 2020.

PARADIGM GEOLOG WELL 20. **Emerson manuais e suporte técnico**. Disponível em: <https://www.pdgm.com/services-support-training/technical-support-training> acessado em 01 de setembro de 2021.

NERY, Geraldo Girão. Perfilagem Geofísica em Poço Aberto - Fundamentos básicos com ênfase em petróleo. **SBGF - INCT-GP/CNPq**, 220 p. 2013.

POTTER, Colin C.; STEWART, Rrobert R. Density predictions using Vp and Vs sonic logs. **CREWES Research Report** — Volume 10.

RIBEIRO, Frederico Silva de Azevedo. Aplicação de análise multivariada na predição de perfis faltantes de poços no campo de namorado. Dissertação Mestrado, COPPE/UFRJ, 156 p. 2008

Rider, Malcon. The geological interpretation of well logs. **Whittles Publish.**, 280 p. 2002.

RODRIGUES, Mérolyn Camila Naves de Lima; TRZASKOS, Bárbara; ALSOP, G. Ian; VESELY, Fernando Farias. Making a homogenite: An outcrop perspective into the evolution of deformation within mass-transport deposits. **Marine and Petroleum Geology** 112 (2020) 104033. 2020.

RIVAS, Ramon Sade Zapata; SALAMUNI, Eduardo; FIGUEIRA, Isabella Françoso Rebutini. Análise estrutural rúptil na zona de influência do arco de Ponta Grossa:

estudo de caso na área da UHE-Mauá-PR. **Rev. Geociências**, v. 38, n. 4, p. 853-869. 2021

SERRA, Oberto. Well logging data acquisition and applications. **Éditions TECHNIP**, 305 p. 2007

SERRA, Oberto. Well logging handbook. **Éditions TECHNIP**, 604 p. 2008

SCHNEIDER, R. L.; MUHLMANN, H.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R. A.; DAEMON, R. F.; NOGUEIRA, A. A.; Revisão estratigráfica da Bacia do Parana. Anais Do XXVIII **Congresso Brasileiro de Geologia**. Sociedade Brasileira de Geologia, Porto Alegre, v.1, 41–65. 1974

TOTTEN, Matthew W.; HANAN, Mark A.; KNIGHT, Denise; BORGES, Joniell. Characteristics of mixed-layer smectite/illite density separates during burial diagenesis. **American Mineralogist**, Volume 87, pages 1571–1579. 2002

ZALÁN, Pedro Victor; ASTOLFI, Marco Antonio Mendonça; WOLFF, Sven; CONCEIÇÃO, João Cláudio de Jesus; MARQUES, Airton; VIEIRA, Inês Santos; APPI, Valéria Tiriba; ZANOTTO, Osmar Antônio. Bacia do Paraná. In: Raja Gabaglia, Milani, E.J. (eds.) Origem e Evolução das Bacias Sedimentares, **PETROBRAS**, 135-168 p. 1991

YUSUF, Babatunde; OLORUNTOBI, Olalere; BUTT, Stephen. The formation bulk density prediction for intact and fractured siliciclastic rocks. **Geodesy and Geodynamics**, 10:446-45. 2019

APÊNDICE A – 1GO_0001_SC

Well	From	to	Litolog
1GO_0001_SC	3003	3006	70%arenito 0%folhelho 30%siltito
1GO_0001_SC	3006	3009	60%arenito 0%folhelho 40%siltito
1GO_0001_SC	3009	3012	20%arenito 0%folhelho 80%siltito
1GO_0001_SC	3012	3015	70%arenito 0%folhelho 30%siltito
1GO_0001_SC	3015	3018	20%arenito 0%folhelho 80%siltito
1GO_0001_SC	3018	3021	10%arenito 80%diamictito 10%siltito
1GO_0001_SC	3021	3024	0%arenito 100%diamictito 0%siltito
1GO_0001_SC	3024	3027	0%arenito 100%diamictito 0%siltito
1GO_0001_SC	3027	3030	0%arenito 100%diamictito 0%siltito
1GO_0001_SC	3030	3033	0%arenito 100%diamictito 0%siltito
1GO_0001_SC	3033	3036	0%arenito 100%diamictito 0%siltito
1GO_0001_SC	3036	3039	0%arenito 100%diamictito 0%siltito
1GO_0001_SC	3039	3042	0%arenito 10%diamictito 90%siltito
1GO_0001_SC	3042	3045	10%arenito 10%diamictito 80%siltito
1GO_0001_SC	3045	3048	10%arenito 80%diamictito 10%siltito
1GO_0001_SC	3048	3051	10%arenito 90%diamictito 0%siltito
1GO_0001_SC	3051	3054	0%arenito 100%diamictito 0%siltito
1GO_0001_SC	3054	3057	0%arenito 90%diamictito 10%siltito
1GO_0001_SC	3057	3060	80%folhelho 10%diamictito 10%siltito
1GO_0001_SC	3060	3063	80%arenito 10%folhelho 10%siltito
1GO_0001_SC	3063	3066	10%arenito 50%folhelho 40%siltito
1GO_0001_SC	3066	3069	80%arenito 10%folhelho 10%siltito
1GO_0001_SC	3069	3072	60%arenito 10%folhelho 30%siltito
1GO_0001_SC	3072	3075	40%arenito 0%folhelho 60%siltito
1GO_0001_SC	3075	3078	0%arenito 0%folhelho 100%siltito
1GO_0001_SC	3078	3081	0%arenito 0%folhelho 100%siltito
1GO_0001_SC	3081	3084	0%arenito 0%folhelho 100%siltito
1GO_0001_SC	3084	3087	20%arenito 0%folhelho 80%siltito
1GO_0001_SC	3087	3090	20%arenito 0%folhelho 80%siltito
1GO_0001_SC	3090	3093	0%arenito 0%folhelho 100%siltito
1GO_0001_SC	3093	3096	0%arenito 0%folhelho 100%siltito
1GO_0001_SC	3096	3099	10%arenito 0%folhelho 50%siltito 40%diamictito
1GO_0001_SC	3099	3102	80%arenito 0%folhelho 20%siltito
1GO_0001_SC	3102	3105	90%arenito 0%folhelho 10%siltito
1GO_0001_SC	3105	3108	30%arenito 0%folhelho 70%siltito
1GO_0001_SC	3108	3111	30%arenito 0%folhelho 70%siltito
1GO_0001_SC	3111	3114	20%arenito 0%folhelho 80%siltito
1GO_0001_SC	3114	3117	No recovery
1GO_0001_SC	3117	3120	No recovery
1GO_0001_SC	3120	3123	No recovery
1GO_0001_SC	3123	3126	No recovery
1GO_0001_SC	3126	3129	No recovery
1GO_0001_SC	3129	3132	No recovery
1GO_0001_SC	3132	3135	0%arenito 0%folhelho 100%siltito

1GO_0001_SC	3135	3138	0%arenito 0%folhelho 100%siltito
1GO_0001_SC	3138	3141	0%arenito 0%folhelho 100%siltito
1GO_0001_SC	3141	3144	0%arenito 0%folhelho 100%siltito
1GO_0001_SC	3144	3147	0%arenito 0%folhelho 100%siltito
1GO_0001_SC	3147	3150	0%arenito 0%folhelho 100%siltito
1GO_0001_SC	3150	3153	0%arenito 0%folhelho 100%siltito
1GO_0001_SC	3153	3156	0%arenito 0%folhelho 100%siltito
1GO_0001_SC	3156	3159	0%arenito 50%folhelho 50%siltito
1GO_0001_SC	3159	3162	0%arenito 100%folhelho 0%siltito
1GO_0001_SC	3162	3165	0%arenito 100%folhelho 0%siltito
1GO_0001_SC	3165	3168	0%arenito 70%folhelho 30%siltito
1GO_0001_SC	3168	3171	0%arenito 70%folhelho 30%siltito
1GO_0001_SC	3171	3174	0%arenito 70%folhelho 30%siltito
1GO_0001_SC	3174	3177	0%arenito 70%folhelho 30%siltito
1GO_0001_SC	3177	3180	0%arenito 80%folhelho 20%siltito
1GO_0001_SC	3180	3183	0%arenito 80%folhelho 20%siltito
1GO_0001_SC	3183	3186	0%arenito 100%folhelho 0%siltito
1GO_0001_SC	3186	3189	0%arenito 100%folhelho 0%siltito
1GO_0001_SC	3189	3192	0%arenito 50%folhelho 50%siltito
1GO_0001_SC	3192	3195	No recovery
1GO_0001_SC	3195	3198	No recovery
1GO_0001_SC	3198	3201	No recovery
1GO_0001_SC	3201	3204	No recovery
1GO_0001_SC	3204	3207	No recovery
1GO_0001_SC	3207	3210	0%arenito 50%folhelho 50%siltito
1GO_0001_SC	3210	3213	0%arenito 40%folhelho 60%siltito
1GO_0001_SC	3213	3216	0%arenito 10%folhelho 90%siltito
1GO_0001_SC	3216	3219	10%arenito 10%folhelho 80%siltito
1GO_0001_SC	3219	3222	10%arenito 10%folhelho 80%siltito
1GO_0001_SC	3222	3225	10%arenito 10%folhelho 80%siltito
1GO_0001_SC	3225	3228	20%arenito 0%folhelho 80%siltito
1GO_0001_SC	3228	3231	100%arenito 0%folhelho 0%siltito
1GO_0001_SC	3231	3234	90%arenito 0%folhelho 10%siltito
1GO_0001_SC	3234	3237	80%arenito 10%folhelho 10%siltito
1GO_0001_SC	3237	3240	90%arenito 10%folhelho 0%siltito
1GO_0001_SC	3240	3243	90%arenito 10%folhelho 0%siltito
1GO_0001_SC	3243	3246	90%arenito 10%folhelho 0%siltito
1GO_0001_SC	3246	3249	50%arenito 0%folhelho 50%siltito
1GO_0001_SC	3249	3252	50%arenito 0%folhelho 50%siltito
1GO_0001_SC	3252	3255	90%arenito 0%folhelho 10%siltito
1GO_0001_SC	3255	3258	90%arenito 0%folhelho 10%siltito
1GO_0001_SC	3258	3261	90%arenito 0%folhelho 10%siltito
1GO_0001_SC	3261	3264	90%arenito 0%folhelho 10%siltito
1GO_0001_SC	3264	3267	90%arenito 0%folhelho 10%siltito
1GO_0001_SC	3267	3270	90%arenito 0%folhelho 10%siltito
1GO_0001_SC	3270	3273	90%arenito 0%folhelho 10%siltito

1GO_0001_SC	3273	3276	90%arenito 0%folhelho 10%iltito
1GO_0001_SC	3276	3279	80%arenito 10%folhelho 10%iltito
1GO_0001_SC	3279	3282	80%arenito 20%folhelho 0%iltito
1GO_0001_SC	3282	3285	70%arenito 30%folhelho 0%iltito
1GO_0001_SC	3285	3288	80%arenito 20%folhelho 0%iltito
1GO_0001_SC	3288	3291	80%arenito 10%folhelho 10%iltito
1GO_0001_SC	3291	3294	70%arenito 20%folhelho 10%iltito
1GO_0001_SC	3294	3297	20%arenito 30%folhelho 50%iltito
1GO_0001_SC	3297	3300	10%arenito 60%folhelho 30%iltito
1GO_0001_SC	3300	3303	10%arenito 60%folhelho 30%iltito
1GO_0001_SC	3303	3306	70%arenito 20%folhelho 10%iltito
1GO_0001_SC	3306	3309	70%arenito 20%folhelho 10%iltito
1GO_0001_SC	3309	3312	80%arenito 10%folhelho 10%iltito
1GO_0001_SC	3312	3315	90%arenito 10%folhelho 0%iltito
1GO_0001_SC	3315	3318	70%arenito 20%folhelho 10%iltito
1GO_0001_SC	3318	3321	60%arenito 10%folhelho 30%iltito
1GO_0001_SC	3321	3324	60%arenito 10%folhelho 30%iltito
1GO_0001_SC	3324	3327	30%arenito 10%folhelho 0%iltito 60%diamictito
1GO_0001_SC	3327	3330	10%arenito 0%folhelho 0%iltito 90%diamictito
1GO_0001_SC	3330	3333	0%arenito 0%folhelho 0%iltito 100%diamictito
1GO_0001_SC	3333	3336	0%arenito 20%folhelho 0%iltito 80%diamictito
1GO_0001_SC	3336	3339	0%arenito 20%folhelho 0%iltito 80%diamictito
1GO_0001_SC	3339	3342	0%arenito 20%folhelho 0%iltito 80%diamictito
1GO_0001_SC	3342	3345	0%arenito 20%folhelho 0%iltito 80%diamictito
1GO_0001_SC	3345	3348	0%arenito 10%folhelho 0%iltito 90%diamictito
1GO_0001_SC	3348	3351	0%arenito 10%folhelho 0%iltito 90%diamictito
1GO_0001_SC	3351	3354	0%arenito 10%folhelho 0%iltito 90%diamictito
1GO_0001_SC	3354	3357	0%arenito 10%folhelho 0%iltito 90%diamictito
1GO_0001_SC	3357	3360	0%arenito 10%folhelho 0%iltito 90%diamictito
1GO_0001_SC	3360	3363	0%arenito 10%folhelho 0%iltito 90%diamictito
1GO_0001_SC	3363	3366	0%arenito 10%folhelho 0%iltito 90%diamictito
1GO_0001_SC	3366	3369	0%arenito 10%folhelho 0%iltito 90%diamictito
1GO_0001_SC	3369	3372	0%arenito 0%folhelho 0%iltito 100%diamictito
1GO_0001_SC	3372	3375	0%arenito 10%folhelho 0%iltito 90%diamictito
1GO_0001_SC	3375	3378	0%arenito 10%folhelho 0%iltito 90%diamictito
1GO_0001_SC	3378	3381	0%arenito 0%folhelho 0%iltito 100%diamictito
1GO_0001_SC	3381	3384	0%arenito 10%folhelho 0%iltito 90%diamictito
1GO_0001_SC	3384	3387	90%arenito 0%folhelho 0%iltito 10%diamictito
1GO_0001_SC	3387	3390	90%arenito 0%folhelho 0%iltito 10%diamictito
1GO_0001_SC	3390	3393	50%arenito 10%folhelho 0%iltito 40%diamictito
1GO_0001_SC	3393	3396	80%arenito 0%folhelho 0%iltito 20%diamictito
1GO_0001_SC	3396	3399	80%arenito 0%folhelho 0%iltito 20%diamictito
1GO_0001_SC	3399	3402	80%arenito 10%folhelho 0%iltito 10%diamictito
1GO_0001_SC	3402	3405	80%arenito 10%folhelho 0%iltito 10%diamictito
1GO_0001_SC	3405	3408	100%arenito 0%folhelho 0%iltito 0%diamictito
1GO_0001_SC	3408	3411	100%arenito 0%folhelho 0%iltito 0%diamictito

1GO_0001_SC	3411	3414	80%arenito 20%folhelho 0%siltito 0%diamictito
1GO_0001_SC	3414	3417	70%arenito 20%folhelho 0%siltito 10%diamictito
1GO_0001_SC	3417	3420	0%arenito 60%folhelho 0%siltito 40%diamictito
1GO_0001_SC	3420	3423	60%arenito 20%folhelho 20%siltito 0%diamictito
1GO_0001_SC	3423	3426	30%arenito 50%folhelho 20%siltito 0%diamictito
1GO_0001_SC	3426	3429	10%arenito 60%folhelho 10%siltito 0%diamictito
1GO_0001_SC	3429	3432	20%arenito 50%folhelho 30%siltito 0%diamictito
1GO_0001_SC	3432	3435	50%arenito 30%folhelho 20%siltito 0%diamictito
1GO_0001_SC	3435	3438	60%arenito 30%folhelho 10%siltito 0%diamictito
1GO_0001_SC	3438	3441	60%arenito 30%folhelho 10%siltito 0%diamictito
1GO_0001_SC	3441	3444	60%arenito 30%folhelho 10%siltito 0%diamictito
1GO_0001_SC	3444	3447	80%arenito 10%folhelho 10%siltito 0%diamictito
1GO_0001_SC	3447	3450	60%arenito 20%folhelho 0%siltito 20%diamictito
1GO_0001_SC	3450	3453	50%arenito 10%folhelho 0%siltito 40%diamictito
1GO_0001_SC	3453	3456	40%arenito 10%folhelho 0%siltito 50%diamictito
1GO_0001_SC	3456	3459	40%arenito 10%folhelho 0%siltito 50%diamictito
1GO_0001_SC	3459	3462	90%arenito 0%folhelho 0%siltito 10%diamictito
1GO_0001_SC	3462	3465	90%arenito 0%folhelho 0%siltito 10%diamictito
1GO_0001_SC	3465	3468	90%arenito 0%folhelho 10%siltito 0%diamictito
1GO_0001_SC	3468	3471	80%arenito 0%folhelho 20%siltito 0%diamictito
1GO_0001_SC	3471	3474	80%arenito 10%folhelho 10%siltito 0%diamictito
1GO_0001_SC	3474	3477	90%arenito 0%folhelho 10%siltito 0%diamictito
1GO_0001_SC	3477	3480	70%arenito 0%folhelho 10%siltito 20%diamictito
1GO_0001_SC	3480	3483	80%arenito 0%folhelho 10%siltito 10%diamictito
1GO_0001_SC	3483	3486	90%arenito 0%folhelho 10%siltito 0%diamictito
1GO_0001_SC	3486	3489	70%arenito 10%folhelho 0%siltito 20%diamictito
1GO_0001_SC	3489	3492	80%arenito 10%folhelho 0%siltito 10%diamictito
1GO_0001_SC	3492	3495	60%arenito 10%folhelho 0%siltito 30%diamictito
1GO_0001_SC	3495	3498	70%arenito 10%folhelho 0%siltito 20%diamictito
1GO_0001_SC	3498	3501	60%arenito 10%folhelho 0%siltito 30%diamictito
1GO_0001_SC	3501	3504	60%arenito 10%folhelho 0%siltito 30%diamictito
1GO_0001_SC	3504	3507	60%arenito 20%folhelho 0%siltito 20%diamictito
1GO_0001_SC	3507	3510	10%arenito 50%folhelho 40%siltito 0%diamictito
1GO_0001_SC	3510	3513	20%arenito 10%folhelho 10%siltito 60%diamictito
1GO_0001_SC	3513	3516	20%arenito 10%folhelho 10%siltito 60%diamictito
1GO_0001_SC	3516	3519	20%arenito 10%folhelho 20%siltito 50%diamictito
1GO_0001_SC	3519	3522	20%arenito 20%folhelho 20%siltito 40%diamictito
1GO_0001_SC	3522	3525	20%arenito 10%folhelho 20%siltito 50%diamictito
1GO_0001_SC	3525	3528	10%arenito 10%folhelho 10%siltito 70%diamictito
1GO_0001_SC	3528	3531	0%arenito 20%folhelho 0%siltito 80%diamictito
1GO_0001_SC	3531	3534	0%arenito 0%folhelho 0%siltito 100%diamictito
1GO_0001_SC	3534	3537	10%arenito 0%folhelho 0%siltito 90%diamictito
1GO_0001_SC	3537	3540	0%arenito 70%folhelho 0%siltito 30%diamictito
1GO_0001_SC	3540	3543	0%arenito 30%folhelho 0%siltito 70%diamictito
1GO_0001_SC	3543	3546	0%arenito 80%folhelho 0%siltito 20%diamictito
1GO_0001_SC	3546	3549	10%arenito 30%folhelho 0%siltito 60%diamictito

1GO_0001_SC	3549	3552	10%arenito 20%folhelho 0%siltito 70%diamictito
1GO_0001_SC	3552	3555	10%arenito 10%folhelho 10%siltito 70%diamictito
1GO_0001_SC	3555	3558	10%arenito 30%folhelho 20%siltito 40%diamictito
1GO_0001_SC	3558	3561	10%arenito 20%folhelho 20%siltito 50%diamictito
1GO_0001_SC	3561	3564	20%arenito 20%folhelho 20%siltito 40%diamictito
1GO_0001_SC	3564	3567	20%arenito 20%folhelho 10%siltito 50%diamictito
1GO_0001_SC	3567	3570	20%arenito 10%folhelho 10%siltito 60%diamictito
1GO_0001_SC	3570	3573	20%arenito 20%folhelho 10%siltito 50%diamictito
1GO_0001_SC	3573	3576	30%arenito 10%folhelho 20%siltito 40%diamictito
1GO_0001_SC	3576	3579	30%arenito 10%folhelho 10%siltito 50%diamictito
1GO_0001_SC	3579	3582	0%arenito 20%folhelho 30%siltito 50%diamictito
1GO_0001_SC	3582	3585	10%arenito 10%folhelho 30%siltito 50%diamictito
1GO_0001_SC	3585	3588	20%arenito 0%folhelho 30%siltito 50%diamictito
1GO_0001_SC	3588	3591	10%arenito 0%folhelho 20%siltito 70%diamictito
1GO_0001_SC	3591	3594	10%arenito 0%folhelho 20%siltito 70%diamictito
1GO_0001_SC	3594	3597	10%arenito 10%folhelho 20%siltito 60%diamictito
1GO_0001_SC	3597	3600	10%arenito 10%folhelho 20%siltito 60%diamictito
1GO_0001_SC	3600	3603	10%arenito 10%folhelho 10%siltito 70%diamictito
1GO_0001_SC	3603	3606	0%arenito 20%folhelho 20%siltito 60%diamictito
1GO_0001_SC	3606	3609	0%arenito 60%folhelho 20%siltito 20%diamictito
1GO_0001_SC	3609	3612	0%arenito 60%folhelho 20%siltito 20%diamictito
1GO_0001_SC	3612	3615	40%arenito 0%folhelho 40%siltito 20%diamictito
1GO_0001_SC	3615	3618	100%arenito 0%folhelho 0%siltito 0%diamictito
1GO_0001_SC	3618	3621	100%arenito 0%folhelho 0%siltito 0%diamictito
1GO_0001_SC	3621	3624	80%arenito 0%folhelho 20%siltito 0%diamictito
1GO_0001_SC	3624	3627	80%arenito 0%folhelho 20%siltito 0%diamictito
1GO_0001_SC	3627	3630	70%arenito 0%folhelho 10%siltito 20%diamictito
1GO_0001_SC	3630	3633	90%arenito 0%folhelho 0%siltito 10%diamictito
1GO_0001_SC	3633	3636	90%arenito 0%folhelho 10%siltito 0%diamictito
1GO_0001_SC	3636	3639	100%arenito 0%folhelho 0%siltito 0%diamictito
1GO_0001_SC	3639	3642	100%arenito 0%folhelho 0%siltito 0%diamictito
1GO_0001_SC	3642	3645	100%arenito 0%folhelho 0%siltito 0%diamictito
1GO_0001_SC	3645	3648	90%arenito 0%folhelho 0%siltito 10%diamictito
1GO_0001_SC	3648	3651	90%arenito 0%folhelho 0%siltito 10%diamictito
1GO_0001_SC	3651	3654	70%arenito 0%folhelho 20%siltito 10%diamictito
1GO_0001_SC	3654	3657	70%arenito 0%folhelho 20%siltito 10%diamictito
1GO_0001_SC	3657	3660	70%arenito 0%folhelho 20%siltito 10%diamictito
1GO_0001_SC	3660	3663	60%arenito 0%folhelho 20%siltito 20%diamictito
1GO_0001_SC	3663	3666	50%arenito 0%folhelho 50%siltito 0%diamictito
1GO_0001_SC	3666	3669	70%arenito 0%folhelho 30%siltito 0%diamictito
1GO_0001_SC	3669	3672	100%arenito 0%folhelho 0%siltito 0%diamictito
1GO_0001_SC	3672	3675	100%arenito 0%folhelho 0%siltito 0%diamictito
1GO_0001_SC	3675	3678	40%arenito 0%folhelho 30%siltito 30%diamictito
1GO_0001_SC	3678	3681	10%arenito 0%folhelho 70%siltito 20%diamictito
1GO_0001_SC	3681	3684	50%arenito 0%folhelho 50%siltito 0%diamictito

APÊNDICE B – 1HV_0001_SC

Well	From	to	Litolog
1HV_0001_SC	2067	2070	50%arenito 40%folhelho 10%siltito
1HV_0001_SC	2070	2073	80%arenito 20%folhelho 0%siltito
1HV_0001_SC	2073	2076	60%arenito 40%folhelho 0%siltito
1HV_0001_SC	2076	2079	0%arenito 10%folhelho 90%siltito
1HV_0001_SC	2079	2082	0%arenito 0%folhelho 100%siltito
1HV_0001_SC	2082	2085	0%arenito 0%folhelho 100%siltito
1HV_0001_SC	2085	2088	0%arenito 0%folhelho 100%siltito
1HV_0001_SC	2088	2091	diamictito
1HV_0001_SC	2091	2094	60%diamictito 40%folhelho
1HV_0001_SC	2094	2097	80%diamictito 20%folhelho
1HV_0001_SC	2097	2100	80%diamictito 20%folhelho
1HV_0001_SC	2100	2103	80%diamictito 20%folhelho
1HV_0001_SC	2103	2106	80%diamictito 20%folhelho
1HV_0001_SC	2106	2109	100%diamictito 0%folhelho
1HV_0001_SC	2109	2112	100%diamictito 0%folhelho
1HV_0001_SC	2112	2115	100%diamictito 0%folhelho
1HV_0001_SC	2115	2118	100%diamictito 0%folhelho
1HV_0001_SC	2118	2121	100%diamictito 0%folhelho
1HV_0001_SC	2121	2124	100%diamictito 0%folhelho
1HV_0001_SC	2124	2127	100%diamictito 0%folhelho
1HV_0001_SC	2127	2130	100%diamictito 0%folhelho
1HV_0001_SC	2130	2133	90%diamictito 10%folhelho
1HV_0001_SC	2133	2136	90%diamictito 10%folhelho
1HV_0001_SC	2136	2139	90%diamictito 10%folhelho
1HV_0001_SC	2139	2142	90%diamictito 10%folhelho
1HV_0001_SC	2142	2145	50%arenito 10%folhelho 40%diamictito
1HV_0001_SC	2145	2148	40%arenito 10%folhelho 50%diamictito
1HV_0001_SC	2148	2151	40%arenito 10%folhelho 50%diamictito
1HV_0001_SC	2151	2154	50%arenito 0%folhelho 50%diamictito
1HV_0001_SC	2154	2157	30%arenito 0%folhelho 70%diamictito
1HV_0001_SC	2157	2160	20%arenito 0%folhelho 80%diamictito
1HV_0001_SC	2160	2163	0%arenito 0%folhelho 100%diamictito
1HV_0001_SC	2163	2166	0%arenito 60%folhelho 40%diamictito
1HV_0001_SC	2166	2169	0%arenito 60%folhelho 40%diamictito
1HV_0001_SC	2169	2172	0%arenito 70%folhelho 30%diamictito
1HV_0001_SC	2172	2175	0%arenito 90%folhelho 10%diamictito
1HV_0001_SC	2175	2178	0%arenito 100%folhelho 0%diamictito
1HV_0001_SC	2178	2181	0%arenito 70%folhelho 30%diamictito
1HV_0001_SC	2181	2184	0%arenito 70%folhelho 30%diamictito
1HV_0001_SC	2184	2187	0%arenito 10%folhelho 90%siltito
1HV_0001_SC	2187	2190	siltito
1HV_0001_SC	2190	2193	siltito
1HV_0001_SC	2193	2196	siltito
1HV_0001_SC	2196	2199	siltito

1HV_0001_SC	2199	2202	siltito
1HV_0001_SC	2202	2205	diabasio
1HV_0001_SC	2205	2208	siltito
1HV_0001_SC	2208	2211	siltito
1HV_0001_SC	2211	2214	siltito
1HV_0001_SC	2214	2217	10%diabasio 0%folhelho 90%siltito
1HV_0001_SC	2217	2220	Diabasio
1HV_0001_SC	2220	2223	Diabasio
1HV_0001_SC	2223	2226	Diabasio
1HV_0001_SC	2226	2229	Diabasio
1HV_0001_SC	2229	2232	Diabasio
1HV_0001_SC	2232	2235	Diabasio
1HV_0001_SC	2235	2238	Diabasio
1HV_0001_SC	2238	2241	Diabasio
1HV_0001_SC	2241	2244	Diabasio
1HV_0001_SC	2244	2247	Diabasio
1HV_0001_SC	2247	2250	Diabasio
1HV_0001_SC	2250	2253	Diabasio
1HV_0001_SC	2253	2256	Diabasio
1HV_0001_SC	2256	2259	Diabasio
1HV_0001_SC	2259	2262	Diabasio
1HV_0001_SC	2262	2265	Diabasio
1HV_0001_SC	2265	2268	Diabasio
1HV_0001_SC	2268	2271	Diabasio
1HV_0001_SC	2271	2274	Diabasio
1HV_0001_SC	2274	2277	Diabasio
1HV_0001_SC	2277	2280	Diabasio
1HV_0001_SC	2280	2283	Diabasio
1HV_0001_SC	2283	2286	Diabasio
1HV_0001_SC	2286	2289	Diabasio
1HV_0001_SC	2289	2292	Diabasio
1HV_0001_SC	2292	2295	Diabasio
1HV_0001_SC	2295	2298	Diabasio
1HV_0001_SC	2298	2301	Diabasio
1HV_0001_SC	2301	2304	Diabasio
1HV_0001_SC	2304	2307	Diabasio
1HV_0001_SC	2307	2310	Diabasio
1HV_0001_SC	2310	2313	Diabasio
1HV_0001_SC	2313	2316	Diabasio
1HV_0001_SC	2316	2319	Diabasio
1HV_0001_SC	2319	2322	Siltito
1HV_0001_SC	2322	2325	Siltito
1HV_0001_SC	2325	2328	Siltito
1HV_0001_SC	2328	2331	Siltito
1HV_0001_SC	2331	2334	Siltito
1HV_0001_SC	2334	2337	Siltito

1HV_0001_SC	2337	2340	Siltito
1HV_0001_SC	2340	2343	Siltito
1HV_0001_SC	2343	2346	Siltito
1HV_0001_SC	2346	2349	Siltito
1HV_0001_SC	2349	2352	Siltito
1HV_0001_SC	2352	2355	Siltito
1HV_0001_SC	2355	2358	0%arenito 80%folhelho 20%siltito
1HV_0001_SC	2358	2361	0%arenito 40%folhelho 60%siltito
1HV_0001_SC	2361	2364	Siltito
1HV_0001_SC	2364	2367	Siltito
1HV_0001_SC	2367	2370	siltito
1HV_0001_SC	2370	2373	siltito
1HV_0001_SC	2373	2376	siltito
1HV_0001_SC	2376	2379	arenito
1HV_0001_SC	2379	2382	80%arenito 0%folhelho 20%siltito
1HV_0001_SC	2382	2385	Siltito
1HV_0001_SC	2385	2388	10%arenito 0%folhelho 90%siltito
1HV_0001_SC	2388	2391	Siltito
1HV_0001_SC	2391	2394	Siltito
1HV_0001_SC	2394	2397	0%arenito 80%folhelho 20%siltito
1HV_0001_SC	2397	2400	Folhelho
1HV_0001_SC	2400	2403	Folhelho
1HV_0001_SC	2403	2406	Folhelho
1HV_0001_SC	2406	2409	Folhelho
1HV_0001_SC	2409	2412	Folhelho
1HV_0001_SC	2412	2415	Folhelho
1HV_0001_SC	2415	2418	Folhelho
1HV_0001_SC	2418	2421	Folhelho
1HV_0001_SC	2421	2424	Folhelho
1HV_0001_SC	2424	2427	10%arenito 90%folhelho 0%siltito
1HV_0001_SC	2427	2430	40%arenito 60%folhelho 0%siltito
1HV_0001_SC	2430	2433	80%arenito 20%folhelho 0%siltito
1HV_0001_SC	2433	2436	0%arenito 20%folhelho 80%siltito
1HV_0001_SC	2436	2439	diamictito
1HV_0001_SC	2439	2442	diamictito
1HV_0001_SC	2442	2445	diamictito
1HV_0001_SC	2445	2448	diamictito
1HV_0001_SC	2448	2451	diamictito
1HV_0001_SC	2451	2454	diamictito
1HV_0001_SC	2454	2457	diamictito
1HV_0001_SC	2457	2460	diamictito
1HV_0001_SC	2460	2463	Folhelho
1HV_0001_SC	2463	2466	Folhelho
1HV_0001_SC	2466	2469	Folhelho
1HV_0001_SC	2469	2472	0%arenito 60%folhelho 40%diamictito
1HV_0001_SC	2472	2475	0%arenito 0%folhelho 100%diamictito

1HV_0001_SC	2475	2478	0%arenito 10%folhelho 90%diamictito
1HV_0001_SC	2478	2481	0%arenito 20%folhelho 80%diamictito
1HV_0001_SC	2481	2484	10%arenito 90%folhelho 0%diamictito
1HV_0001_SC	2484	2487	70%siltito 30%folhelho 0%diamictito
1HV_0001_SC	2487	2490	20%siltito 80%folhelho 0%diamictito
1HV_0001_SC	2490	2493	0%siltito 100%folhelho 0%diamictito
1HV_0001_SC	2493	2496	0%siltito 100%folhelho 0%diamictito
1HV_0001_SC	2496	2499	0%siltito 100%folhelho 0%diamictito
1HV_0001_SC	2499	2502	0%siltito 100%folhelho 0%diamictito
1HV_0001_SC	2502	2505	10%siltito 90%folhelho 0%diamictito
1HV_0001_SC	2505	2508	30%siltito 70%folhelho 0%diamictito
1HV_0001_SC	2508	2511	0%siltito 30%folhelho 70%diamictito
1HV_0001_SC	2511	2514	0%siltito 30%folhelho 70%diamictito
1HV_0001_SC	2514	2517	30%siltito 40%folhelho 30%diamictito
1HV_0001_SC	2517	2520	50%siltito 40%folhelho 10%diamictito
1HV_0001_SC	2520	2523	30%arenito 50%siltito 20%folhelho 0%diamictito
1HV_0001_SC	2523	2526	30%arenito 10%siltito 40%folhelho 20%diamictito
1HV_0001_SC	2526	2529	70%arenito 10%siltito 10%folhelho 10%diamictito
1HV_0001_SC	2529	2532	90%arenito 0%siltito 10%folhelho 0%diamictito
1HV_0001_SC	2532	2535	0%arenito 30%siltito 70%folhelho 0%diamictito
1HV_0001_SC	2535	2538	0%arenito 0%siltito 80%folhelho 20%diamictito
1HV_0001_SC	2538	2541	0%arenito 0%siltito 100%folhelho 0%diamictito
1HV_0001_SC	2541	2544	0%arenito 0%siltito 100%folhelho 0%diamictito
1HV_0001_SC	2544	2547	0%arenito 0%siltito 100%folhelho 0%diamictito
1HV_0001_SC	2547	2550	70%arenito 0%siltito 30%folhelho 0%diamictito
1HV_0001_SC	2550	2553	80%arenito 0%siltito 20%folhelho 0%diamictito
1HV_0001_SC	2553	2556	70%arenito 10%siltito 20%folhelho 0%diamictito
1HV_0001_SC	2556	2559	80%arenito 10%siltito 10%folhelho 0%diamictito
1HV_0001_SC	2559	2562	90%arenito 0%siltito 10%folhelho 0%diamictito
1HV_0001_SC	2562	2565	40%arenito 20%siltito 40%folhelho 0%diamictito
1HV_0001_SC	2565	2568	30%arenito 0%siltito 70%folhelho 0%diamictito
1HV_0001_SC	2568	2571	60%arenito 20%siltito 20%folhelho 0%diamictito
1HV_0001_SC	2571	2574	50%arenito 0%siltito 30%folhelho 20%diamictito
1HV_0001_SC	2574	2577	10%arenito 0%siltito 40%folhelho 50%diamictito