

Trabalho de Conclusão de Curso

Curso de Graduação em Geologia

**ATUALIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DE DADOS DA REGIÃO DE RIO CLARO E
SÃO PEDRO PARA COMPREENSÃO DA GEOLOGIA DO PETRÓLEO DA
REGIÃO NORDESTE DA BACIA DO PARANÁ**

Isabela Carolini Souza Araujo

Orientador: Prof. Dr. Fábio Augusto Gomes Vieira Reis

Rio Claro (SP)

2024

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

ISABELA CAROLINI SOUZA ARAUJO

ATUALIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DE DADOS DA REGIÃO
DE RIO CLARO E SÃO PEDRO PARA COMPREENSÃO
DA GEOLOGIA DO PETRÓLEO DA REGIÃO NORDESTE
DA BACIA DO PARANÁ

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto de Geociências e
Ciências Exatas - Câmpus de Rio Claro,
da Universidade Estadual Paulista Júlio
de Mesquita Filho, para obtenção do grau
de Geólogo.

Rio Claro - SP

2024

A663a Araujo, Isabela Carolini Souza
Atualização e avaliação de dados da região de Rio Claro e São Pedro para
compreensão da Geologia do Petróleo da região Nordeste da Bacia do Paraná
/ Isabela Carolini Souza Araujo. -- Rio Claro, 2024
82 p. : il., tabs., fotos, mapas

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Geologia) - Universidade
Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio
Claro
Orientador: Fábio Augusto Gomes Vieira Reis

1. Bacia do Paraná. 2. Geologia do Petróleo. 3. Sistemas Petrolíferos. I.
Título.

ISABELA CAROLINI SOUZA ARAUJO

ATUALIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DE DADOS DA REGIÃO
DE RIO CLARO E SÃO PEDRO PARA COMPREENSÃO
DA GEOLOGIA DO PETRÓLEO DA REGIÃO NORDESTE
DA BACIA DO PARANÁ

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto de Geociências e
Ciências Exatas - Câmpus de Rio Claro,
da Universidade Estadual Paulista Júlio
de Mesquita Filho, para obtenção do grau
de Geólogo.

Comissão Examinadora

Fábio Augusto Gomes Vieira Reis (orientador)

Victor Carvalho Cabral

José Eduardo Zaine

Rio Claro, 11 de dezembro de 2024.

Assinatura do(a) aluno(a)

assinatura do(a) orientador(a)

AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho primeiramente à minha família, Rosana Aparecida de Souza e Marco Antônio Araujo, por seu amor incondicional e apoio incansável, vocês foram fundamentais em minha jornada. Também às minhas irmãs, Manuela e Thais, e meu sobrinho Murilo, por sua compreensão e apoio, mesmo à distância.

Aos meus colegas de sala Aline Baldin, Camila Machado, Igor Matheus e Felipe Felix, pela amizade, conselhos, risadas, campos e momentos inesquecíveis. Ao Caio Bernardo Gomes, meu parceiro e melhor amigo, por sua paciência e apoio em todos os momentos.

À República Frô, onde tive a oportunidade de morar por 4 anos, em especial à Thalita, Suzana, Jennifer, Fernanda, Larissa e Bianca, por sua irmandade e momentos de risadas e superação. Vocês tornaram essa jornada mais leve e agradável.

Agradeço também à UNESP, ao Instituto de Geociências e à UNESPetro – Centro de Ciências Naturais Aplicadas, pela excelente estrutura e ambiente acadêmico. Ao Prof. Dr. Fábio Augusto Vieira Reis, pelo apoio e a orientação neste Trabalho de Conclusão de Curso.

Agradeço o apoio financeiro do Programa de Recursos Humanos da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – PRH-ANP, suportado com recursos provenientes do investimento de empresas petrolíferas qualificadas na Cláusula de P, D&I da Resolução ANP nº 50/2015.

E a todas as mulheres nas geociências, por sua inspiração e exemplo.

*¹⁸ Assim, fixamos os olhos, não naquilo que se vê,
mas no que não se vê, pois o que se vê é transitório,
mas o que não se vê é eterno.*

2 Coríntios 4:18

RESUMO

As investigações sobre petróleo na área começaram em 1917, conduzidas pelo Conselho Nacional do Petróleo (CNP). Apesar de extensas pesquisas entre as décadas de 1970 e 1990, a exploração foi encerrada devido à inviabilidade comercial. A área entre São Pedro e Rio Claro (SP) possui formações geológicas que já foram e ainda podem ser significativas para a análise de sistemas petrolíferos convencionais e não convencionais, aplicável a contextos geológicos análogos. Este trabalho focou na caracterização geológica e revisão bibliográfica da região, com foco nos sistemas petrolíferos. A pesquisa incluiu campanhas de campo, a elaboração de um modelo geológico 2D e revisão bibliográfica relacionada a geologia do petróleo. O mapa e o modelo revelaram uma alta complexidade geológica e estrutural, marcada por falhas e fraturas, além de inconsistências nas espessuras das formações, associadas ao Domo de Pitanga. O sistema petrolífero Irati-Piramboia é considerado ineficaz devido à elevada erodibilidade provocada pela influência tectônica que removeu qualquer tipo de trapa/selo. Por outro lado, os sistemas Irati-Irati e Irati-Tatuí apresentaram potenciais favoráveis para armazenamento, com diferentes tipos de reservatórios. No caso do Irati-Irati sendo o calcário o reservatório e no caso do Irati-Tatuí sendo as lentes arenosas da formação o reservatório. A principal conclusão é que, embora esses sistemas mostrem características litológicas favoráveis, a área de estudo não é adequada para exploração devido às condições estruturais locais. No entanto, os dados e modelos desenvolvidos podem ser valiosos para futuras investigações em áreas com características semelhantes, ampliando as possibilidades de exploração.

Palavras-chave: Bacia do Paraná, Geologia do Petróleo, Sistemas Petrolíferos.

ABSTRACT

The investigations into oil in the area began in 1917, conducted by the National Petroleum Council (CNP). Despite extensive research between the 1970s and 1990s, exploration was discontinued due to commercial infeasibility. The area between São Pedro and Rio Claro (SP) has geological formations that were, and still can be, significant for the analysis of both conventional and unconventional petroleum systems, applicable to analogous geological contexts. This study focused on the geological characterization and literature review of the region, with an emphasis on petroleum systems. The research included field campaigns, the development of a 2D geological model, and a literature review related to petroleum geology. The map and model revealed high geological and structural complexity, marked by faults and fractures, as well as inconsistencies in the formation thicknesses, associated with the Pitanga Dome. The Irati-Piramboia petroleum system is considered ineffective due to high erodibility caused by tectonic influence, which removed any trapping/sealing conditions. On the other hand, the Irati-Irati and Irati-Tatuí systems showed favorable potential for storage, with different types of reservoirs. In the case of Irati-Irati, limestone serves as the reservoir, while in the case of Irati-Tatuí, the sandy lenses of the formation act as the reservoir. The main conclusion is that, although these systems exhibit favorable lithological characteristics, the study area is not suitable for exploration due to local structural conditions. However, the data and models developed may be valuable for future investigations in areas with similar characteristics, expanding exploration possibilities.

Keywords: Paraná Basin, Petroleum Geology, Petroleum Systems.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo (Elaborado pela autora).	12
Figura 2: Arcabouço regional da Bacia do Paraná (Milani et al., 2007).....	18
Figura 3: Coluna estratigráfica da Bacia do Paraná (Perinotto e Zaine, 2008, modificado de Soares e Landim, 1975).....	19
Figura 4: Mapa Geológico da área de estudo (Criado pela autora com dados extraídos de Soares, 1975; Aboarrage e Lopes, 1986).....	21
Figura 5: Arenito fino com estratificação cruzada acanalada de pequeno porte dentro do Grupo Itararé.	23
Figura 6: Siltito laminado de coloração marrom avermelhado dentro do Grupo Itararé.	23
Figura 7: Arenito maciço de granulação fina a média, coloração bege, dentro do Grupo Itararé.	24
Figura 8: Siltito fino laminado de coloração marro escura arroxeadada, definido como siltito "chocolate" da Formação Tatuí, com uma fácies de siltito arenoso acima.	25
Figura 9: Siltito arenoso com laminação plano paralela, coloração branca a amarelo.	25
Figura 10: Arenito "conglomerático" fino a grosso de coloração amarelo esbranquiçado. Afloramento muito alterado e "destruído".	26
Figura 11: Siltito laminado de coloração cinza a branco da Formação Irati. Afloramento estava muito alterado, é possível observar também algumas fraturas por toda a extensão.....	27
Figura 12: Folhelho silicificado da Formação Irati. Afloramento encontrado estava muito alterado, com alguns blocos soltos do material que continha mais sílica.	27
Figura 13: Concreções de sílex inseridas dentro da matriz da Formação Irati. Foram encontrados por todo o afloramento e alguns resquícios em meio ao solo avermelhado da região.	28
Figura 14: Siltito argiloso, com algumas camadas de argila, da Formação Corumbataí.	29
Figura 15: Siltito laminado, de coloração bege a tons cinza arroxeadado, da Formação Corumbataí.....	29
Figura 16: Siltito arenoso bege alaranjado com pequenas camadas silicificadas dobrado, da Formação Corumbataí.	30

Figura 17: Afloramento da Formação Piramboia em cava a céu aberto de extração de areia.	31
Figura 18: Afloramento da Formação Piramboia evidenciando a fácies arenito fino a médio com estratificação cruzada.	31
Figura 19: Diabásio de coloração preta, aflorando como bloco rolado em drenagem, alterando para colorações avermelhadas, correlato à Formação Serra Geral.	33
Figura 20: Nível conglomerático da Formação Rio Claro.	35
Figura 21: Afloramento do contato da Formação Rio Claro com a Formação Tatuí, marcado pelo nível de seixos.	35
Figura 22: Mapa dos altos estruturais presentes na região de Rio Claro/Piracicaba. Fonte: Soares (1974), retirado de Riffel (2020).	38
Figura 23: Janela de transformação da matéria orgânica em hidrocarbonetos (Morais Filho e Coriolano, 2016 adaptado de Thomas, 2004)	40
Figura 24: Elementos de sistema petrolífero (Camargo, 2013 modificado de Magoon e Dow, 1994 e Lisboa, 2006).....	41
Figura 25: Detalhe do modelo elaborado, próximo ao perfil composto 1-AT-0001-SP, região SW.....	46
Figura 26: Projeto borda leste da Bacia do Paraná, localização da área de estudo nas Folhas Rio Claro e Piracicaba (adaptado de Aboarrage e Lopes, 1986).	47
Figura 27: Seções geológicas A-A' e B-B' retiradas do Projeto borda leste da Bacia do Paraná (adaptado de Aboarrage e Lopes, 1986).	48
Figura 28: Modelo de migração para as ocorrências do centro-leste paulista com os caminhos de migração e acumulação (modificado de Costa, 2015).	53
Figura 29: Esquema de migração para a ocorrência de arenitos asfálticos. Pode se observar como o calcário da Formação Irati pode ser um reservatório intermediário que recebe hidrocarbonetos a partir da migração primária (Costa, 2015 adaptado de Thomaz Filho, 1982).	54
Figura 30: Detalhe do modelo elaborado, próximo ao perfil composto 1-AS-0001-SP, região NE. É possível observar a influência do Domo de Pitanga nos destaques da figura, apresentando regiões em que a Formação Irati (mais nova) se encontra “ao lado” e/ou acima da Formação Tatuí (mais antiga).	55
Figura 31: Mapa Geológico da área de estudo.	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Cota e espessura das unidades geológicas de acordo com os perfis compostos (Elaborado por autora).....	44
Tabela 2: Pontos realizados na etapa de campo.	68
Tabela 3: Informações sobre os perfis compostos - 1/3.....	77
Tabela 4: Informações sobre os perfis compostos - 2/3.....	77
Tabela 5: Informações sobre perfis compostos – 3/3.....	77
Tabela 6: Siglas referente aos perfis compostos.....	78

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
1.1 Objetivos e justificativa.....	11
1.2 Localização da área.....	11
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	13
2.1. Revisão Bibliográfica e preparação da base cartográfica.....	13
2.2. Trabalho de campo.....	14
2.3. Compilação de dados de subsuperfície e compilação de Mapa Geológico.....	15
2.4. Elaboração de Seção Geológica com correlação entre perfis compostos e discussão dos dados.....	16
3. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA.....	17
3.1. Geologia Regional.....	17
3.2. Contexto Geológico da Bacia do Paraná no Estado de São Paulo.....	20
3.2.1 Contexto Estratigráfico.....	20
3.2.2. Contexto Estrutural.....	36
4. SISTEMAS PETROLÍFEROS.....	39
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
5.1. Geologia de subsuperfície.....	44
5.2. Exploração petrolífera na área de estudo.....	49
5.3. Sistemas petrolíferos na área de estudo.....	52
6. CONCLUSÕES.....	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57
APÊNDICE I - MAPA DE PONTOS.....	65
APÊNDICE II - TABELA DE PONTOS.....	67
APÊNDICE III - TABELA DE INFORMAÇÕES SOBRE PERFIS COMPOSTOS.....	76
APÊNDICE IV- MAPA GEOLÓGICO.....	79
APÊNDICE V – MODELO GEOLÓGICO 2D.....	81

1. INTRODUÇÃO

O estudo da Geologia do Petróleo de uma região envolve a análise de diversas variáveis relacionadas à evolução de uma bacia sedimentar, que podem dar origem a um sistema petrolífero composto por rocha geradora, rocha reservatório, selo e/ou trapa e formas de migração. Essas variáveis são fundamentais para avaliar a possibilidade de ocorrência de hidrocarbonetos e a viabilidade de sua extração.

A Bacia do Paraná é uma bacia intracratônica do tipo sinéclise, composta por rochas sedimentares e vulcânicas datadas do Paleozoico ao Cenozoico, associadas à formação da Pangeia e ao rompimento do Gondwana.

No flanco nordeste da bacia, destacam-se o Grupo Itararé, a Formação Tatuí, as formações Irati e Corumbataí, que fazem parte do Grupo Passa Dois datados da era Permiana, as formações Piramboia, Botucatu e Serra Geral, integrantes do Grupo São Bento e a Formação Bauru, depositadas no Mesozoico, além das formações Itaqueri e Rio Claro, de idade cenozoica (Soares, 1973; Soares e Landim, 1973; Schneider et al., 1974).

Entre os municípios de Rio Claro, Ipeúna, Charqueada e Piracicaba, há um alto estrutural conhecido como Domo de Pitanga, formado por deformações tectônicas que afetaram a Bacia do Paraná. Essa estrutura, descrita como uma anticlinal (Soares, 1974), deforma os sedimentos da área, gerando diversos altos e baixos estruturais.

A Formação Irati, pertencente ao Grupo Passa Dois, é caracterizada por siltitos, folhelhos cinzentos e folhelhos betuminosos intercalados com calcários (Soares e Landim, 1973), sendo essas litologias, ricas em matéria orgânica, propícias à geração de petróleo em toda a Bacia. Já as formações Piramboia, composta por arenitos e siltitos de origem eólica e fluvial, e Tatuí, composta por siltitos e lentes areníticas, tem ótimas características para um reservatório e está amplamente distribuída no centro-oeste de São Paulo (Soares, 1975). Juntas, essas formações constituem os sistemas petrolíferos Irati-Piramboia e Irati-Tatuí.

O início dos estudos sobre a Geologia do Petróleo da região de São Pedro e o interesse na exploração da área em 1917 pelo Conselho Nacional do Petróleo (CNP) (Paiva, 1975) foi a alavanca para a procura de petróleo no Flanco Nordeste da Bacia do Paraná. A partir do interesse nos afloramentos de arenitos asfálticos presentes na Formação Piramboia, a região foi alvo de pesquisas e a procura se estendeu para as

décadas de 70 a 90, porém, devido ao fracasso nas condições comerciais, a área foi abandonada e poucos estudos foram desenvolvidos nesta região desde então.

Além do sistema petrolífero Irati-Piramboia e Irati-Tatuí, torna-se importante desenvolver estudos sobre sistemas não convencionais, como Riffel (2020) e Aquaroli (2013) e Gimenez (2015) realizaram a respeito.

1.1 Objetivos e justificativa

Visto que a evolução do conhecimento geológico é um processo contínuo e em constante crescimento, todas as recentes descobertas de novos campos petrolíferos, principalmente, na América do Sul, reforçam a importância de continuar explorando regiões com condições favoráveis e/ou similares àquelas propícias à exploração de petróleo. A área de estudo, por sua vez, pode ser utilizada como uma área análoga para a análise de outras regiões que apresentem sistemas petrolíferos convencionais e não convencionais semelhantes.

O objetivo deste estudo é realizar uma caracterização geológica da região entre os municípios de São Pedro e Rio Claro, com ênfase na exploração petrolífera, por meio da consolidação e revisão crítica da bibliografia existente, bem como da compilação de dados geológicos da área. Esses dados irão subsidiar a discussão sobre a aplicação da geologia do petróleo e a elaboração de um modelo geológico 2D do subsolo.

1.2 Localização da área

O local de estudo abrange uma área de aproximadamente 1647,69 km² da porção Centro-Leste do estado de São Paulo, há cerca de 180 km de distância da capital, dentro da Região Geográfica Intermediária de Campinas. Está situada no interior paulista e engloba os municípios de Rio Claro, São Pedro, Águas de São Pedro, Piracicaba, Charqueada, Ipeúna, Itirapina e uma pequena parte de Santa Gertrudes e Iracemápolis (Figura 1), abrangendo duas folhas, Piracicaba e Rio Claro.

As principais vias de acesso são as rodovias Irineu Penteadó (SP-191), Hermínio Petrin (SP-308), Geraldo de Barros (SP-304), Carlos Mauro (SP-191) e Fausto Santo Mauru (SP-127). Além destas, também existem as estradas municipais e de terra espalhadas por toda a área rural dos municípios citados.

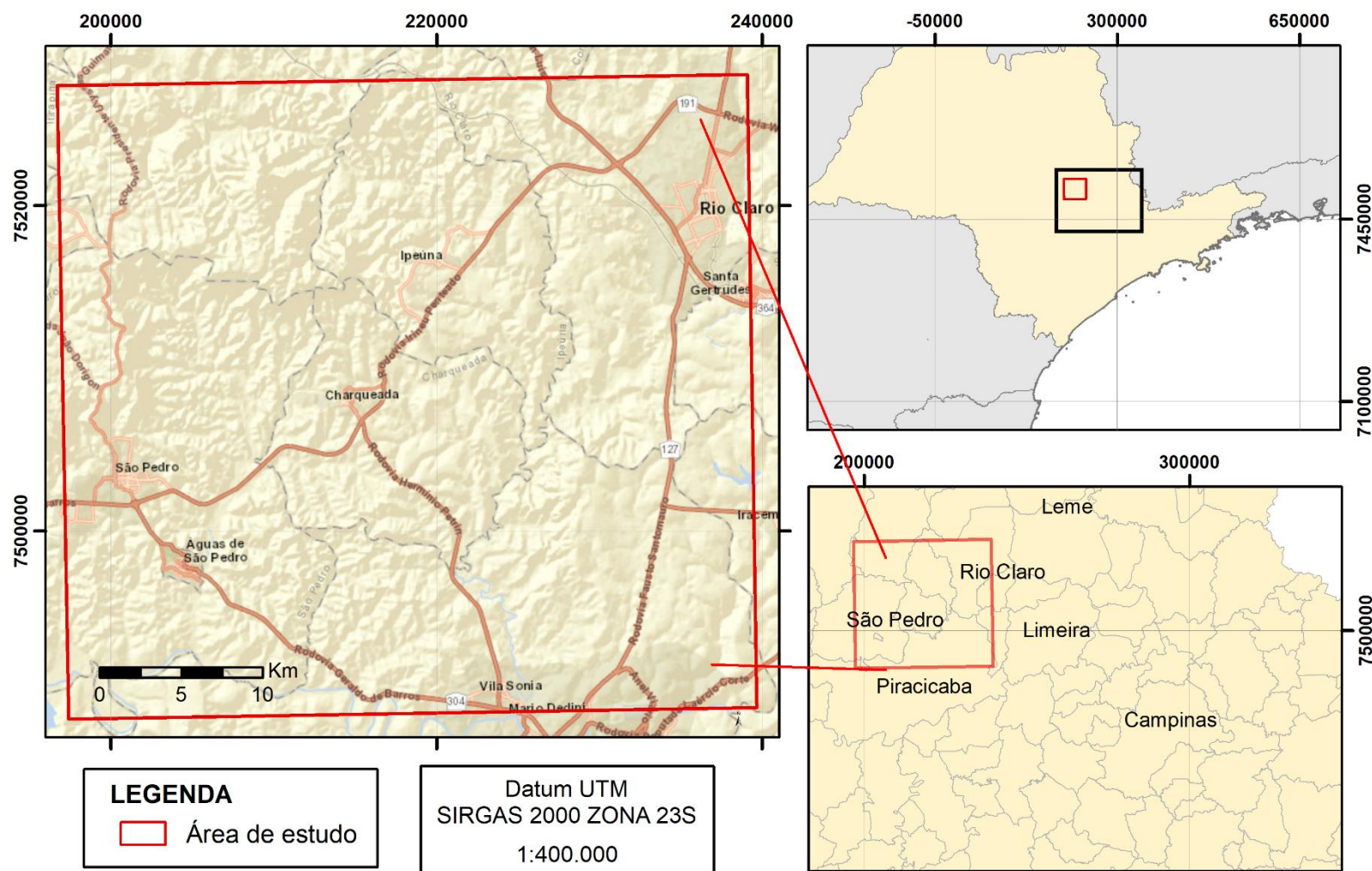


Figura 1: Mapa de localização da área de estudo (Elaborado pela autora).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado em quatro etapas, que serão apresentadas e discutidas a seguir:

1. Revisão bibliográfica e preparação de base cartográfica;
2. Trabalho de campo;
3. Compilação de dados de subsuperfície e compilação de Mapa Geológico;
4. Elaboração de Seção Geológica com correlação entre perfis compostos e discussão dos dados;

2.1. Revisão Bibliográfica e preparação da base cartográfica

A revisão bibliográfica foi uma etapa fundamental para o desenvolvimento deste projeto, visto que a maior parte dos dados tratados a seguir foram embasados na pesquisa e leitura de artigos, dissertações e teses, que possuem um foco na Bacia do Paraná, principalmente em sua região nordeste.

Foram levantadas informações a respeito dos aspectos Estratigráficos, Estruturais e do Petróleo desde o início das pesquisas nessa região até atualmente. Destacam-se as informações e mapas do Projeto Leste da Bacia do Paraná da CPRM (Lopes; Aboarrage, 1986), a dissertação de mestrado de Riffel (2020) e os trabalhos de conclusão de curso de Zacharias (2002), Miotto (2012), Aquaroli (2013) e Gimenez (2015), que foram as principais inspirações para o desenvolvimento deste projeto.

O levantamento de dados e a elaboração da base cartográfica foi realizada com o principal objetivo de auxiliar na compreensão geológica da região para, posteriormente, ser utilizada como base na etapa de campo.

Foram coletados Mapas Geológicos de diferentes autores e escalas, já que nem toda a área de estudo estava contemplada em apenas um mapa, e compilados em uma base de dados georreferenciada criada no software ESRI ArcGIS – ArcMap 10.8.

O principal mapa utilizado como base foi o desenvolvido pelo Projeto Borda Leste da Bacia do Paraná de Lopes e Aboarrage (1986), folhas Rio Claro (SF-23-Y-A-I) e Piracicaba (SF-23-Y-A-IV) que possui uma escala de 1:100.000. Também foram consultados os mapas de Soares (1975) e o Mapa Geológico do Estado de São Paulo do Serviço Geológico Brasileiro (SGB) de 2006, que possui uma escala de 1:750.000,

além de mapas e informações de afloramentos cedidos e disponibilizados por professores do curso de Graduação de Geologia.

Além dos mapas geológicos foram compiladas na base de dados cartas topográficas, imagens áreas de satélites de SRTM, localização dos perfis compostos realizados a partir de furos de sondagem na região e todas as suas informações disponíveis.

2.2. Trabalho de campo

O trabalho de campo foi realizado na região Centro-Leste do Estado de São Paulo, concentrando-se nas proximidades dos municípios de Rio Claro, Ipeúna e São Pedro.

Foram realizadas duas campanhas de campo, uma de 3 dias (29 a 31 de maio de 2023) e outra de 5 dias (18 a 22 de julho de 2023) com o objetivo principal de obter dados a respeito, principalmente, do contato entre as formações geológicas que ocorrem dentro da área de estudo e assim, poder gerar um Mapa Geológico da área.

Ao todo foram registrados 229 pontos, identificados no Mapa de Pontos presente no APÊNDICE I - MAPA DE PONTOS. O APÊNDICE II - TABELA DE PONTOS contém uma tabela com as descrições dos pontos que englobam a área de estudo, e sua respectiva coordenada UTM, na zona 23S.

A seleção das estradas percorridas e dos pontos observados ocorreu por meio da análise dos mapas gerados nas etapas anteriores e com o auxílio das ferramentas Google Earth, Google Maps e o GIS Pro, que também ofereceram suporte para a locomoção durante o trabalho de campo. Os critérios para a determinação dos pontos foram os contatos já definidos nos respectivos mapas e locais com possíveis quebras bruscas de relevo.

Durante o campo, efetuou-se o registro fotográfico dos afloramentos mais bem preservados, com foco na coleta de dados litológicos e a realização de descrição com base no reconhecimento das unidades litoestratigráficas e suas características macroscópicas.

Os equipamentos utilizados foram Ipad com software GIS Pro, GPS no aparelho celular através dos aplicativos já citados, GPS portátil da Garmin, bússola geológica tipo Clar, martelo petrográfico, lupa de bolso, mapa topográfico dividido em curvas de

nível de 10 em 10m da área impresso em folha A2, caderneta de campo e lapiseira para anotações e esboço de afloramentos.

2.3. Compilação de dados de subsuperfície e compilação de Mapa Geológico

A coleta de dados de subsuperfície foi realizada a partir da busca pelos perfis compostos disponibilizados pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB) em parceria com a Agência Natural do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), como parte da política de fornecimento de dados públicos para pesquisas universitárias, fruto das campanhas de furo de sondagem que ocorreram na década de 50 e 60.

De acordo com a Resolução ANP nº 880/2022 (seção III, subseção II), a legislação pertinente, o perfil composto é:

“Uma combinação de colunas ou faixas (tracks) utilizadas para representar as curvas de perfil, codificar a coluna litológica penetrada e apresentar outras informações, constituindo um resumo dos dados adquiridos na perfuração de poços (ANP, 2022).”

Os perfis compostos compilados que se enquadram dentro da área de estudo, infelizmente, são apenas 3, localizados na região sudeste, sendo eles nomeados como: 1-PG-1-SP, 1-AT-1-SP e 1-AS-1-SP (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Tais perfis foram acessados a partir do acervo de dados digitais disponível no site do gov.br pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Combustíveis (Brasil - Ministério de Minas e Energia, 2024).

Todos esses perfis foram pioneiros, classificados como “seco sem indícios”, sendo que o 1-AT-1-SP foi abandonado por logística exploratória (início e término em 1971) e os 1-PG-1-SP (início em 1957 e término em 1958) e 1-AS-1-SP (início e término em 1958) foram abandonados permanentemente (APÊNDICE III – TABELA DE INFORMAÇÕES SOBRE PERFIS COMPOSTOS).

A partir de uma análise desses perfis, foi possível compilar as informações sobre os contatos entre as formações geológicas e suas respectivas espessuras.

O mapa geológico final foi elaborado a partir da correlação dos mapas elaborados na etapa pré campo com os pontos retirados na etapa de campo. Tais dados e informações foram essenciais para melhorar a precisão e a escala geológica do mapa onde, a partir da conexão das curvas de nível, imagem aérea e os pontos, foi possível traçar com uma maior precisão a geologia da área que posteriormente foi essencial para a realização da seção geológica.

2.4. Elaboração de Seção Geológica com correlação entre perfis compostos e discussão dos dados

Com o objetivo de realizar um modelo geológico de subsolo 2D, neste caso, foi gerado uma seção com dados do mapa geológico de superfície junto dos dados geofísicos dos perfis compostos.

Primeiramente foi definido o traçado da seção (ABC) no mapa geológico de acordo com a localização dos perfis compostos com maiores informações e assim, se extraiu a topografia do traçado no próprio software ArcGIS. Com a topografia traçada, levou-se os dados para o software de desenho Inkscape 1.3.2. onde, relacionando com as informações geológicas, foi traçada a geologia de superfície.

Após a seção geológica estar finalizada, realizou-se uma tabela com os dados de profundidade de cada formação de acordo com os perfis compostos, eles também foram adicionados às suas devidas localizações e assim, foi traçado a geologia de subsuperfície e de profundidade.

Vale ressaltar que, devido a distância entre os perfis e a complexidade da área, estruturalmente falando, adotou-se que as camadas estão praticamente sub-horizontais, com pouca inclinação, para a facilitação do desenho e visualização. Além disso, as espessuras apresentadas pelos diferentes perfis mostram uma grande variação na área.

Concomitantemente com a realização dos produtos, foi dada continuidade a revisão bibliográfica, escrevendo mais a respeito da geologia do petróleo em si e podendo por fim fazer a interpretação final dos fatores (bibliografia, mapa e modelo geológico).

3. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA

3.1. Geologia Regional

A Bacia do Paraná possui uma extensa área de aproximadamente 1.600.000km² do continente sul-americano sendo 1.000.000km² dentro do Brasil (Schneider et al., 1974) e seu registro estratigráfico abrange rochas sedimentares e vulcânicas depositadas do Paleozoico até o Cenozoico (Figura 2). O registro geológico da bacia permite uma correlação com eventos relacionados a formação da Pangeia e ao rompimento do Gondwana, podendo ser caracterizada como uma bacia intracratônica do tipo sinéclise com eixo maior alongado no sentido N-S (Milani e Ramos, 1998).

A bacia apresenta uma configuração oval e suas atuais margens são resultado principalmente de processos erosivos associados à história geotectônica meso-cenozoica do continente (Milani et al., 2007), que registra um ciclo de rompimento do Gondwana central. No centro da bacia, há um espesso pacote sedimentar-magmático, com uma espessura estimada em torno de 7.000 metros. A análise tectono-estratigráfica da bacia sugere uma complexa interação de fenômenos orogênicos nas margens da placa Sul-Americana, juntamente com eventos epirogênicos que se manifestaram por períodos de subsidência, soerguimento e atividade magmática em áreas do interior da placa (Milani e Ramos, 1998).

No flanco nordeste da bacia é encontrada a sucessão estratigráfica do Grupo Itararé e Formações Tatuí, Irati e Corumbataí, que fazem parte do Grupo Passa Dois de idade Permiana (Soares e Landim, 1973; Schneider et al., 1974), Piramboia, Botucatu e Serra Geral, que fazem parte do Grupo São Bento e depositaram durante o Mesozoico (Soares, 1973), Itaqueri e Rio Claro, que depositaram durante o Cenozoico (Figura 3).

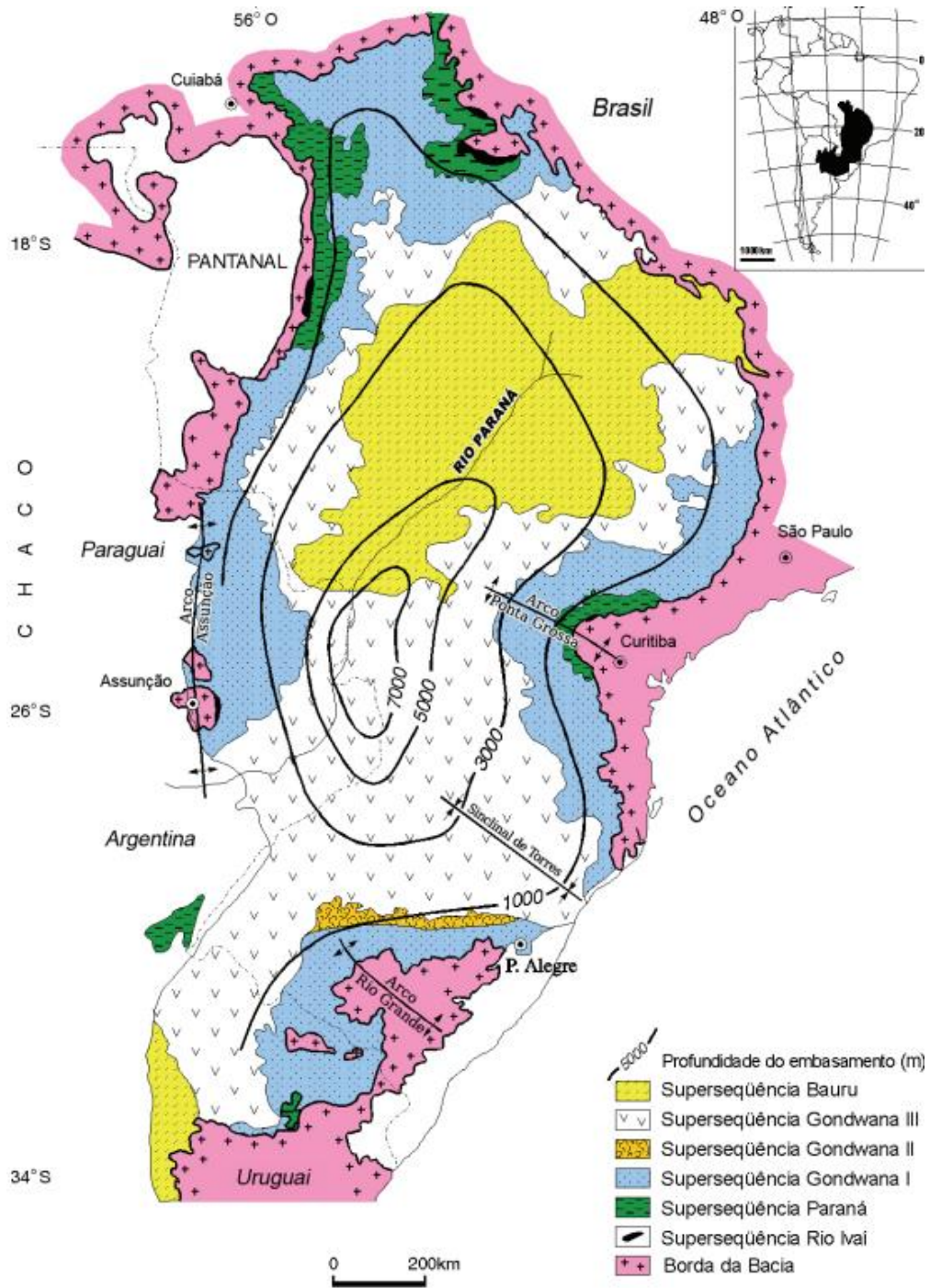


Figura 2: Arcabouço regional da Bacia do Paraná (Milani et al., 2007).

COLUNA ESTRATIGRÁFICA DA BACIA DO PARANÁ NA REGIÃO DE RIO CLARO/LIMEIRA/PIRACICABA (SP)							
ERA	PERÍODOS	GRUPO	FORMAÇÃO	LITOLOGIA	Espes. Aprox. (metros)	DESCRIÇÃO SUCINTA	AMBIENTE DE DEPOSIÇÃO
CENOZÓICA	QUATERNÁRIO		RIO CLARO		30	ARENITOS POUCO CONSOLIDADOS COM LENTES DE ARGILAS E NÍVEIS CONGLOMERÁTICOS NA BASE <i>(Arenitos = reservatório de água subterrânea em poços rasos da região de Rio Claro)</i>	CONTINENTAL: PLANÍCIE ALUVIAL E LACUSTRE. COLUVIÕES
	TERCIÁRIO		ITAQUERI		100	ARENITOS CONGLOMERÁTICOS E ARENITOS SILICIFICADOS / FERRICRETES	CONTINENTAL: LEQUES ALUVIAIS, FLUVIAL E LACUSTRE
MESOZÓICA	CRETÁCEO	SÃO BENTO	SERRA GERAL		100	DERRAMES DE BASALTOS COM LENTES DE ARENITO NA BASE. DIQUES E SOLEIRAS DE DIABÁSIO <i>(Basalto e diabásio = matéria-prima para brita)</i>	MAGMATISMO FISSURAL
	JURÁSSICO		BOTUCATU		100	ARENITOS BEM SELECIONADOS COM GRÃOS SEM ARREDONDADOS E SEM ESFÉRICOS, POUCA ARGILA	CONTINENTAL: DESÉRTICO
	TRIÁSSICO		PIRAMBOIA		150	ARENITOS COM GRÃOS ARREDONDADOS E ESFÉRICOS, DIVERSOS NÍVEIS DE LAMITOS	CONTINENTAL: FLUVIAL E DESÉRTICO
				CORUMBATAI		100	SILTITOS CONTENDO LENTES DE ARENITOS FINOS ARGILITOS, SILTITOS, ARENITOS FINOS, NÍVEIS DE CALCÁRIOS DOLOMÍTICOS E COQUINAS <i>(Argilitos = matéria-prima para a indústria cerâmica da região de Rio Claro)</i>
PALEOZÓICA	PERMIANO	PASSA DOIS	IRATI		40	FOLHELHOS, SILTITOS, FOLHELHOS PROBETUMINOSOS, CALCÁRIOS DOLOMÍTICOS <i>(produtos de carbonato na região de Assistência, Ipiranga e Piracicaba/Santos)</i>	TRANSICIONAL: LAGUNA MARINHO RASO: PLATAFORMA
				TATUI		50	SILTITOS E SILTITOS ARENOSOS
		ITARARÉ	Grupo ITARARÉ <i>(incluído no Estado de São Paulo)</i>		900	ARENITOS, SILTITOS, VARVITOS E DIAMICTITOS (ALGUNS VERDADEIROS TILITOS) <i>(Arenitos = reservatórios de água subterrânea em poços profundos da região)</i>	CONTINENTAL (GLACIAL): ALUVIAL - LEQUES E FLUVIAL; LACUSTRE TRANSICIONAL: DELTAS MARINHO (GLÁCIO-MARINHO): PLATAFORMAL
		CARBONÍFERO					
Pré-Cambriano			EMBASAMENTO			GRANITOS, MIGMATITOS, GNAISSES, XISTOS, QUARTZITOS	

Figura 3: Coluna estratigráfica da Bacia do Paraná (Perinotto e Zaine, 2008, modificado de Soares e Landim, 1975).

3.2. Contexto Geológico da Bacia do Paraná no Estado de São Paulo

3.2.1 Contexto Estratigráfico

Em relação à estratigrafia, a Bacia do Paraná é composta por rochas sedimentares e vulcânicas depositadas do Paleozoico até o Cenozoico e sua evolução está relacionada com as 6 sequências de sedimentação definidas por Milani et al. (2007), e divididas pelas discontinuidades erosivas:

(1) Rio Ivaí, considerado o primeiro ciclo transgressivo-regressivo com máxima inundação e presença de sedimentos marinhos, relacionadas à Formação Vila Maria, Iapó e Alto Garças; (2) Paraná, sendo o segundo ciclo transgressivo-regressivo que formou a Formação Furnas e a base da Formação Ponta Grossa com pelitos, marcado por uma grande inundação; (3) Gondwana I, que marca um ciclo completo de transgressão-regressão gerando a formação do Grupo Itararé com sedimentos que representam um máximo inundamento devido ao degelo, o Grupo Guatá (Formação Palermo/Tatuí) e Passa Dois (Formação Irati e Corumbataí); (4) Gondwana II com a formação de grabens assimétricos e depósitos lacustres e fluviais alternados, correspondendo ao período de geração da Formação Piramboia; (5) Gondwana III, com a formação de sedimentos eólicos e magmatismo, que caracterizam os arenitos da Formação Botucatu e o derrame da Formação Serra Geral, e por fim, (6) Bauru com sedimentações mais rasas e em condições semiáridas, formando o Grupo Bauru (Milani et al., 2007; Milani e Ramos, 1998).

Na área de estudo foram descritos 229 pontos com afloramentos (APÊNDICE II - TABELA DE PONTOS) nos quais se encontram as seguintes unidades litoestratigráficas: a) Grupo Itararé; b) Formação Tatuí; c) Formação Irati; d) Formação Corumbataí; e) Formação Piramboia; f) Formação Botucatu; g) Intrusivas correlatas a Formação Serra Geral; h) Formação Rio Claro; i) Depósitos Aluvionares. Essas unidades estão representadas na Figura 4, disponível também no APÊNDICE IV-MAPA GEOLÓGICO, com uma escala de maior detalhe, e serão descritas a seguir.

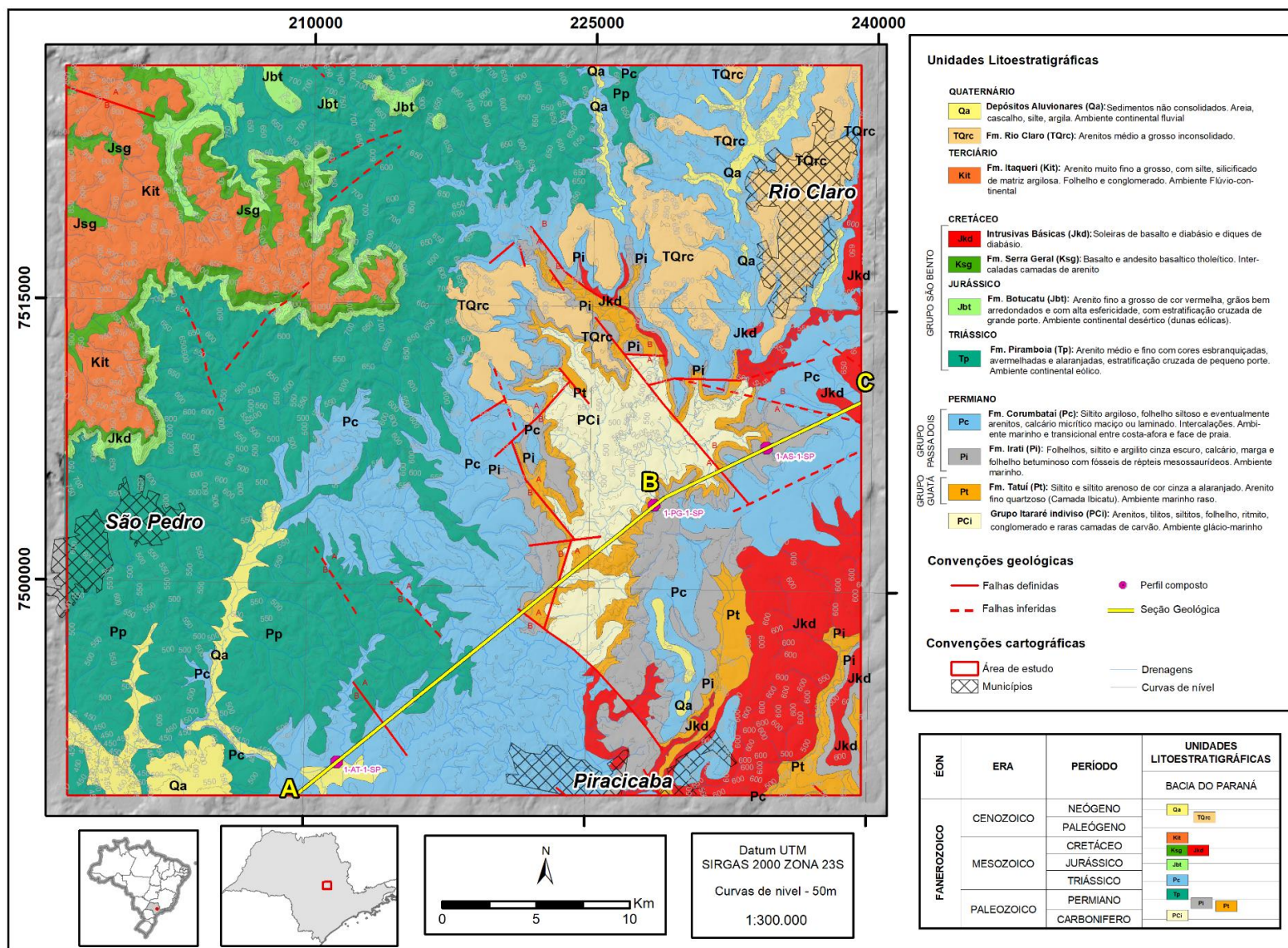


Figura 4: Mapa Geológico da área de estudo (Criado pela autora com dados extraídos de Soares, 1975; Aboarrage e Lopes, 1986).

a) *Grupo Itararé (PCi)*

O grupo Itararé é formado por sedimentos flúvio-glaciais e marinho-glaciais, datados do Neopaleozoico, com idade permocarbonífera (Vesely, 2004), e pode atingir até 800 metros de espessura. Ele é caracterizado por arenitos, diamictitos, folhelhos, varvitos e outras litologias, refletindo a diversidade de sistemas deposicionais, que variam desde continental (glacial), aluvial de leques fluviais, lacustre, até transicional (de deltas) e marinho (glácio-marinho) do tipo plataforma.

É possível notar superfícies erosivas de paleogeleiras em pavimentos estriados associados a tilitos e diamictitos do Carbonífero. São registrados fósseis de fungos, palinómorfs, acritarcas, pteridófitas, coníferas, psilófitas, estenófitas, licopodofitas, cordaetofitas, foraminíferos articulados, icnofósseis de invertebrados, bivalves e braquiópodes. De acordo com Petri (1993), seu contato com a Formação Tatuí é transicional, marcado pela transição de siltitos cor cinza amarelada a esverdeada.

Na área de estudo, o grupo Itararé aflora principalmente em regiões topograficamente mais baixas, com declividade moderada e ocorre em afloramentos associados a cortes de estrada, canaletas e drenagens. Em relação à litologia, o grupo se apresenta com uma grande variação faciológica, podendo encontrar na região afloramentos de diamictitos com clastos variando de grânulos a matacões, arenitos de granulação fina a média com estratificações cruzadas acanaladas (Figura 5), silito laminado de coloração bege avermelhada (Figura 6) arenito maciço (Figura 7), argilitos avermelhados, entre outras fácies.

O embasamento subjacente à unidade Itararé não aflora na região, sendo a espessura total do Grupo Itararé indeterminada na área.



Figura 5: Arenito fino com estratificação cruzada acanalada de pequeno porte dentro do Grupo Itararé.



Figura 6: Siltito laminado de coloração marrom avermelhado dentro do Grupo Itararé.



Figura 7: Arenito maciço de granulação fina a média, coloração bege, dentro do Grupo Itararé.

b) Formação Tatuí (Pt)

A Formação Tatuí faz parte do Grupo Guatá, é composta por siltitos, siltitos arenosos, arenitos finos bem selecionados, com níveis conglomeráticos de origem flúvio-deltaica (Soares, 1972, Stevaux et. al. 1986, Assine et al. 2003), relacionados ao Eopermiano, apresentando em torno de 35 metros de espessura. O contato entre o topo do Grupo Itararé e a base da Formação Tatuí é transicional, podendo ser observado pela maior quantidade de siltitos cinzas claros, beges amarelados e esverdeados presentes na Formação Tatuí (Petri, 1992). Essa unidade apresenta registros paleontológicos de microfósseis, crustáceos, conchostráceos, dentes, escamas, vertebrados além de pteridófitas e icnofósseis (Chahud et al. 2012, Fulfaro et al. 1984).

A parte superior da Formação Tatuí apresenta uma considerável variedade sedimentológica, composta por arenitos finos a médios, conglomerados e brechas, além de grande variação de fósseis (principalmente de vegetais, representados por lenho-fósseis), sendo denominada de fácies Ibicatu ou camada Ibicatu (Assine et al. 2003; Chahud e Petri, 2009). Essa fácies é marcada por um contato abrupto entre os arenitos da Formação Tatuí e os siltitos do membro Taquaral da Formação Irati, variando de 30 cm até 6 metros de espessura (Fulfaro et al., 1984).

Na área de estudo, a formação Tatuí ocorre principalmente aflorando em relevos mais íngremes de encostas, próximos a quebras de relevo, em afloramentos do tipo canaleta, ocasionalmente em drenagens e ravinas.

Em relação a litologia, foram encontradas 4 fácies, sendo elas: siltito “chocolate” (Figura 8), siltito arenoso (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**), siltito laminado e arenito conglomerático reconhecido como a Camada Ibicatu (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**), de suma importância para o auxílio no reconhecimento do contato entre a Formação Tatuí e a Formação Irati, que está acima da mesma.



Figura 8: Siltito fino laminado de coloração marro escura arroxeadada, definido como siltito "chocolate" da Formação Tatuí, com uma fácies de siltito arenoso acima.



Figura 9: Siltito arenoso com laminação plano paralela, coloração branca a amarelo.



Figura 10: Arenito "conglomerático" fino a grosso de coloração amarelo esbranquiçado. Afloramento muito alterado e "destruído".

c) Formação Irati (Pi)

A Formação Irati do Grupo Passa Dois de idade Permiana, é uma unidade dividida em dois membros e possui uma espessura de aproximadamente 40m, caracterizada por siltitos e folhelhos cinzentos, além de folhelhos betuminosos intercalados com calcários (Soares e Landim, 1973).

O membro Taquaral (inferior) é formado por siltitos cinza e folhelhos cinza escuro a cinza claro com espessura que varia de 10 a 20m (Schneider, 1974), podendo ter níveis conglomeráticos, clastos de sílexito e é interpretado como de um mar epicontinental de conexão restrita ao oceano (Holz et al., 2010). O membro Assistência (superior) é formado por variações de folhelho cinza escuro a preto pirobetuminoso e calcário, com fósseis de réptil *Mesossaurus brasiliensis* e é interpretado como um ambiente marinho de água rasa com espessura de aproximadamente 30m (Schneider, 1974).

Na área de estudo, a Formação Irati ocorre principalmente em relevos íngremes próximos ao topo da serra, geralmente em topos aplainados, sendo coberta em algumas áreas pela Formação Rio Claro. Os principais afloramentos encontrados foram do tipo canaleta e corte de estrada, sempre relacionados a solos muito escuros, avermelhados e com presença de concreções de sílex e camadas de sílica em meio a matriz argilosa.

Em relação a litologia, foram encontradas 3 fácies. No Membro Taquaral, foi identificada a fácies siltito laminado de coloração cinza claro a escuro e algumas finas

camadas de sílica (Figura 11), com uma variação de espessura entre 10 e 15m. Já no Membro Assistência, foi identificada uma fácies de folhelho fino de coloração cinza a branco intercalado por finas camadas de granulação mais fina de coloração quase preta (Figura 12), com algumas concreções de sílex inseridas em sua matriz (Figura 13). A segunda fácies encontrada no membro assistência foi um calcário dolomítico silicificado, de coloração cinza claro a branco. Esse membro possui uma espessura média de 30m.



Figura 11: Siltito laminado de coloração cinza a branco da Formação Irati. Afloramento estava muito alterado, é possível observar também algumas fraturas por toda a extensão.



Figura 12: Folhelho silicificado da Formação Irati. Afloramento encontrado estava muito alterado, com alguns blocos soltos do material que continha mais sílica.



Figura 13: Concreções de sílex inseridas dentro da matriz da Formação Irati. Foram encontrados por todo o afloramento e alguns resquícios em meio ao solo avermelhado da região.

d) Formação Corumbataí (Pc)

A Formação Corumbataí está no topo do Grupo Passa Dois, é composto por argilitos, folhelhos e siltitos de coloração cinza-escuro (nível inferior) e argilitos, folhelhos e siltitos arroxeados e avermelhados com intercalações de camadas carbonáticas, arenitos muito finos com estratificação cruzada de pequeno porte, e presença de oólitos (Schneider, 1974). Sua estrutura varia de laminação *flaser*, estratificação plano-paralela, laminações cruzadas, marcas onduladas e estromatólitos. Sua espessura é de aproximadamente 100m com um ambiente deposicional de laguna intercalado com planície de maré (Perinotto e Zaine, 2008) e possui um contato concordante com a Formação Irati e é marcado por discordância com a Formação Piramboia.

Na área de estudo, a Formação Corumbataí ocorre geralmente em morros arredondados de média amplitude, encostas e vales fechados, com alta densidade de drenagem. Em relação a sua litologia, a Formação apresenta uma certa variação faciológica que vai de siltitos esbranquiçados, siltitos argilosos de coloração arroxeadada (Figura 14), argilitos, carbonatos, coquinas e camadas de arenitos finos a médios de coloração bege amarelada com estratificação.

Os siltitos e argilitos possuem laminações plano paralelas (Figura 15), evidenciadas pela alteração da rocha em forma de pastilhas (empastilhamento), já que a maioria dos afloramentos estavam muito intemperizados. Ademais, foram

encontradas algumas camadas mais silicificadas e algumas pequenas dobras que indicam uma possível influência dos eventos tectônicos (Figura 16).



Figura 14: Siltito argiloso, com algumas camadas de argila, da Formação Corumbataí.



Figura 15: Siltito laminado, de coloração bege a tons cinza arroxeados, da Formação Corumbataí.



Figura 16: Siltito arenoso bege alaranjado com pequenas camadas silicificadas dobrado, da Formação Corumbataí.

e) *Formação Piramboia (TJp)*

A Formação Piramboia é uma das unidades de maior ocorrência no centro leste de São Paulo e é caracterizada por extensos corpos de arenitos esbranquiçado, amarelados e avermelhados, de granulação fina a média, com finas camadas de argilito e siltitos com alguns níveis conglomeráticos (Zaine, 1994). De acordo com Soares (1975), são de ambiente eólico (paleo-deserto) e fluvial (Assine et al., 2004) e seu contato com a Formação Corumbataí e Rio do Rasto é marcado por discordâncias. Possui espessura de aproximadamente 150m próximo a Rio Claro (Soares, 1974) com estruturas características de campos de dunas e interdunas, além da sedimentação eólica.

Na área de estudo, a Formação Piramboia ocorre geralmente em relevos de encostas inclinadas, platôs altos e vales ligados a drenagens, frequentemente associada a intrusões de diabásio. Em relação a litologia, sua composição inclui arenitos finos a médios com estratificações cruzadas acanaladas (Figura 17 e Figura 18), além de colorações variadas, que incluem tons avermelhados, esbranquiçados e amarelados. Os grãos, frequentemente subangulares a subarredondados, possuem superfícies polidas. Nas porções mais baixas, a formação apresenta uma camada

areno-argilosa de cor avermelhada, com seixos de sílex, enquanto as estruturas sedimentares incluem estratificações cruzadas, acanaladas e plano-paralelas.



Figura 17: Afloramento da Formação Piramboia em cava a céu aberto de extração de areia.

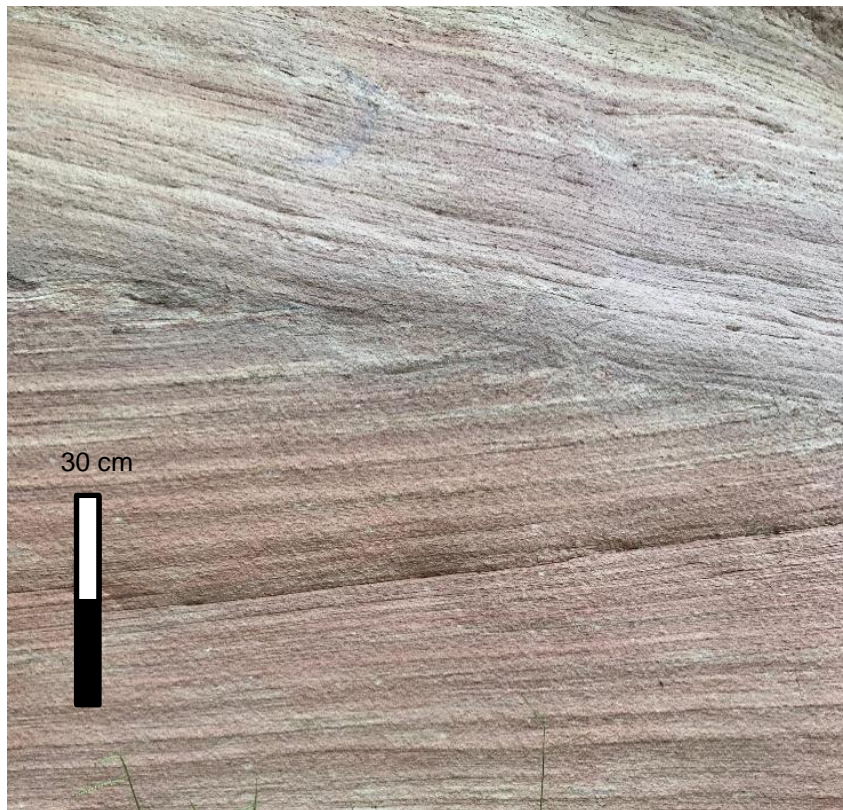


Figura 18: Afloramento da Formação Piramboia evidenciando a fácies arenito fino a médio com estratificação cruzada.

f) Formação Botucatu (Jbt)

A Formação Botucatu, datada do Jurássico-Cretáceo, desenvolveu-se devido à erosão provocada pela abrasão eólica no Mesozoico, responsável pela formação de extensos campos de dunas (Milani et al., 2007). É composta predominantemente por arenitos de granulometria fina a média, com coloração avermelhada, apresentando estratificações cruzadas de médio a grande porte. Seus grãos são bem arredondados, bem selecionados e possuem superfícies foscas, características de um ambiente de sedimentação desértico. Na base da formação, também são encontrados arenitos conglomeráticos (Schneider et al., 1974; Caetano-Chang, 1997).

No topo, a deposição da Formação Botucatu ocorreu simultaneamente aos derrames basálticos da Formação Serra Geral. O basalto que recobriu os campos de dunas preservou, em alguns locais, as formas originais das construções eólicas (Milani, 2004). A espessura da formação pode atingir até 100 metros, embora haja variações significativas nos valores registrados na literatura (Soares, 1975; Paula e Silva et al., 2008).

Na área de estudo, a Formação Botucatu ocorre geralmente em regiões de escarpas e das cuestas basálticas, em áreas bem restritas e com dificuldade de acesso. Em relação a litologia, é constituída principalmente por arenitos eólicos bem selecionados, com granulação de areia fina a muito fina e grãos de quartzo. Apresenta uma estrutura de estratificação cruzada de grande porte.

g) Formação Serra Geral (Kd)

A Formação Serra Geral está incluída na supersequência Gondwana III, é composta por derrames de basaltos toleíticos definidos como corpos com grandes continuidades laterais, que chegam a atingir cerca de 100 metros de espessura na região do interior do estado de São Paulo, podendo variar (Nardy, et al., 2002, Michelin, 2014, Soares, 1975). São relacionados aos eventos de ruptura do continente Gondwana e abertura do Atlântico Sul, gerando dezenas de eventos de vulcanismo fissural, dando origem a uma espessa sucessão vulcânica composta de *sills* e diques de diabásio, mais característico da região de Rio Claro/SP (Milani, 1992). Tais eventos obtiveram maior intensidade no Cretáceo, se estendendo até o Terciário, a cerca de 137 e 127 MA.

Essa unidade apresenta rochas de coloração cinza médio a escuro, com texturas afaníticas, geração de juntas verticais e horizontais, e podem estar intercaladas com arenitos finos a médios na base da unidade (Schneider et al. 1974).

Na área de estudo, a Formação Serra Geral e as intrusivas básicas correlatas ao magmatismo basáltico da Formação Serra Geral ocorrem de forma variada, muitas vezes em uma área mais acidentada e com grandes quebras de relevo, aflorando em muitas drenagens e nas suas margens, geralmente relacionado a bruscas quedas d'água (cachoeira), relacionadas as regiões de falhas, e como blocos rolados em meio a matrizes de solos muito avermelhados.

Em relação a sua litologia, afloram diabásios e basaltos bem fraturados, alguns apresentam esfoliação esferoidal devido a alteração intempérica (Figura 19). Os diabásios apresentam textura fanerítica muito fina, enquanto os basaltos apresentando textura afanítica, coloração escura chegando a tons de preto e composto principalmente por minerais microscópicos, sendo eles plagioclásio e piroxênio alterado.



Figura 19: Diabásio de coloração preta, aflorando como bloco rolado em drenagem, alterando para colorações avermelhadas, correlato à Formação Serra Geral.

h) Formação Itaqueri (Kit)

A Formação Itaqueri ocorre na região central do estado de São Paulo, em uma cota próxima de 1000m em serras como São Pedro, Santana e Itaqueri, além do platô de São Carlos. Ela geralmente recobre os basaltos da Formação Serra Geral e os arenitos silicificados da Formação Botucatu, com espessura máxima de 120 a 130

metros. Originalmente parte do topo do Grupo Bauru, atualmente não está vinculada a unidades hierárquicas maiores (Riccomini, 1997).

A unidade é composta por alternâncias de arenitos com matriz argilosa, folhelhos, conglomerados e arenitos silicificados. Sua base apresenta conglomerados com até 5 metros de espessura, contendo seixos predominantemente de basalto, além de quartzo, calcedônia e outros minerais. Os arenitos variam de granulação muito fina a muito grossa e são localmente mal selecionados e arcoseanos. A Formação Itaqueri contém fósseis de gastrópodes, bivalves, ostracodes, conchostráceos e fragmentos vegetais. Sua deposição é datada do Paleoceno ao Eoceno (Mezzalira, 1989).

i) Formação Rio Claro (Qrc)

De acordo com Zaine (1994), a Formação Rio Claro se limita a folha de Rio Claro que possui escala de 1:50.000, e compreende coberturas coluviais e eluviais arenosas/argilosas incoesas, arenitos não consolidados, sedimentos fluviais sem estruturas sedimentares, além de níveis conglomeráticos nas porções basais, interpretada como formada por processos de movimentos gravitacionais com presença de fluxos de massa e lagoas restritas (Zaine, 1994). Possui espessura de aproximadamente 30 metros, e data do período Quaternário (Soares e Landim, 1976).

A Formação Rio Claro apresenta algumas estratificações cruzadas acanaladas e plano-paralelas nos arenitos, depósitos de cascalhos com clastos de quartzo arredondados e alguns níveis de crostas ferruginosas e lamitos na porção superior com espessura de até 3m, indicando o processo de laterização da unidade (Zaine, 1994). Há presença de conteúdo fóssilífero de restos de vegetais, monocotiledôneas, e impressões atribuídas a angiospermas e pteridófitas (Zaine, 1994 e Bjornberg et al, 1966).

Na área de estudo, a Formação Rio Claro é comum em relevos aplainados com poucos declives e ocorre nas maiores cotas da área, geralmente maiores que 600m, em contato erosivo com as unidades supracitadas. Em relação a litologia é composta por arenitos finos a médios inconsolidados e mal selecionados, com uma transição para solos lateríticos bem desenvolvidos, sem estruturas muito relevantes e com alguns níveis conglomeráticos com muitos seixos que variam de tamanho (no geral de 1 a 10cm) (Figura 20). Esses níveis conglomeráticos são bem marcados, e mostram esse contato com as outras formações (Figura 21).



Figura 20: Nível conglomerático da Formação Rio Claro.

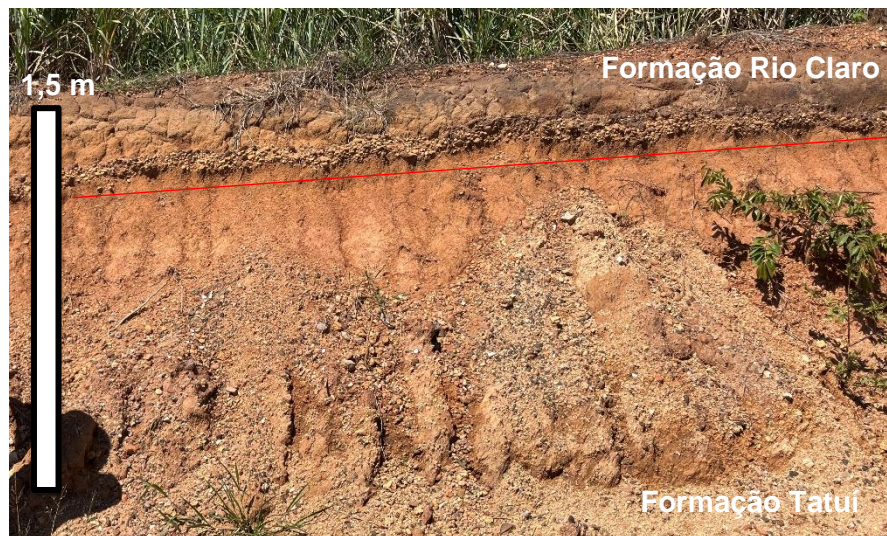


Figura 21: Afloramento do contato da Formação Rio Claro com a Formação Tatuí, marcado pelo nível de seixos.

j) Depósitos aluvionares (Qa)

Os Depósitos Aluvionares estão localizados, principalmente, ao longo de planícies de inundação de rios já que eles são transportados pelo fluxo do rio e depositados ao longo de terrenos aplainados com menor energia. São constituídos por sedimentos arenosos, argilosos, cascalhosos, entre outros materiais siliciclásticos datados do período Quaternário, possuem espessura média de 3m e estão dispostas sobre o Grupo Itararé, Formação Tatuí e Irati.

3.2.2. Contexto Estrutural

A Bacia do Paraná é definida como uma unidade geotectônica do tipo sinéclise, desenvolvida na plataforma continental, com espessos pacotes sedimentares que apresentam mergulhos muito fracos tendendo a direções convergentes, produzido por lento abaulamento negativo da crosta (Soares, 1974).

De acordo com Milani e Ramos (1998), a dinâmica do domínio sul-ocidental do supercontinente Gondwana influenciou a evolução geológica da Bacia, sendo submetida, durante o Fanerozóico, a esforços compressivos derivados da convergência entre o bloco siálico gondwânico e a litosfera oceânica do Panthalassa.

Segundo Soares (1974), a Bacia do Paraná possui três compartimentos com características de homoclinais sub-horizontais. Seu arcabouço estrutural apresenta lineamentos na direção NE-SW, predominantes no norte e centro-sul, e na direção NW-SE ao nordeste. Além disso, a bacia abriga diversas estruturas dômicas, como os Domos de Anhembi, Urucaia, Jacu, Artemis e Pitanga.

Dentro da área de estudo existe um alto estrutural conhecido como Domo de Pitanga, estrutura que pode ser considerada uma anticlinal, ou braquianticlinal, de formato alongado e assimétrico (Soares, 1974) que deforma sedimentos de idade Permiana e Mesozoica. Sua principal característica é fazer com que as formações geológicas mais novas se encontram distantes do centro da estrutura, enquanto as mais antigas afloram mais próximas ao centro, muitas vezes acima de formações mais jovens.

Soares (1974) descreve que o Domo de Pitanga apresenta um mergulho de até 12°, acompanhado por fenômenos de falhamentos e rebaixamento de blocos na borda da estrutura, predominantemente na direção W. O eixo de maior alongamento possui uma proporção de 2:1 em relação ao eixo menor, e essa deformação é evidenciada em campo por camadas levemente inclinadas, presença de juntas, fraturas e pequenas dobras localizadas.

Existem três teorias para o surgimento do domo de pitanga: (1) Influência de esforços horizontais ou verticais associados à reativação neojurássica-eocretácea, durante ou após a tectônica de evento vulcânico básico (Soares, 1974); (2) Teoria atectônica, que sugere que o arqueamento foi provocado pela compactação diferencial sobre irregularidades paleotopográficas e por rochas intrusivas concordantes (Soares, 1974); (3) Implica que o arqueamento resultou de fase

tectônica compressiva ativa no final do Permiano, originando falhas inversas associadas e reativadas no intervalo Neojurássico-Eocretáceo (Fulfaro et al. 1982).

Segundo Soares (1974), os esforços tectônicos no domo não foram externos à bacia, mas sim da mesma época do vulcanismo basáltico ocorrido durante a reativação Wealdeniana. Já Fulfaro et al. (1982) sugerem que esses esforços coincidem com o soergimento Jurássico-Cretáceo na região costeira próxima à Bacia de Santos.

Por outro lado, Riccomini (1992) propõe um modelo de evolução estrutural para o Domo de Pitanga, dividido em seis fases: (A) envolve eventos sísmicos do Neopermiano-Eotriássico, resultando em liquefação dos depósitos marinhos rasos da Formação Corumbataí; (B) marcada por extensão NE-SW na borda leste da Bacia do Paraná; (C) gerou transcorrência dextral e compressão NW-SE, resultando em falhas transcorrentes e dobras; (D) caracterizada por compressão NE-SW, associada a falhas transcorrentes e dobras. As fases (E) e (F) expressam falhas neotectônicas no vale do Rio Passa Cinco, afetando depósitos aluviais mais jovens.

Na área de estudo, os sistemas de falhas predominam na direção NW-SE, um trend regional significativo, com falhas secundárias orientadas para NE-SW, conforme descrito por Sousa e Morales (1999). Destacam-se sistemas como o Passa Cinco-Cabeças, com falhas normais, algumas mais antigas que a Formação Serra Geral, além de falhas transformantes e inversas, e o sistema Ipeúna-Piracicaba, caracterizado por falhas normais e isoladas, que influenciam a orientação dos afluentes e do Rio Corumbataí, bem como a paisagem local (Figura 22).

Além disso, a área evidencia a presença de altos e baixos estruturais, com formações geológicas antigas em cotas muito altas e incomuns. As formações geológicas da área apresentam uma leve inclinação com ângulo inferior a 1°, predominantemente orientadas para SW, o que é diretamente associado à estruturação tectônica observada no Domo de Pitanga e nas demais áreas da região.

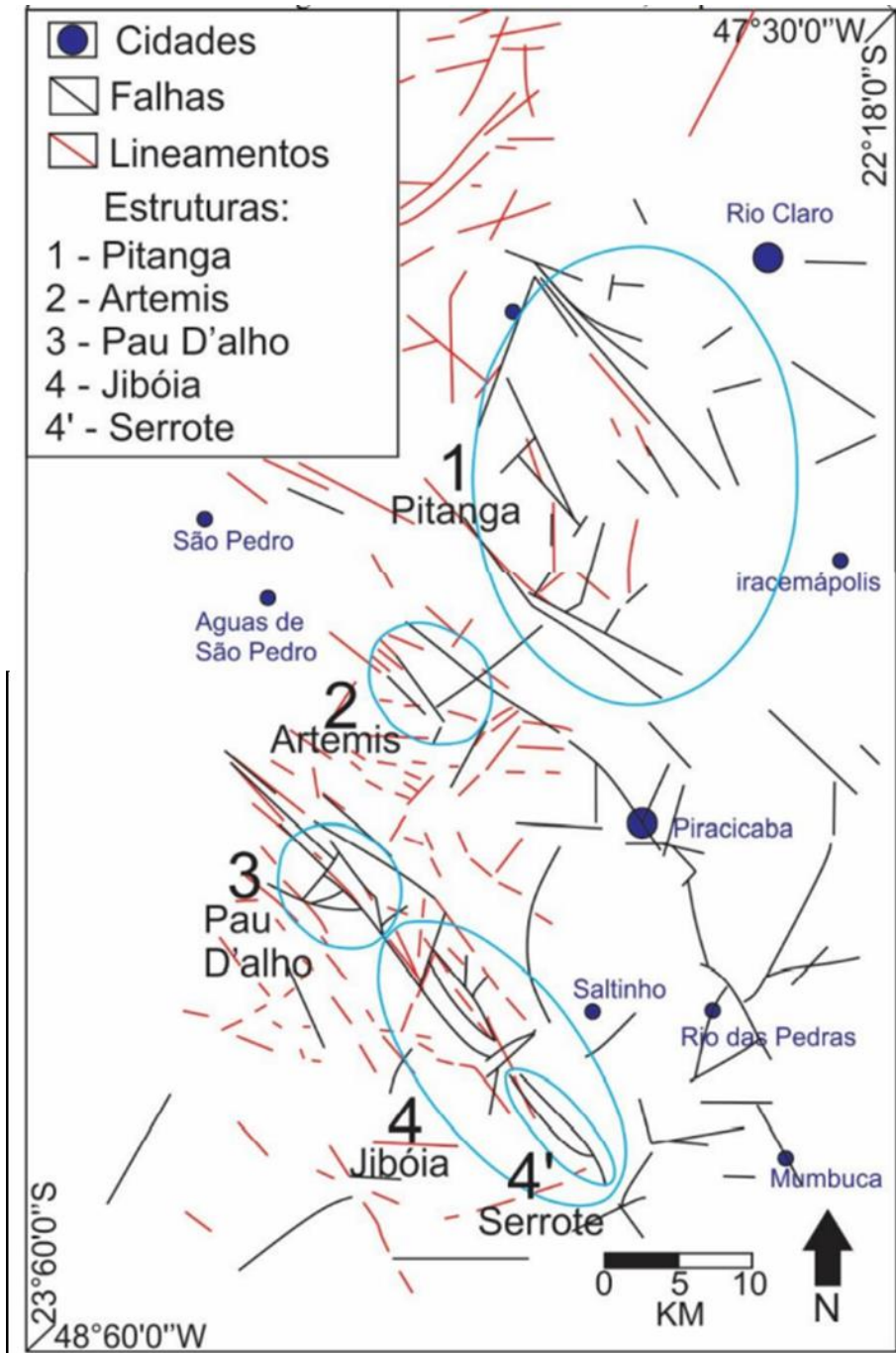


Figura 22: Mapa dos altos estruturais presentes na região de Rio Claro/Piracicaba. Fonte: Soares (1974), retirado de Riffel (2020).

4. SISTEMAS PETROLÍFEROS

O estudo da Geologia do Petróleo de uma região implica no estudo de diversas variáveis relacionadas à evolução de uma bacia sedimentar. Tais variáveis são necessárias para a análise da possibilidade de ocorrência de hidrocarbonetos e da viabilidade ou não de extração dele.

A definição de sistema petrolífero iniciou com Dow (1972), quando definiu a existência de um “*oil system*” a partir da correlação puramente estratigráfica entre os elementos: rocha geradora, rocha reservatório e rocha selante.

Com o passar dos anos, alguns estudos identificaram progressivamente que essa relação não necessariamente se dá apenas estratigraficamente. Magoon & Dow (1994) sistematizaram o conhecimento de mais de um autor apresentando os sistemas típicos e atípicos onde, por exemplo, a maturação da matéria orgânica pode ocorrer tanto por fatores relacionados ao grau geotérmico regional, variando conforme a profundidade, quanto por outras fontes de calor externas, essas podendo ser, principalmente, intrusões ígneas.

De acordo com Magoon e Dow (1994) e Lisboa (2006) um sistema petrolífero é definido pela relação entre o petróleo gerado e o gerador ativo, dependendo dos seguintes fatores que possibilitam a avaliação de um prospecto petrolífero:

- a) Rocha Geradora: geralmente são argilitos, folhelhos e calcilutitos com alto teor de matéria orgânica e COT (Carbono Orgânico Total) entre 2% e 8% (Milani, 2007);
- b) Maturação da matéria orgânica: a transformação do querogênio em óleo tem início por volta de 60°C, produzindo um óleo pouco maturado e mais viscoso. O pico de geração ocorre entre 90°C e 120°C, resultando em um óleo mais fluido e volátil. Até aproximadamente 150°C, predomina a geração de gás, e, a partir dessa temperatura, inicia-se a janela de metamorfismo (Figura 23). Muitas vezes o aumento da temperatura para atingir o grau geotérmico adequado se dá devido ao soterramento (Milani et al., 2001).

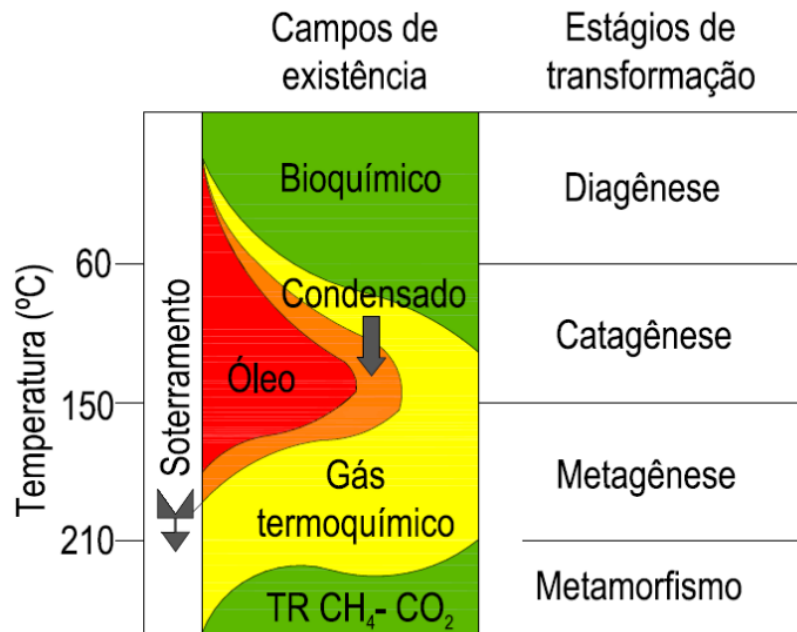


Figura 23: Janela de transformação da matéria orgânica em hidrocarbonetos (Morais Filho e Coriolano, 2016 adaptado de Thomas, 2004)

- c) Formas de migração: o aumento da pressão no sistema pode gerar um fraturamento hidráulico e/ou supersaturação (migração primária) gerando a migração do óleo e/ou gás para fora da rocha geradora, podendo migrar através de falhas e fraturas (migração secundária) e, quando não há rocha selante pode ocorrer o escape para a superfície (migração terciária) (Milani et al., 2001);
- d) Estruturas tectônicas: a presença de falhas, fraturas e/ou processos digenéticos podem servir de selo para essas acumulações, podendo também em alguns casos auxiliar na migração como já citado anteriormente. Algumas estruturas como domos, dobras e falhas poder servir também como trapa e/ou armadilha (Gimenez, 2015);
- e) Rocha Reservatório: geralmente são arenitos e ou conglomerados associados a ambientes deposicionais de dunas, rios, deltas, praias, ondas, marés e correntes de turbidez (Gimenez, 2015) que possuem uma alta permeabilidade e porosidade que pode variar de 5 a 35% (Milani et al., 2001);
- f) Rocha Selante: necessário uma rocha com baixa permeabilidade em relação a rocha reservatório por todo o sistema para evitar perdas e escape para a superfície. Geralmente podem ser rochas finas como folhelhos, calcilutitos e siltitos, também podendo ser evaporitos e rochas ígneas;
- g) Relação Temporal entre as precedentes feições.

Para a formação de um sistema petrolífero é essencial a interação entre geração, migração e acumulação de petróleo, conhecida como "momento crítico" que ocorre em um intervalo de tempo relativamente curto, em cerca de poucos milhões de anos. A Figura 24 apresenta de forma esquematizada os principais fatores citados acima.

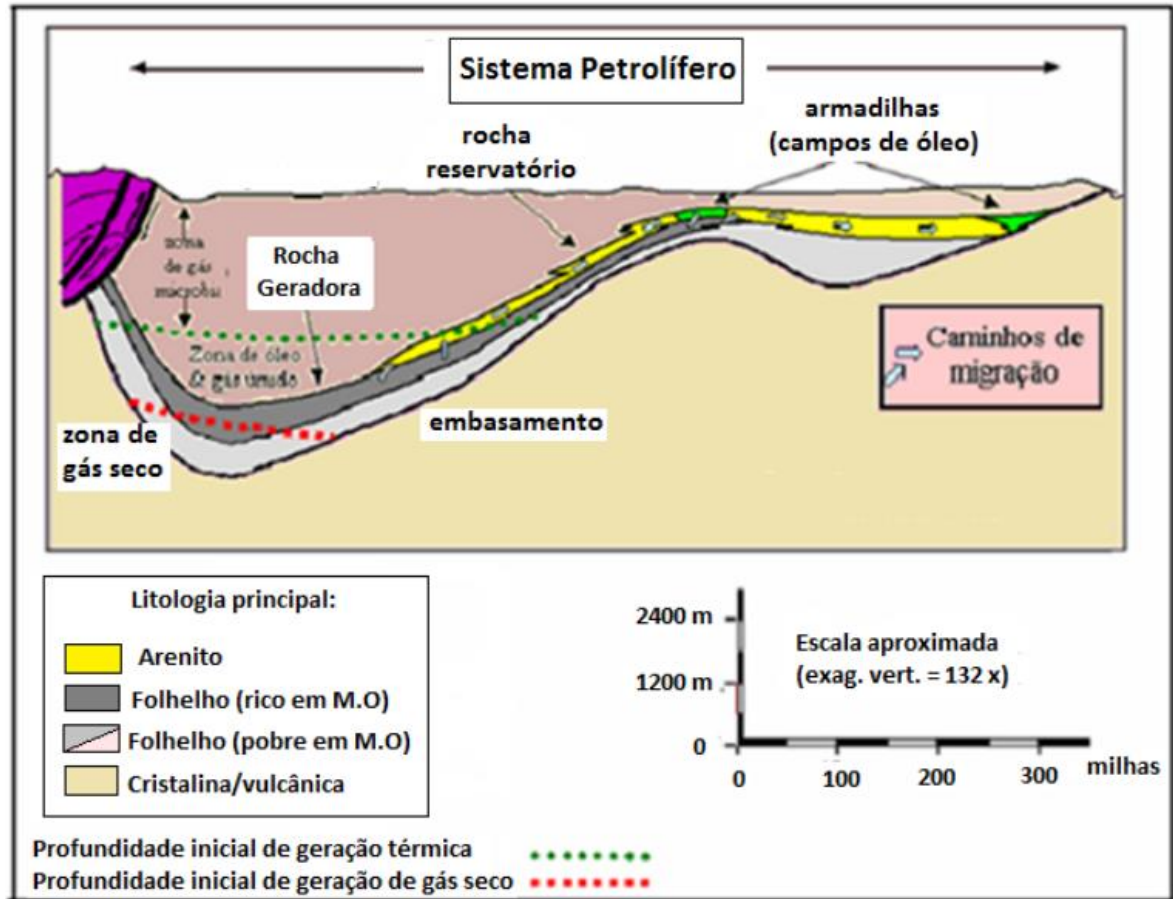


Figura 24: Elementos de sistema petrolífero (Camargo, 2013 modificado de Magoon e Dow, 1994 e Lisboa, 2006).

Além disso, o tempo de preservação é um fator crucial, considerando a profundidade de soterramento e a exposição a agentes externos, como erosão e infiltração de água meteórica. Esses fatores podem causar a biodegradação do petróleo e influenciar diretamente a conservação dos hidrocarbonetos na bacia (Magoon e Dow, 1994).

De acordo com Milani et al. (1998), a Formação Irati é considerada geradora de hidrocarbonetos na Bacia do Paraná devido aos seus folhelhos Neo-Permianos do membro assistência ricos em matéria orgânica amorfa, propiciando a geração de hidrocarbonetos líquidos. Segundo Zalán et al. (1990), essa formação possui um

potencial de geração que pode atingir 100--200 mgHC/g de rocha, devido ao seu teor de carbono orgânico que varia de 0,1 a 23% e uma média de 2%.

Segundo Thomas Filho et al. (2008), há uma relação direta entre os eventos de intrusões e extrusões de rochas magmáticas básicas a intermediárias e a geração de hidrocarbonetos na Bacia do Paraná. O calor liberado pelo magmatismo pode ser suficiente para promover a maturação da matéria orgânica, desencadear a migração de fluidos por pressão hidrostática nos poros das rochas e favorecer a acumulação em armadilhas estruturais, como diques e soleiras de diabásio (Thomaz Filho et al., 2008).

Alves e Rodrigues (1985) observaram que o impacto térmico gerado pelas intrusões pode variar conforme sua profundidade e espessura, sendo mais significativo em intrusões profundas. Considerando o potencial gerador da Formação Irati, acredita-se que corpos ígneos tenham contribuído para a geração de volumes expressivos de petróleo na Bacia do Paraná (Thomaz Filho et al., 2008). Apesar disso, Goulart e Jardim (1982) apontaram que a Formação Irati apresenta um baixo grau de evolução térmica, com exceção do depocentro da bacia, onde a janela de geração pode ter sido alcançada em áreas influenciadas por intrusões ígneas.

Um evento de magmatismo básico no início do Triássico (cerca de 215 Ma) foi importante e significativo para bacias sedimentares, associado à distensão no Sul do paleocontinente Gondwana que afetou as bacias do Paraná, Parnaíba, Amazonas e Solimões e registrado na América do Sul pela abertura do Oceano Atlântico Sul e Atlântico Norte (Thomaz Filho, 2008). Ademais, o processo de rifteamento no Neocomiano (há cerca de 130 Ma) originou diversas bacias de margem continental associados a um magmatismo com diques e ígneas básicas intercaladas com rochas sedimentares depositadas no estágio rifte (Thomas Filho, 2008).

Sendo assim, pode-se dizer que as intrusões vindas do embasamento, favoreceram a migração primária vertical, onde o petróleo percorre através de diques e soleiras, enquanto a migração secundária foi influenciada pelos próprios fatores estruturais (falhas, domos etc.) e estratigráficos em que o petróleo pode percorrer horizontalmente as camadas podendo as rochas básicas magmáticas barrarem a migração como armadilha (Araujo, 2003).

A maioria das ocorrências de hidrocarbonetos documentadas são diretamente associadas a reservatórios convencionais (arenitos e calcários). Algumas rochas

sedimentares siliciclásticas ricas em argilominerais, ou até mesmo com elevado teor de matéria orgânica, baixa porosidade e permeabilidade, também são consideradas importantes reservatórios não convencionais de hidrocarbonetos.

Um sistema petrolífero não convencional é aquele que enfrenta dificuldades na produção de hidrocarbonetos devido às suas características petrofísicas, exigindo tecnologias avançadas para a extração e, normalmente, esses sistemas acumulam volumes reduzidos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Geologia de subsuperfície

Os dados de subsuperfície extraídos dos perfis compostos envolvem uma área que abrange apenas os municípios de Rio Claro, Itacemópolis e Piracicaba, representando apenas a região sudeste da área de estudo. Os perfis compostos foram ampliados e analisados de modo a realizar uma interpretação da subsuperfície da área, realizando uma tabela para comparar as cotas e espessuras de cada formação.

Tabela 1: Cota e espessura das unidades geológicas de acordo com os perfis compostos (Elaborado por autora).

Unidade Geológica	Perfil Composto	Cota	Esp. (m)	Esp. Total (m)
Depósitos aluvionares	1AT-0001-SP	-	-	-
	1PG-0001-SP	633 - 616	17	17
	1AS-0001-SP	-	-	-
Formação Corumbataí	1AT-0001-SP	459 - 366	93	93
	1PG-0001-SP	-	-	-
	1AS-0001-SP	-	-	-
Formação Irati	1AT-0001-SP	366-334	32	32
	1PG-0001-SP	616 - 607	9	9
	1AS-0001-SP	538 - 514	24	24
Formação Tatuí	1AT-0001-SP	334 - 294	40	40
	1PG-0001-SP	607 - 515	92	92
	1AS-0001-SP	514 - 472 414 - 359	42 55	97
Grupo Itararé	1AT-0001-SP	294 - (-789)	1083	1083
	1PG-0001-SP	515 - 455	60	864
		452 - 273	179	
		241 - 146	95	
		140 - 127	13	
		105 - 49	56	
		(-97) - (-558)	461	
	1AS-0001-SP	359 - 268	91	878
		246 - 226	20	
		216 - 188	28	
		184 - (-331)	515	
(-556) - (-780)		224		

Embasamento	1AT-0001-SP	-789	-	-
	1PG-0001-SP	-558	-	-
	1AS-0001-SP	-780	-	-
Soleira	1AT-0001-SP	-	-	-
	1PG-0001-SP	455 - 452	3	209
		273 - 241	32	
		146 - 140	6	
		127 - 105	22	
		49 - (-97)	146	
	1AS-0001-SP	472 - 414	58	319
		(-331) a (-556)	225	
		188 a 184	4	
		226 a 216	10	
		268 a 246	22	

Como apresentado na Tabela 1, as espessuras apresentadas pelos diferentes perfis mostram uma grande variação na área, sendo que a Formação Piramboia não foi encontrada com topo e base em nenhum dos analisados e a Formação Irati encontrou-se com uma variação de espessura de 9, 24 e 32m.

Com base nisso foi se correlacionando essas espessuras com as informações de superfície para gerar o modelo apresentado no APÊNDICE V – MODELO GEOLÓGICO 2D. Estruturalmente falando, adotou-se que as camadas estão praticamente sub-horizontais, com pouca inclinação, para a facilitação do desenho e visualização.

A Figura 25 mostra um trecho desse modelo em que se encontram as formações Irati e Piramboia em uma região “próxima” a falhas e com a Formação Piramboia quase totalmente aflorante e com pouca espessura. Isso ocorre em razão da influência que o soerguimento de blocos proporcionou na área, erodindo grande parte das formações mais “jovens”, como a Formação Piramboia, Irati, Corumbataí e até mesmo as mais “antigas”, Tatuí e Itararé mais próximas ao centro da estrutura do Domo de Pitanga.

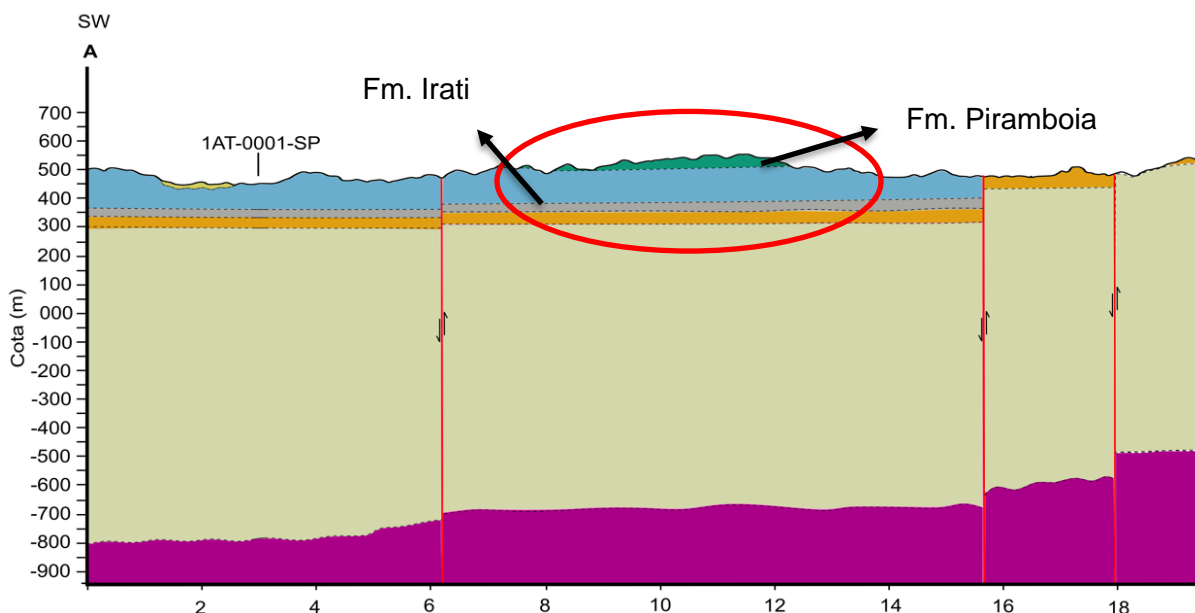


Figura 25: Detalhe do modelo elaborado, próximo ao perfil composto 1-AT-0001-SP, região SW.

Além da correlação dos perfis, foi analisado e digitalizado duas seções geológicas realizadas pelo Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM (1984) no projeto borda leste da Bacia do Paraná (Figura 25). Este projeto consistiu na Integração geológica e avaliação mineral de diversas folhas de São Paulo, utilizando, por exemplo, dados do Mapeamento de semidetalhe do centro leste de São Paulo (PETROBRÁS, 1971), Formações geológicas de superfície (IG, 1984) e Projeto Sapucaí (CPRM/DNPM, 1977).

A seção geológica A-A' (Figura 27) da Folha Rio Claro mostra parte da região norte da área de estudo, com uma interpretação de subsuperfície que chega apenas até a Formação Corumbataí. É possível observar a presença de uma falha próxima ao início da Serra do Itaqueri, que soergue um bloco mais ao noroeste fazendo com que a Formação Botucatu aflore mais. Ademais, a interpretação da DNPM mostra a Formação Piramboia com uma espessura de aproximadamente 120m, também soerguida pela mesma falha.

Já a seção geológica B-B' (Figura 27) da Folha Piracicaba se encontra na região Sul da área de estudo, cruzando com o modelo elaborado. A disposição encontra é bem semelhante à do modelo traçado com base nos perfis compostos, apenas ocorrendo uma variação de espessura que também foi evidenciada na comparação feita. É possível observar a presença de duas falhas que acabam soerguendo blocos que estão mais próximos da região Leste. Tais blocos soerguidos fazem com que a grupo Itararé aflore em cotas muito mais altas do que o comum,

evidenciando a influência do Domo de Pitanga na região, visto que a localização deste ponto está mais próxima do centro dessa estrutura. Além disso, nesta segunda seção é possível observar uma inclinação maior na Formação Corumbataí que não foi retratada no Modelo Geológico 2D.

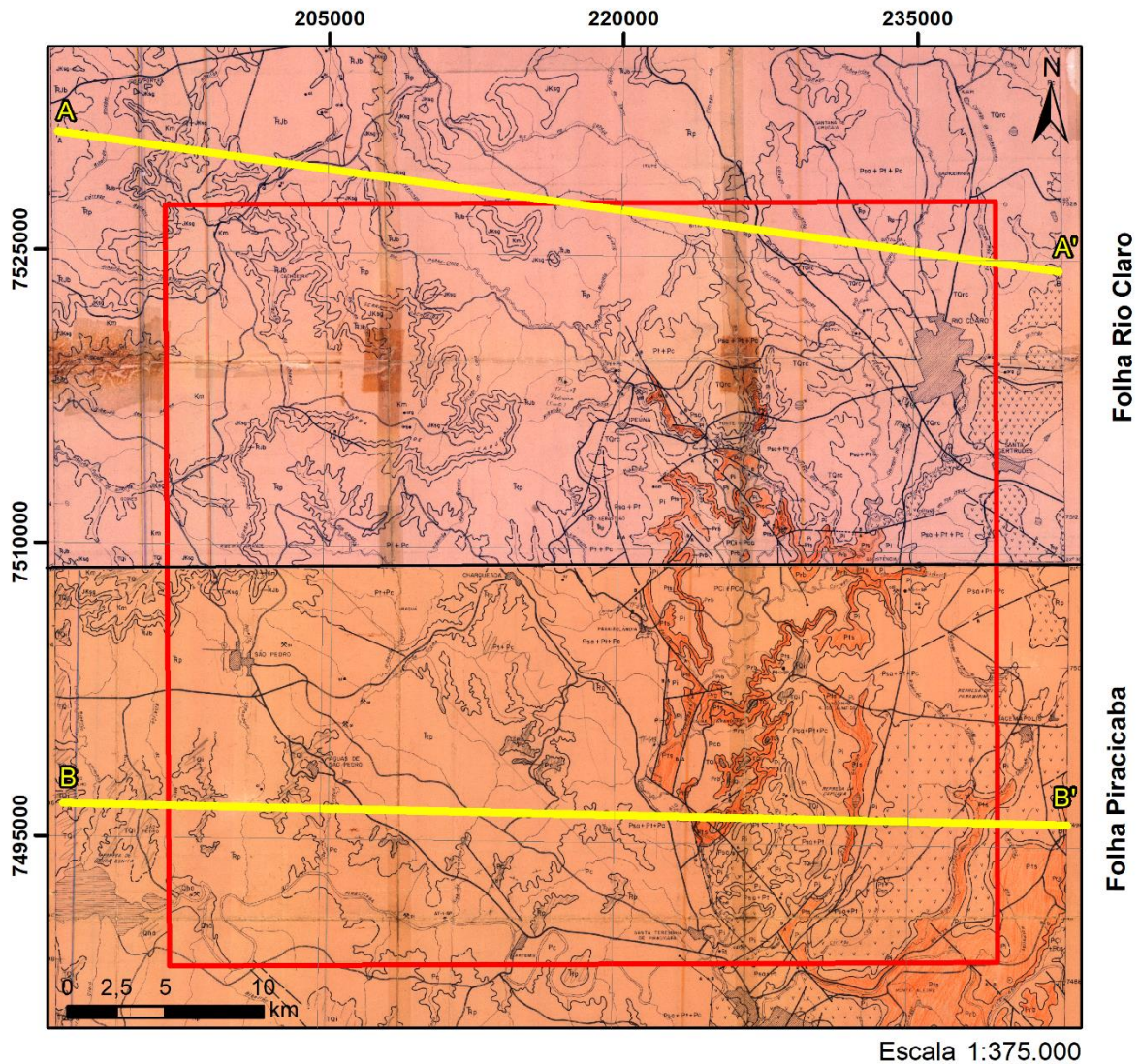


Figura 26: Projeto borda leste da Bacia do Paraná, localização da área de estudo nas Folhas Rio Claro e Piracicaba (adaptado de Aboarrage e Lopes, 1986).

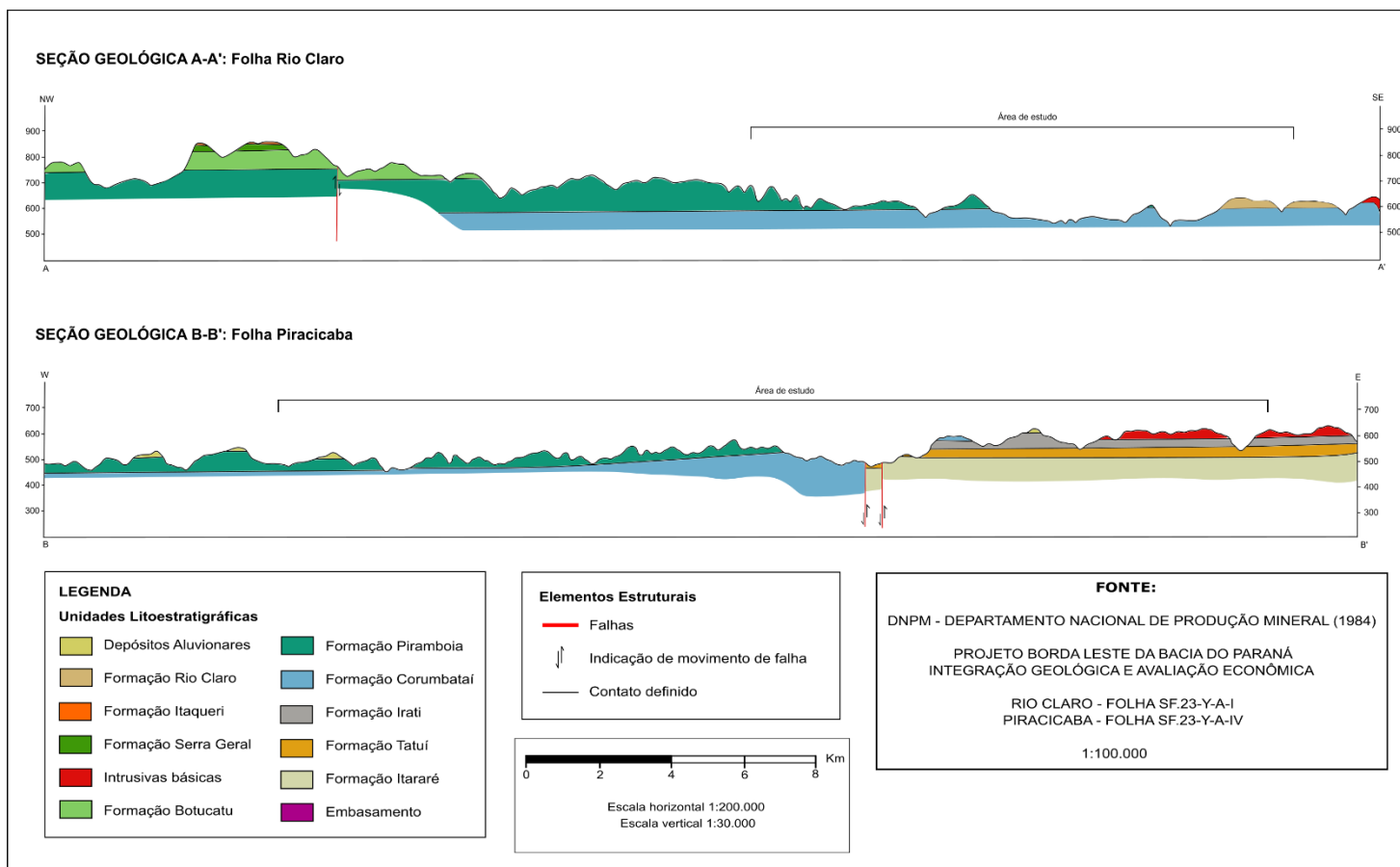


Figura 27: Seções geológicas A-A' e B-B' retiradas do Projeto borda leste da Bacia do Paraná (adaptado de Aboarrage e Lopes, 1986).

5.2. Exploração petrolífera na área de estudo

O início da história do petróleo em São Paulo já foi estudada por diversos pesquisadores como Washburne (1930), Franzinelli (1972) e Paiva (1975) a partir do incentivo da presença de fatores como os folhelhos betuminosos, calcários e arenitos asfálticos, porém pouco se foi explorado devido ao insucesso na possibilidade de exploração comercial da área.

Em 1890, Auguste Collon despertou o interesse ao estudar os arenitos asfálticos na borda leste da Bacia do Paraná, no Morro do Bofete, em 1892. O primeiro poço de petróleo no Brasil foi perfurado na mesma região (Souza, 1997), atingindo uma profundidade de 488 metros e extraído apenas 2 barris de óleo. Em 1897, concluiu-se que o betume encontrado poderia ter origem em um reservatório de petróleo fraturado a grandes profundidades. Já em 1920, Oliveira estabeleceu a relação entre os diques e os arenitos, observando que sempre ocorriam juntos.

Estudos realizados em Anhembi, São Paulo, mostram que os arenitos betuminosos da região possuem reservas consideráveis de óleo, estimadas em 5.712.000 barris, com teor médio de 5,5% em peso, conforme descrito por Grossi Sad e Saraiva (1981). Hettich (1981) identificou 19 ocorrências principais em uma área de 7.000 km², destacando quatro como prioritárias para exploração: Moquém, Morro do Bofete, Guareí e Capela Velha.

Quadros (1980) apontou, por meio de análise geoquímica, que a Formação Irati é a principal fonte geradora do óleo encontrado nos arenitos betuminosos, sendo classificado como imaturo. A PETROBRAS realizou um extenso projeto de pesquisa sobre o potencial petrolífero da Formação Piramboia, incluindo estudos de perfuração e exsudações de óleo na área de Anhembi.

Thomaz Filho (1982), ao examinar 26 furos, observou impregnações de óleo que variam de pequenos indícios até valores próximos de 17% em peso, com média de 5,5%. Ele também estimou que os arenitos betuminosos de Anhembi contêm cerca de 6 milhões de barris de óleo explorável. Em outro estudo, Triguis (1986) analisou amostras de arenitos betuminosos de Jacutinga, Piapara e Anhembi, concluindo que o óleo presente nesses arenitos se encontra próximo ao ponto final de isomeria, indicando um baixo nível de maturidade.

O início das pesquisas e tentativas de exploração se deram no fim do século XIX, onde Eugênio Ferreira Camargo perfurou o primeiro poço em São Paulo e seguiu atrás de tentativas de achar petróleo sem tanto conhecimento e tecnologias prévias. Entre 1921 e 1932 os estudos foram desenvolvidos pelo Governo Federal e Washburne (1930) avaliou as condições petrolíferas de São Paulo concluindo informações a respeito das áreas de ocorrência de arenitos asfálticos, acreditando que a passagem do petróleo para as camadas superiores foi interrompida após certa acumulação devido a um dique.

Além disso, Washburne (1930) reconheceu que as formações Piramboia e Botucatu sempre estiveram em uma posição ideal para o acúmulo de óleo e gás. Em 1940, Oliveira reconheceu mais afloramentos de arenitos asfálticos na região, sendo que ele relacionou o fato de o betume apresentado ser um óleo mais “pesado”, com uma possível erosão que retirou todo o sedimento que poderia servir de trapa/selo,

Em 1938 foi criado o Conselho Nacional do Petróleo (CNP), o que fez com que as pesquisas relacionadas fossem todas redirecionadas a esse órgão e, entre 1949 e 1953, o CNP realizou um levantamento de detalhe de áreas próximas a Guareí, com a intenção de reconhecer possíveis estruturas que levaram a acumulação do asfalto e sua origem.

Até então, poucos dados eram divulgados sobre as informações geológicas da área e, a partir de 1954, a Petrobras realizou diversas sondagens no Oeste de São Paulo com base nas informações já publicadas por Washburne, porém, sem sucesso exploratório.

Levando em conta que esses arenitos sempre aconteciam na Formação Piramboia (Andrade e Soares 1971), o provável gerador seria a Formação Irati, sendo que não há evidência de óleo gerado abaixo da Formação Irati. Em 1972 a autora Franzinelli definiu os arenitos da Formação Piramboia como potencial acumuladora de hidrocarbonetos.

Segundo Franzinelli (1972), o asfalto presente nos arenitos da Formação Piramboia origina-se do betume contido nos sedimentos calcários da Formação Irati. Além disso, a autora identificou uma correlação significativa entre a ocorrência de arenitos asfálticos e flancos de estruturas elevadas, indicando uma forte ligação entre a tectônica regional e a distribuição desses arenitos. Essa relação sugere que a estrutura geológica local exerce significativa influência na formação e concentração

de hidrocarbonetos nos arenitos da Formação Piramboia, destacando a importância da tectônica na gênese desses depósitos, e evidenciando que a distribuição dos arenitos asfálticos está intimamente ligada à estrutura geológica da região.

Zacharias (2002) realizou um trabalho de conclusão de curso de revisão bibliográfica da geologia do petróleo na região de São Pedro, com o objetivo de atualização de dados e avaliação do potencial petrolífero na região. A monografia conclui que todas as variáveis em relação a ocorrência de hidrocarbonetos foram favoráveis, desde a rocha-matriz até o “*timing*”, porém, os poços foram furados em localização não embasadas em informações geológicas e estruturais e muito rasos, o processo de maturação não foi eficiente o suficiente para geração de hidrocarbonetos economicamente suficiente e por fim, o possível rompimentos de trapas estruturais suficientes.

De acordo com Araújo (2003), a maior parte dos afloramentos presentes na borda leste da Bacia do Paraná são desprovidos de óleo em sua forma líquida e estão principalmente concentrados na Formação Piramboia, por ter como característica uma granulometria média e boa permeabilidade/porosidade que foi subsequentemente preenchida por hidrocarbonetos.

Estudos realizados por Araújo et al. (2004) revelaram a existência de 26 ocorrências de arenitos asfálticos no estado de São Paulo, apresentando estruturas de estratificação cruzada de médio a grande porte. Essas ocorrências estavam concentradas em áreas com terrenos acidentados, como encostas íngremes e cortes de terreno indicando uma estreita correlação entre a configuração geomorfológica da região e a distribuição desses depósitos.

5.3. Sistemas petrolíferos na área de estudo

A área de estudo apresenta formações geológicas que permitem a análise de mais de um sistema petrolífero, sendo eles: a) Irati-Piramboia; b) Irati-Irati; c) Irati-Tatuí; que serão brevemente discutidos a seguir:

a) Irati-Piramboia

O sistema petrolífero Irati-Piramboia já foi definido como um sistema conhecido, em que se entende a existência e relação da geração e acumulação do petróleo, porém, não há exploração comercial.

A Formação Piramboia atua reservatório do sistema petrolífero Irati-Piramboia, isso é evidenciado pela ocorrência de diversos afloramentos de arenitos asfálticos que possivelmente receberam o óleo através de migração vertical ao longo de diques e soleiras de diabásio, bem como por migração horizontal entre camadas porosas. Esses arenitos desempenham um papel fundamental na retenção e armazenamento (Thomaz Filho, 2008; Araújo, 2003) já que, como já citado anteriormente, possuem uma boa permeabilidade e porosidade, perfeita para a acumulação de hidrocarbonetos.

A Figura 28 apresenta alguns caminhos para migração relacionados ao sistema na região leste paulista, próximo à área de estudo. Na figura, observa-se que a migração para a Formação Piramboia é considerada secundária, ocorrendo por meio de intrusões e falhas. Além disso, a ausência de uma rocha selante compromete a preservação do "óleo", permitindo que ele escape para a superfície.

Apesar de ter características físico-químicas favoráveis, não foram encontrados afloramentos de arenitos asfálticos na área de estudo, além de que, grande parte da Formação Piramboia já foi erodida por influência da atividade tectônica que gerou o Domo de Pitanga. Por fim, como corretamente destacado acima, Teixeira, Sawakuchi e Bello (2016) estudaram a influência de inclusões fluídas na Formação Rio Bonito e constataram que os hidrocarbonetos presentes já foram muito biodegradados, por conta da relação da migração em profundidades rasas.

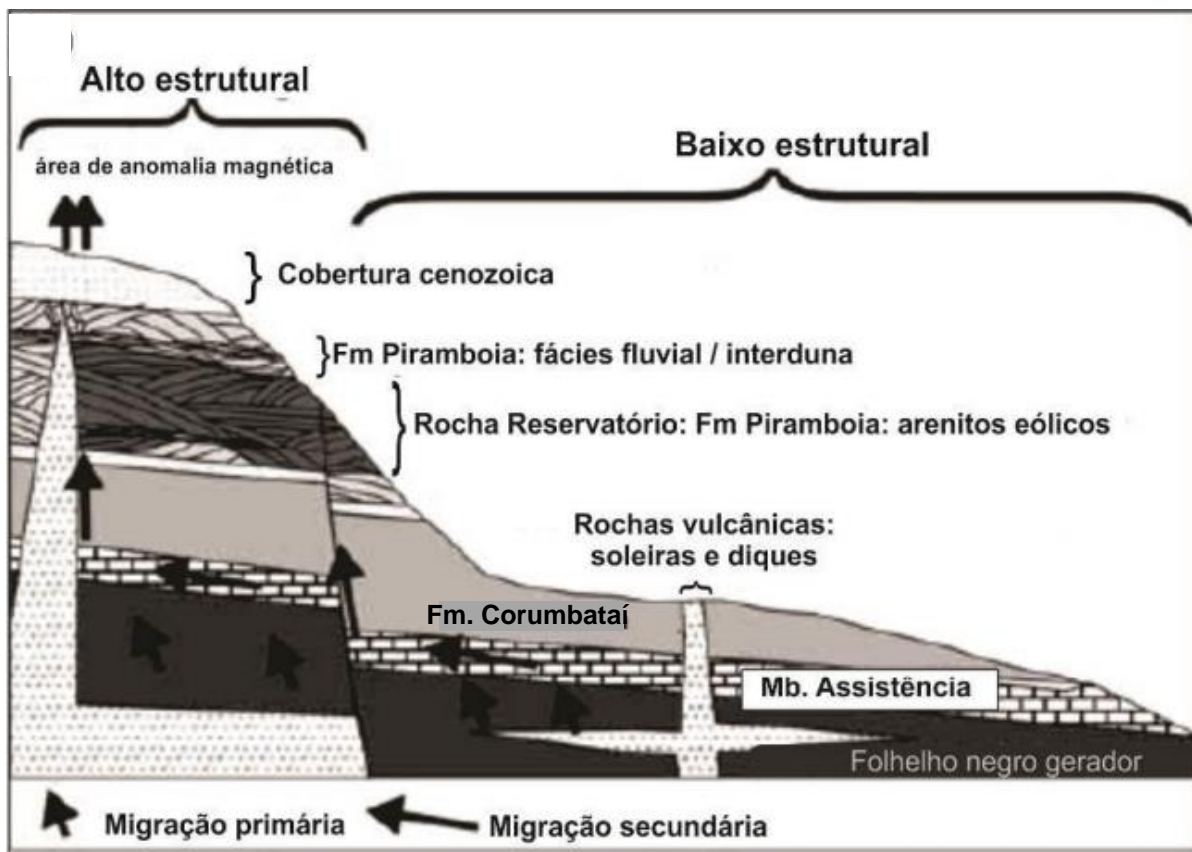


Figura 28: Modelo de migração para as ocorrências do centro-leste paulista com os caminhos de migração e acumulação (modificado de Costa, 2015).

b) Irati-Irati

O sistema petrolífero Irati-Irati é considerado um sistema não convencional e atípico, mas que pode ser utilizado como base de estudo para regiões correlatas. De acordo com Teixeira (2019), os folhelhos são reservatórios não convencionais de hidrocarbonetos líquidos e gasosos (Figura 29), onde Riffel (2020) estudou esse sistema, o efeito das falhas e do fraturamento na região.

A Formação Irati, composta por folhelhos e calcários, sofreu extrema influência da dinâmica de fluídos e evolução térmica do magmatismo Serra Geral (Riffel, 2020), sendo que, as zonas de falha mostram carbonatos fraturados com falhas selantes e fraturas abertas interconectadas, criando porosidade e permeabilidade (trapa estrutural).

Segundo Riffel (2020), a formação apresenta fraturas abertas em corpos carbonáticos, zonas brechadas com porosidade variável, vazios criados por dissolução ou remoção mecânica, além de irregularidades em planos ou rampas de falha, que criam espaços adequados para o armazenamento de hidrocarbonetos.

Essas fraturas e zonas permeáveis funcionam como potenciais reservatórios para os hidrocarbonetos, permitindo que eles se acumulem e fiquem retidos. Além disso, a presença de calcita precipitada e a atuação de falhas multinucleadas e zonas de dano com alta permeabilidade reforçam ainda mais o papel da Formação Irati também como reservatório de petróleo.

Esse sistema se caracteriza por um sistema petrolífero raso, onde a circulação de fluido aquoso de origem meteórica pode acabar se misturando, sendo responsável pela biodegradação de hidrocarbonetos na borda leste da bacia do Paraná.

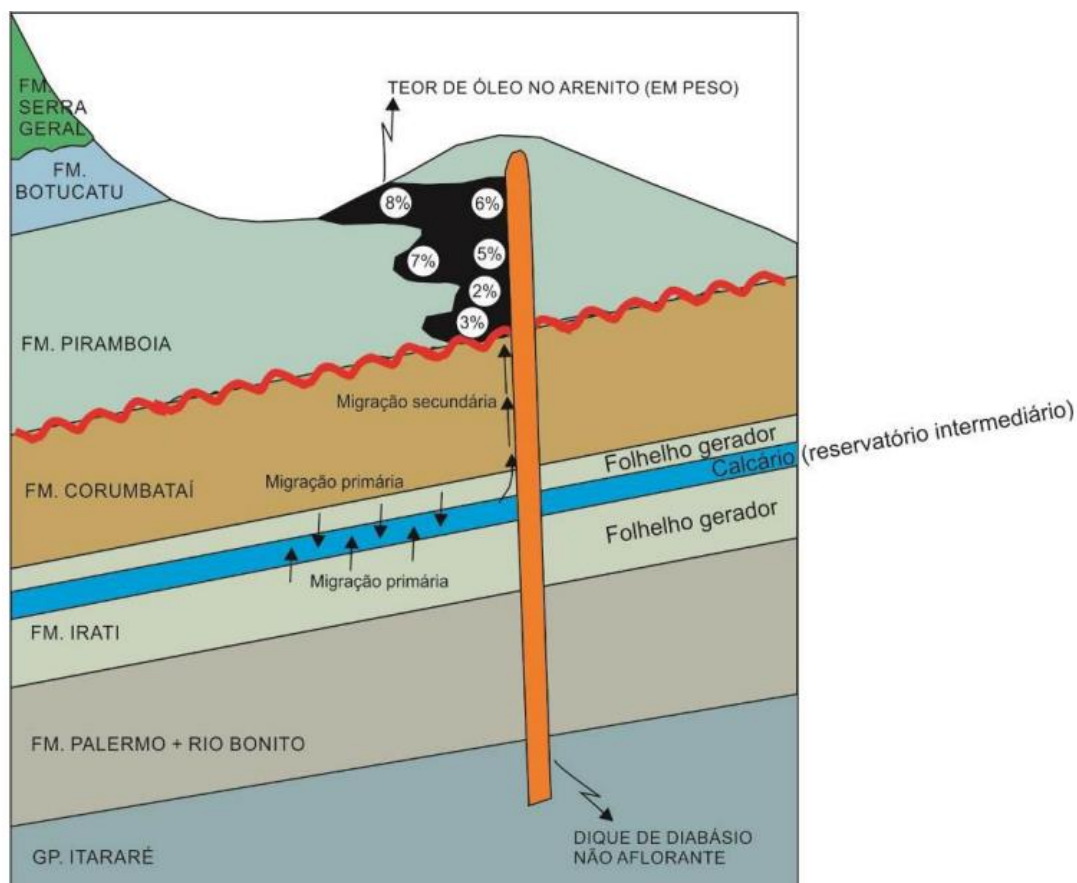


Figura 29: Esquema de migração para a ocorrência de arenitos asfálticos. Pode se observar como o calcário da Formação Irati pode ser um reservatório intermediário que recebe hidrocarbonetos a partir da migração primária (Costa, 2015 adaptado de Thomaz Filho, 1982).

c) Irati-Tatuí

O sistema petrolífero Irati-Tatuí é considerado um sistema convencional e que pode ser utilizado como base de estudo para regiões correlatas. De acordo com Aquaroli (2013), a região noroeste do Alto Estrutural de Pitanga (região central da área de estudo) apresenta a colocação de rochas mais antigas (Formação Tatuí) ao lado de rochas mais recentes (Formação Irati), devido a geração de estruturas rúpteis em consequência dos eventos tectônicos.

A Formação Tatuí é composta principalmente de siltitos e lentes areníticas que também apresentam falhas, fraturas e microfraturas. O modelo geológico 2D A-B-C apresenta, próximo a localidade do perfil composto 1AS-0001-SP, uma falha expressiva que resulta na exata situação citada (Figura 30). Neste caso, a falha com *trend* NW-SE serviria como caminho para a migração primária até, por exemplo, as lentes areníticas no topo da Formação Tatuí, que estaria selada pelos folhelhos da Formação Irati.

Nessa situação, torna-se relevante também a ocorrência de diques e sills de rochas magmáticas próximo aos folhelhos que poderiam aquecer e gerar hidrocarbonetos.

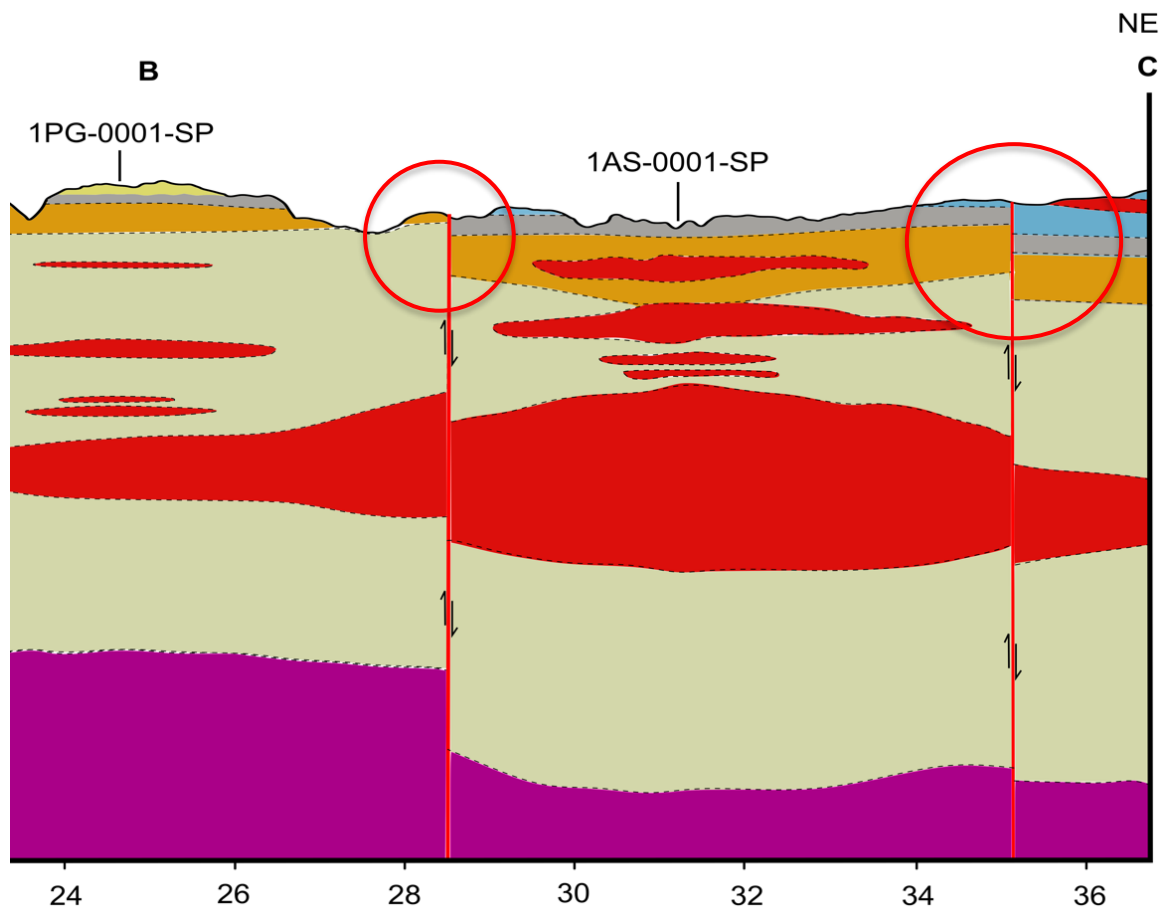


Figura 30: Detalhe do modelo elaborado, próximo ao perfil composto 1-AS-0001-SP, região NE. É possível observar a influência do Domo de Pitanga nos destaques da figura, apresentando regiões em que a Formação Irati (mais nova) se encontra “ao lado” e/ou acima da Formação Tatuí (mais antiga).

6. CONCLUSÕES

Este estudo abordou a geologia do petróleo na região entre São Pedro e Rio Claro, SP, com foco na caracterização geológica e revisão bibliográfica dos sistemas petrolíferos. Os resultados obtidos contribuíram significativamente para o entendimento da geologia local sendo que, o mapeamento de campo e a descrição da estratigrafia e litologia revelaram formações geológicas com algumas características favoráveis à geração de petróleo. No entanto, no caso do sistema petrolífero Irati-Piramboia, apesar de as formações possuírem boas características físicas, este sistema já foi quase na totalidade erodido.

A Formação Irati, apesar de apresentar características físicas favoráveis à formação de hidrocarbonetos, não foi capaz de gerar fluídos suficientes devido ao baixo grau de evolução térmica da região, o que impediu o alcance da janela de geração, além disso, os fluídos gerados podem ter passado por biodegradação ao se aproximarem mais da superfície (influência tectônica)

A Formação Piramboia, embora tenha boa porosidade e permeabilidade, não possui estrutura de trapas e selos eficientes para armazenamento de hidrocarbonetos, devido à intensa erosão causada pela influência do Domo de Pitanga, que ativou e reativou várias falhas, limitando o sucesso exploratório.

Outros sistemas petrolíferos se mostraram mais eficazes para regiões correlatas, sendo eles o sistema Irati-Irati, onde os folhelhos são os geradores e o calcário extremamente fraturado o reservatório intermediário de migração secundária e o Irati-Tatuí, onde os geradores se mantem o mesmo, porém, o reservatório de migração primária se torna as lentes areníticas da Camada Ibicatu.

A região apresenta uma grande complexidade geológica, com uma alta densidade de falhas e fraturas, especialmente na área central de estudo, onde o Grupo Itararé aflora nas mesmas cotas que as formações Irati e Tatuí. Observou-se uma inclinação de aproximadamente $0,7^\circ$, além de falhas e fraturas com tendências NW-SE e NE-SW.

O modelo geológico 2D de subsolo desenvolvido evidenciou essa complexidade geológica e estrutural. No entanto, a distância entre os perfis geológicos utilizados no modelo limitou a consistência dos dados, sendo necessário aumentar a densidade de perfis para uma correlação mais precisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABOARRAGE, Antônio Michel; LOPES, Ricardo da Cunha. Projeto a Borda Leste da Bacia do Paraná: integração geológica e avaliação econômica. DNPM/CPRM, Porto Alegre. 18 v. Unpublished, 1986. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/7898>.

ALVES, Daisy Barbosa; RODRIGUES, René. Influência das intrusões ígneas nos folhelhos devonianos da Bacia do Baixo Amazonas. Revista brasileira de geociências, v. 15, n. 2, p. 110-115, 1985.

ANDRADE, S.M.; SOARES, P.C. Geologia de Semi-detalhe no centro leste de São Paulo. Rio de Janeiro, Petrobrás, DESUL, relatório, n. 407, p. 52, 1971.

AQUAROLI, Luis Henrique Souza. Papel da tectônica rúptil na possível migração de hidrocarbonetos: estudo da porção noroeste da estrutura de Pitanga, região central do estado de São Paulo. 2013.

ARAÚJO, Carlos César de; YAMAMOTO, Jorge Kazuo; ROSTIROLLA, Sidnei Pires. Distribuição espacial e caracterização geológica dos arenitos asfálticos da borda leste da Bacia do Paraná no estado de São Paulo. Revista Brasileira de Geociências, v. 34, n. 2, p. 187-200, 2004.

ARAUJO, Carlos César de. Gênese das ocorrências de arenito asfáltico da borda leste da Bacia do Paraná, SP. 2003. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

ASSINE, Mario Luis; PIRANHA, Joseli Maria; CARNEIRO, Celso Dal Ré. Os paleodesertos Pirambóia e Botucatu. Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida, Editora Beca, São Paulo. p.77-93. (Cap. 5). 2004.

ASSINE, Mario Luis; ZACHARIAS, Angélica Álda; PERINOTTO, José Alexandre J. Paleocorrentes, paleogeografia e seqüências deposicionais da Formação Tatuí, centro-leste do Estado de São Paulo. Brazilian Journal of Geology, v. 33, n. 1, p. 33-40, 2003.

BJORNBERG, Alfredo José Simon; LANDIM, Paulo Milton Barbosa. Contribuição ao estudo da formação Rio Claro (Neocenoico). Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia, v. 15, n. 4, p. 43-67, 2019.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia (2024). Tabela de Poços Perfurados no País. Acesso em 23/11/2024. Disponível em: https://cdp.anp.gov.br/ords/r/cdp_apex/consulta-dados-publicos-cdp/consulta-de-po%C3%A7os?session=4670454470601

CAETANO-CHANG, M. R. A Formação Pirambóia no Centro-leste do Estado de São Paulo (Pirambóia Formation in the Center-East portion of São Paulo State). Habilitation thesis, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, p. 196, 1997.

CAMARGO, Camilla Factori. Caracterização geológica de arenitos asfálticos da Formação Pirambóia, Bacia do Paraná. 2013. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

CHAHUD, Artur et al. Paleontology and depositional environments of the Tatuí and Irati formations (Permian) in the Ponte Nova Farm, Ipeúna, state of São Paulo. Revista Brasileira de Geociências, v. 42, n. 1, p. 198-212, 2012.

CHAHUD, Artur; PETRI, Setembrino. Sarcopterygii do Topo da Formação Tatuí e Base da Formação Irati, Permiano, São Paulo, Brasil. Revista Universidade de Guarulhos. Geociências, v. 8, n. 1, p. 39-46, 2009.

COLLON, Auguste. Le pétrole dans les environs du Mont de Bofete et de Porto Martins, dans l'état de São Paulo. Instituto Geográfico e Geológico, 1897.

COSTA, Diego Felipe Bezerra da et al. O papel das intrusões de soleiras e diques de diabásio na gênese de rotas de migração e armadilhas de hidrocarbonetos, em área de ocorrências de arenitos asfálticos da Formação Piramboia, região de Guareí-SP, Bacia do Paraná. 2015. Disponível em: <http://www.bdttd.uerj.br/handle/1/7163>

COSTA, Tamires Bojjis da. Modelo de condução de calor aplicado em sistemas petrolíferos atípicos: Formação Irati-Bacia do Paraná. 2023. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas. Disponível em: <http://guaiaca.ufpel.edu.br/xmlui/handle/prefix/14184>

DOW, W. G. Application of Oil Correlation and Source-Rock Data to Exploration in Williston Basin. AAPG Bulletin, v. 56, n. 3, p. 615-615, 1972.

FRANZINELLI, Elena. Arenitos asfálticos do Estado de São Paulo. 1972. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44132/tde-21072016-163100/ptbr.php>.

FÚLFARO, V. J. et al. A Formação Tatuí (P) no Estado de São Paulo. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia. 1984. p. 711-723.

FÚLFARO, Vicente José et al. Compartimentação e evolução tectônica da Bacia do Paraná. Revista Brasileira de Geociências, v. 12, n. 4, p. 590-611, 1982.

GIMENEZ, Viviane Barbosa. Caracterização do padrão estrutural da Formação Irati (Permiano) aplicada à migração de hidrocarbonetos na Bacia do Paraná, região de Rio Claro e Ipeúna (SP). 2015.

GOULART, E. P.; JARDIM, N. S. Avaliação geoquímica das formações Ponta Grossa e Irati-bacia do Paraná. Geologia da Bacia do Paraná-Reavaliação da Potencialidade e Prospectividade em hidrocarbonetos, p. 41-74, 1982.

GROSSI SAD, J.H.; SARAIVA, N.T.A.; PINTO, C.P. Rochas oleígenas da Formação Irati, área da usina industrial. Paraná. Belo Horizonte: GEOSOL. V. 1, 1984. 95 p. (Relatório final)

HETTICH, M. Arenitos oleígenos da Formação Pirambóia. São Paulo—Segunda Parte: cadastramento regional de ocorrências: Internal Report, GEOSOL/SIX, São Mateus do Sul, 1981.

HOLZ, M.; FRANÇA, A. B.; SOUZA, P. A.; IANNUZZI, R.; ROHN, R. A stratigraphic chart of the Late Carboniferous/Permian succession of the eastern border of the Paraná Basin, Brazil, South America. Journal of South American Earth Sciences, v. 29, p. 381-399, 2010.

LISBOA, Álissa Carvalho. Caracterização geoquímica orgânica dos folhelhos neo-permianos da Formação Irati—borda leste da Bacia do Paraná, São Paulo. 2006. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

MAGOON, L.B., e W.G. DOW. (1994) "The Petroleum System" em L.B. Magoon e W.G. Dow, 1994, eds, The Petroleum System -from source to trap: AAPG Memoir 60, p. 3-24. MILANI, E. J.; MELO, J. H. G.; SOUZA, P. A.; FERNANDES, L. A.; FRANÇA, A. B. Bacia do Paraná. Boletim de Geociências da Petrobras, v. 15, n. 2, p. 265-287, 2007.

MEZZALIRA, S. Os fósseis do Estado de São Paulo. São Paulo: Instituto Geológico, 1989.

MICHELIN, C.R.L. Ágata do Distrito Mineiro de Salto do Jacuí (Rio Grande do Sul, Brasil) - uma caracterização com base em técnicas estratigráficas, petrográficas, geoquímicas e isotópicas. Porto Alegre, 2014. 162p. Tese (Doutorado em Geociências), Instituto de

MILANI, E. J.; RAMOS, V. A. Orogenias Paleozóicas no domínio sul-ocidental do Gondwana e os ciclos de subsidência da Bacia do Paraná. Revista Brasileira de Geociências, vol. 28, ed. 4, pág. 473-484, 1998.

MILANI, E.J, MELO, J.H.G, SOUZA, P.M., FERNANDES, L.A., FRANÇA, A.B. (2007). "Bacia do Paraná". In: Boletim de Geociências da Petrobras, Rio de Janeiro, v.15, n.2, p. 265-287.

MILANI, E.J. & ZALÁN, P.V., 1998. Brazilian Geology Part I: The geology of Paleozoic cratonic basins and Mesozoic interior rifts of Brazil. In: 1998 AAPG International Conference & Exhibition, Rio de Janeiro, Brasil. Short Course Notes. 184p.

MIOTTO, Rodrigo de Andrade. Arenitos asfálticos da borda leste da Bacia Do Paraná: fatores estratigráficos e estruturais relacionados à acumulação de óleo em arenitos da Formação Pirambóia. 2012

MORAIS FILHO, M. C.; CORIOLANO, A. C. F. BIORREMEDIAÇÃO, UMA ALTERNATIVA NA UTILIZAÇÃO EM ÁREAS DEGRADADAS PELA INDÚSTRIA PETROLÍFERA HOLOS, vol. 7, 2016, pp. 133-150 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte Natal, Brasil

NARDY, A.J.R.; OLIVEIRA, M.A.F., Betancourt, R.H.S., Verdugo, D.R.H. Machado, F.B. (2002). Geologia e Estratigrafia da Formação Serra Geral. *Revista Geociências*, 21(2):15-32.

OLIVEIRA, E.P. (1920) "Rochas petrolíferas do Brasil". Rio de Janeiro, Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, p.101-102.

PAIVA, Glycon de. História da campanha de sondagens para pesquisa de petróleo na área de São Pedro - SP - (1921-1934). Coordenadoria da pesquisa de recursos naturais. Instituto geográfico e geológico. 1975. p. 78.

PAULA E SILVA, F.; CHANG, H. K.; CAETANO-CHANG, M. R.; SINELLI, O. Arcabouço geológico e hidrofácies do Sistema Aquífero Guarani, no município de Ribeirão Preto (SP). *Revista Brasileira de Geociências*, v. 38, n. 1, p. 56–67, 2008.

PENTEADO, M. M. Geomorfologia do Setor Centro-Occidental da Depressão Periférica Paulista. Instituto de Geografia, USP, 1976. (Série Teses e Monografias, n. 22).

PERINOTTO, J. A. J.; ZAINÉ, M. F. Patrimônios naturais e história geológica da região de Rio Claro-SP. *Rev. Arq. Púb. Hist. Município de Rio Claro*, v. 1, 2008.

PETRI, S.; SOUZA, P. A. Síntese dos conhecimentos e novas concepções sobre a bioestratigrafia do subgrupo Itararé, bacia do Paraná, Brasil. *Revista do Instituto Geológico*, v. 14, n. 2, p. 7-18, 1993. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5935/0100-929x.19930006>. Acesso em: 03 jun. 2023.

QUADROS, L. P.; SILVA SANTOS, A. Efeito das intrusões de diabásio sobre o conteúdo orgânico das rochas sedimentares. In: Congresso Brasileiro de Geologia, Balneário de Camburiú. *Anais Sociedade Brasileira de Geologia*. 1980. p. 410-422.

RAMOS, Alessandro da Silva. Caracterização geoquímica e mineralógica de folhelhos aplicada à exploração de gás e óleo em reservatórios não convencionais: formações Irati e Palermo (bacia do Paraná) no Rio Grande do Sul. 2014. Dissertação de Mestrado. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

RICCOMINI, C.; CHAMANI, M. A. C.; AGENA, S. S.; FAMBRINI, G. L.; FAIRCHILD, T. R.; COIMBRA, A. M. Earthquake-induced liquefaction features in the Corumbataí

Formation (Permian, Paraná Basin, Brazil) and the dynamics of Gondwana. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 64(3), p. 210, 1992.

RIFFEL, S. H. 2020. Modelo de trapa estrutural em carbonatos fraturados com falhas selantes: exemplo da Formação Irati em Saltinho – SP. Dissertação de Mestrado - Instituto de Geociências e Ciências Exatas de Rio Claro, UNESP, Rio Claro.

SCHNEIDER, R. L. et al. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. *Anais do XXVIII Congresso Brasileiro de Geologia*. p. 41-65. 1974.

SCHNEIDER, R. L.; MUHLMANN, H.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R. A.; DAEMON, R. F.; NOGUEIRA, A. A. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28., Porto Alegre, 1974. *Anais*, Porto Alegre: SBG, v. 1, p. 41-65, 1974.

SIMÕES, M. G.; FITTIPALDI, F. C. Fósseis da região de Rio Claro. *Arquivo do Município de Rio Claro*, Rio Claro, 1992.

SOARES, P. C. Elementos estruturais da parte nordeste da Bacia do Paraná: classificação e gênese. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28., Porto Alegre, 1974. *Anais ...*, Porto Alegre: SBG, v. 4, p. 107-121, 1974.

SOARES, P. C. O limite glacial - pós-glacial do Grupo Tubarão no Estado de São Paulo. *Anais Academia Brasileira de Ciências*, v. 44 (suplemento), p. 333-342, 1972.

SOARES, P. C.; FIORI, A. P. Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em Geologia. *Notícias geomorfológicas*, v. 16, n. 32, p. 71-104, 1976.

SOARES, P. C.; LANDIM, P.M.B. Aspectos regionais da estratigrafia da Bacia do Paraná no seu flanco nordeste. *Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Geologia*. p. 243-256. 1973.

SOARES, Paulo César. Divisão estratigráfica do Mesozóico no Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, vol. 5, p. 229-251. 1975.

SOARES, Paulo César. Elementos estruturais da parte Nordeste da Bacia do Paraná: Classificação e Gênese. Anais do XXVIII Congresso Brasileiro de Geologia, Rio Claro, p. 107-121. 1974.

SOARES, Paulo César. O Mesozóico Gonduânico no Estado de São Paulo. 1973. 152 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geologia, Departamento de Geologia e Mineralogia, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Rio Claro, Rio Claro, 1973. Cap. 1.

SOUSA, M. O. L. Caracterização Estrutural do Domo de Pitanga – SP. Dissertação (Mestrado em Geociências). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 116 f. 1997;

SOUSA, M.O.L. & MORALES, N. Evolução Tectônica do Alto Estrutural de Pitanga - SP. Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos (SNET), 7, Lençóis - BA, Sessão 4, p.: 40 – 42. 1999.

STEVAUX, J. C.; SOUZA FILHO, E. E.; FULFARO, V. J. Trato deposicional da Formação Tatuí (P) na área aflorante do nordeste da Bacia do Paraná, Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34., Goiânia, 1986. Anais ..., Goiânia: SBG, v.1, p. 219-229, 1986.

TEIXEIRA, Carlos Alberto Siragusa e SAWAKUCHI, André Oliveira e BELLO, Rosa Maria da Silveira. Estudo de inclusões fluidas do sistema petrolífero Irati-Pirambóia/Rio Bonito, da Bacia do Paraná. 2016, Anais.. São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 2016. Disponível em: <http://cbg2017anais.siteoficial.ws/st06/ID7584.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2024.

TEIXEIRA, Carlos Alberto Siragusa. História térmica e dinâmica de hidrocarbonetos e fluidos aquosos em folhelhos permianos da Bacia do Paraná. 2019. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

THOMAZ-FILHO, A., MIZUZAKI, A. M. P.; ANTONIOLI, L. Magmatismo nas bacias sedimentares brasileiras e sua influência na geologia do petróleo. Revista Brasileira de Geociências. 38(2). p128-137. 2008;

TRIGUIS, J.A. (1986) "An organic geochemical investigation of heat-effected sediments in the Paraná Basin (Brazil)." Newcastle, UK, 140p. (Tese – Doutorado) - University of Newcastle Upon Tyne.

VESELY, Fernando Farias et al. Seqüências e tratos de sistemas deposicionais do Grupo Itararé, norte do Estado do Paraná. Revista Brasileira de Geociências, v. 34, n. 2, p. 219-230, 2004.

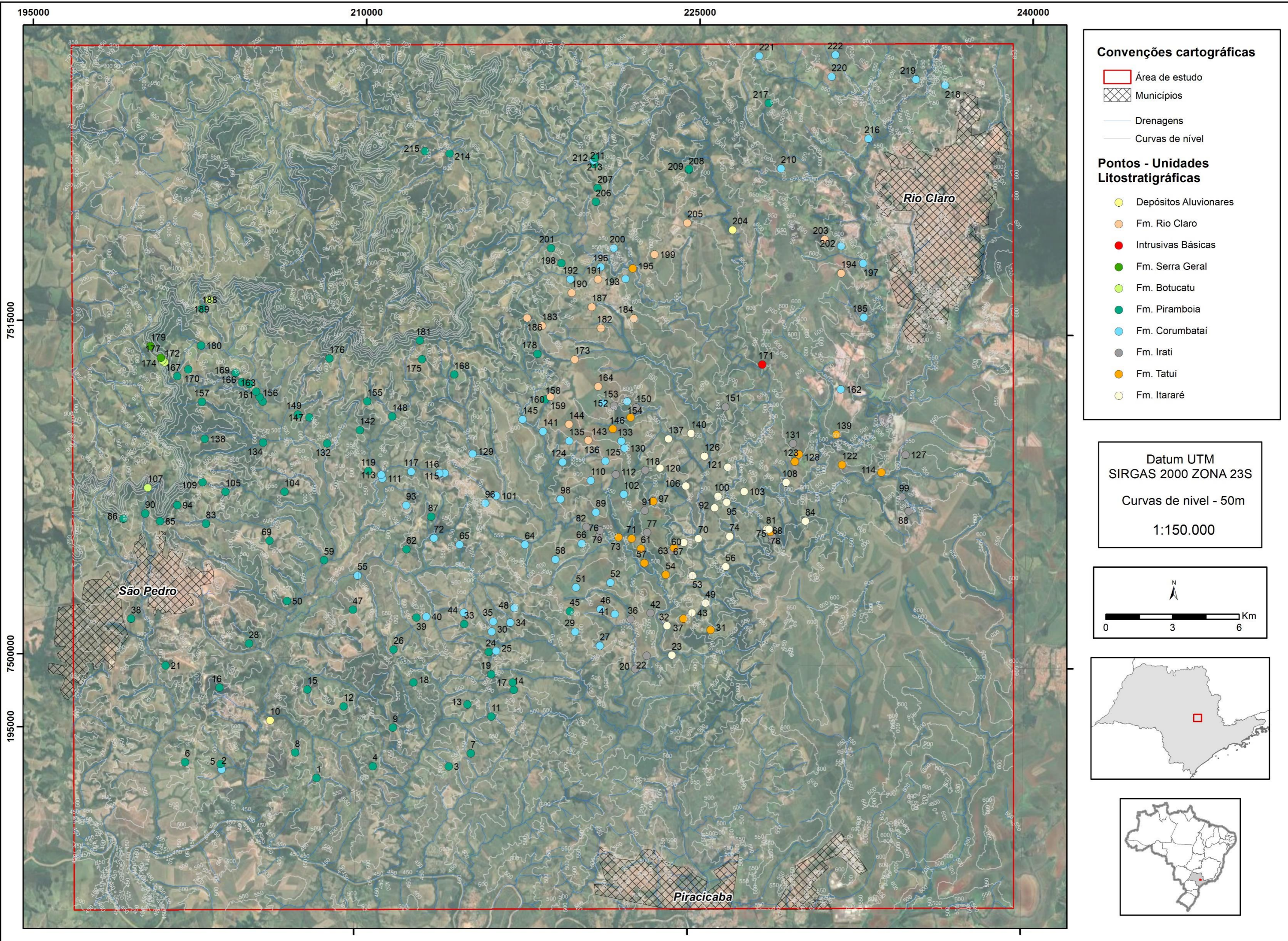
WASHBURNE, Chester W. Petroleum geology of the state of Sao Paulo, Brazil. AAPG Bulletin, v. 26, n. 6, p. 1163-1165, 1942.

ZACHARIAS, Angélica Álida Zacharias. Geologia do petróleo de São Pedro-SP: Atualização dos dados e reavaliação das informações disponíveis. 2002.

ZAINE, M. F.; PERINOTTO, J. A. J. Patrimônios naturais e história geológica da região de Rio Claro-SP. Rio Claro: Câmara Municipal de Rio Claro, 1996.

ZALÁN, Pedro Victor et al. Bacia do Paraná. Origem e evolução das bacias sedimentares, p. 135-168, 1990.

APÊNDICE I - MAPA DE PONTOS



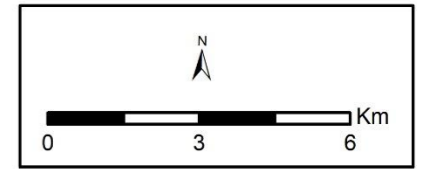
Convenções cartográficas

- Área de estudo
- Municípios
- Drenagens
- Curvas de nível

Pontos - Unidades Litostratigráficas

- Depósitos Aluvionares
- Fm. Rio Claro
- Intrusivas Básicas
- Fm. Serra Geral
- Fm. Botucatu
- Fm. Piramboia
- Fm. Corumbataí
- Fm. Irati
- Fm. Tatuí
- Fm. Itararé

Datum UTM
 SIRGAS 2000 ZONA 23S
 Curvas de nível - 50m
 1:150.000



APÊNDICE II - TABELA DE PONTOS

Tabela 2: Pontos realizados na etapa de campo.

Ponto	Unidade litoestratigráfica	sigla	descrição	Coordenadas	
				x	y
01	Fm. Tatuí	Pt		233453,65	7508715,44
02	Grupo Itararé	PCi		229170,53	7508204,16
03	Grupo Itararé	PCi		227290,56	7507768,46
04	Grupo Itararé	PCi		226509,19	7507270,74
05	Grupo Itararé	PCi		226114,76	7507540,71
06	Grupo Itararé	PCi		225257,16	7505625,44
07	Fm. Tatuí	Pt		224164,53	7505187,38
08	Fm. Irati	Pi		224049,24	7505055,48
09	Fm. Tatuí	Pt		221660,15	7505628,31
10	Fm. Corumbataí	Pc	diques clásticos	220891,22	7500731,92
11	Grupo Itararé	PCi	região afetada pelo domo de pitanga	226532,71	7508854,62
12	Fm. Irati	Pi		222501,42	7499718,21
13	Fm. Irati	Pi	Tatuí	223008,93	7500313,09
14	Grupo Itararé	PCi		224142,64	7500352,85
15	Grupo Itararé	PCi		225616,30	7502720,09
16	Grupo Itararé	PCi		226505,37	7504373,57
17	Grupo Itararé	PCi		228334,76	7506083,75
18	Grupo Itararé	PCi		228426,73	7506094,16
19	Fm. Tatuí	Pt	arenito com concreções de sílex	228502,71	7505978,77
20	Fm. Irati	Pi	sílex em matriz siltosa alterada	228569,56	7505779,66
21	Fm. Irati	Pi		228585,10	7505628,20
22	Depósitos Aluvionares	Qa		206103,99	7497163,67
23	Fm. Piramboia	Pp		203800,79	7498602,08
24	Fm. Piramboia	Pp		201355,76	7499558,81
25	Fm. Piramboia	Pp		205094,72	7500605,48
26	Fm. Piramboia	Pp		207753,80	7498576,88
27	Fm. Piramboia	Pp		209401,80	7497840,09
28	Fm. Piramboia	Pp		211631,40	7496913,29
29	Fm. Piramboia	Pp		210747,24	7495163,92
30	Fm. Piramboia	Pp		214170,18	7495197,16
31	Fm. Piramboia	Pp		215153,60	7495806,84
32	Fm. Piramboia	Pp		216055,50	7497473,78

33	Fm. Piramboia	Pp		214972,81	7498003,80
34	Fm. Piramboia	Pp		217046,57	7498695,49
35	Fm. Piramboia	Pp		216992,15	7499025,46
36	Fm. Piramboia	Pp		216027,85	7499375,28
37	Fm. Corumbataí	Pc		216227,41	7500436,63
38	Fm. Piramboia	Pp		215897,43	7500382,22
39	Fm. Corumbataí	Pc		217026,01	7502383,22
40	Fm. Corumbataí	Pc		216853,75	7501719,18
41	Fm. Corumbataí	Pc		216075,89	7501757,48
42	Fm. Corumbataí	Pc		216016,49	7501293,55
43	Fm. Corumbataí	Pc		214747,34	7502135,08
44	Fm. Piramboia	Pp	arenito com estratificação cruzada	218277,14	7511785,48
45	Fm. Corumbataí	Pc	siltito arroxeadado	210995,11	7508118,91
46	Fm. Corumbataí	Pc	arenito fino maciço	210940,05	7508283,11
47	Fm. Piramboia	Pp	arenito fino	210360,55	7508447,81
48	Fm. Piramboia	Pp	arenito fino	208477,75	7509663,30
49	Fm. Piramboia	Pp	arenito fino consolidado	207669,59	7510823,16
50	Fm. Piramboia	Pp	arenito com estratificação cruzada	207147,45	7510946,63
51	Fm. Piramboia	Pp	arenito com laminação plano paralela	205561,50	7511500,71
52	Fm. Piramboia	Pp	Arenito fino bege a alaranjado com estratificação cruzada; Paleocorrentes com direção para 210/22, 190/21, 188/17, 188/20, 187/24	205410,77	7511698,77

53	Fm. Piramboia	Pp		205259,30	7511950,43
54	Fm. Piramboia	Pp	Arenito com estratificação cruzada de baixo angulo	204944,65	7512280,31
55	Fm. Piramboia	Pp	arenito muito alterado com estratificação cruzada, finas camadas de siltito	204614,87	7512363,08
56	Fm. Piramboia	Pp		204317,80	7512781,95
57	Fm. Piramboia	Pp		202187,63	7512899,64
58	Fm. Piramboia	Pp	piramboia com intrusão magmática ou contato com Botucatu (solo avermelhado)	201693,96	7512589,68
59	Fm. Botucatu	Jbt	arenito	201112,68	7513213,37
60	Fm. Botucatu	Jbt		201011,71	7513294,19
61	Fm. Serra Geral	Jsg	basalto	200946,83	7513413,09
62	Fm. Piramboia	Pp	Arenito com estratificação cruzada	210767,79	7504986,25
63	Fm. Piramboia	Pp	piramboia	199363,45	7506139,05
64	Fm. Piramboia	Pp	piramboia	199770,39	7501640,37
65	Fm. Piramboia	Pp		212126,16	7504950,15
66	Fm. Corumbataí	Pc		214516,94	7505192,98
67	Fm. Piramboia	Pp		218504,74	7511915,15
67	Fm. Rio Claro	TQrc		218504,74	7511915,15
68	Fm. Corumbataí	Pc		228738,33	7522330,61
69	Fm. Corumbataí	Pc		220686,83	7517782,06
70	Fm. Corumbataí	Pc	mineração aurora	221263,50	7518643,49
71	Fm. Piramboia	Pp		220425,12	7520715,35
72	Fm. Piramboia	Pp		220488,20	7521334,60
73	Fm. Piramboia	Pp		220324,27	7522408,60
74	Fm. Corumbataí	Pc	basalto na cota 590m	220301,02	7522580,36

75	Fm. Piramboia	Pp	solo arenoso	220360,39	7522687,71
76	Fm. Piramboia	Pp	possível intrusão na Fm. Piramboia	224580,46	7522209,52
77	Fm. Piramboia	Pp		224593,37	7522250,30
78	Fm. Piramboia	Pp		213804,57	7522791,40
79	Fm. Piramboia	Pp		212706,22	7522878,15
88	Fm. Corumbataí	Pc		231112,51	7527485,50
89	Fm. Corumbataí	Pc		230958,41	7526498,69
90	Fm. Corumbataí	Pc	extração de argila	227678,72	7527387,01
91	Fm. Piramboia	Pp	siltito dobrado ou inclinado, finas camadas de argilito, siltito e arenito	228139,07	7525268,18
92	Fm. Irati	Pi	carbonato, rocha clara, coloração branca, dura com feições carbonáticas	234390,00	7507630,00
93	Fm. Corumbataí	Pc		203953,63	7494916,27
94	Fm. Piramboia	Pp		203900,42	7495163,57
95	Fm. Piramboia	Pp		202295,34	7495222,92
96	Fm. Piramboia	Pp	arenito estratificação cruzada e lentes de silte	208225,12	7494598,02
97	Fm. Piramboia	Pp		207249,52	7495724,96
98	Fm. Piramboia	Pp		214771,33	7501622,74
99	Fm. Corumbataí	Pc		213063,44	7501928,67
100	Fm. Piramboia	Pp		212617,48	7501889,11
101	Fm. Piramboia	Pp		211613,25	7500435,68
102	Fm. Piramboia	Pp		212527,77	7498960,53
103	Fm. Piramboia	Pp		209751,92	7502194,73
104	Fm. Piramboia	Pp		208429,75	7504408,17
105	Fm. Corumbataí	Pc		209944,51	7503735,59
106	Fm. Piramboia	Pp		205953,33	7505248,68

107	Fm. Piramboia	Pp		203081,76	7505967,67
108	Fm. Piramboia	Pp		201013,23	7506053,36
109	Fm. Piramboia	Pp		200346,79	7506390,97
110	Fm. Piramboia	Pp		201779,78	7506792,19
111	Fm. Botucatu	Jbt		200445,70	7507550,08
112	Fm. Piramboia	Pp		202905,77	7507833,94
113	Fm. Piramboia	Pp		203937,18	7507418,94
114	Fm. Piramboia	Pp		206599,27	7507457,66
115	Fm. Piramboia	Pp		205608,03	7509659,37
116	Fm. Piramboia	Pp		202976,60	7509786,48
117	Fm. Piramboia	Pp		202820,04	7511454,56
118	Fm. Piramboia	Pp		202750,17	7513983,90
119	Fm. Piramboia	Pp		208529,22	7513489,11
120	Fm. Piramboia	Pp		212584,98	7514358,47
121	Fm. Piramboia	Pp		212696,45	7513516,64
122	Fm. Piramboia	Pp		214161,61	7512843,34
123	Fm. Piramboia	Pp		210260,43	7511579,31
124	Fm. Piramboia	Pp		211394,65	7510917,74
125	Fm. Piramboia	Pp		209948,49	7510284,79
126	Fm. Corumbataí	Pc		212290,53	7508450,03
127	Fm. Corumbataí	Pc		213548,13	7508402,17
128	Fm. Corumbataí	Pc		213796,15	7508405,78
129	Fm. Corumbataí	Pc		215040,29	7509283,86
130	Fm. Corumbataí	Pc		216125,93	7507414,29
131	Fm. Corumbataí	Pc		215634,69	7507076,38
132	Fm. Piramboia	Pp		213212,98	7506429,25
133	Fm. Corumbataí	Pc		213359,21	7505472,15
134	Fm. Corumbataí	Pc		212081,17	7506925,47
135	Fm. Piramboia	Pp		206782,31	7502543,83
136	Fm. Botucatu	Jbt		203101,11	7516038,42
137	Fm. Piramboia	Pp		202762,77	7515649,81
138	Fm. Tatuí	Pt		231399,01	7510391,24
139	Fm. Irati	Pi		234529,22	7509537,17
140	Fm. Tatuí	Pt		231678,71	7509035,28
141	Fm. Irati	Pi		234709,17	7506988,93

142	Grupo Itararé	PCi		230066,70	7506478,62
143	Fm. Tatuí	Pt		229551,56	7509149,00
144	Fm. Tatuí	Pt		229726,69	7509479,67
145	Fm. Irati	Pi		229455,05	7509962,60
146	Fm. Corumbataí	Pc		219025,19	7507307,20
147	Fm. Corumbataí	Pc		219096,19	7508975,29
148	Fm. Corumbataí	Pc		219375,99	7509931,96
149	Fm. Rio Claro	TQrc	solo arenoso com alguns seixos em cota alta	220232,81	7509968,24
150	Fm. Corumbataí	Pc		221024,11	7509050,96
151	Fm. Corumbataí	Pc		220378,06	7508168,34
152	Fm. Corumbataí	Pc		220629,00	7506743,09
153	Fm. Irati	Pi		220210,12	7506070,17
154	Fm. Corumbataí	Pc		220006,68	7505321,01
155	Fm. Irati	Pi		220787,91	7505641,97
156	Fm. Irati	Pi		220823,55	7505920,33
157	Fm. Tatuí	Pt		222676,75	7505129,63
158	Fm. Tatuí	Pt		222249,41	7505583,84
159	Fm. Irati	Pi		222943,91	7505863,85
160	Fm. Irati	Pi		222826,42	7506846,49
161	Grupo Itararé	PCi		224601,32	7505435,46
162	Fm. Tatuí	Pt		223201,27	7507272,68
163	Fm. Corumbataí	Pc		221871,22	7507570,87
164	Grupo Itararé	PCi		223481,16	7508769,16
165	Fm. Irati	Pi		222815,86	7508664,22
166	Fm. Irati	Pi		221501,14	7508454,58
167	Fm. Corumbataí	Pc		221880,78	7509642,92
168	Fm. Corumbataí	Pc		221733,30	7509958,31
169	Grupo Itararé	PCi		223842,96	7510092,19
170	Grupo Itararé	PCi		224863,21	7510353,11
171	Grupo Itararé	PCi		225473,35	7509337,94

172	Grupo Itararé	PCi		224659,62	7507976,59
173	Grupo Itararé	PCi		225967,50	7507019,19
174	Grupo Itararé	PCi		226660,82	7505743,26
175	Fm. Tatuí	Pt		222127,22	7517733,57
176	Fm. Corumbataí	Pc		221810,14	7517265,36
177	Fm. Rio Claro	TQrc		220565,95	7517228,21
178	Fm. Piramboia	Pp		218437,56	7518600,76
179	Fm. Piramboia	Pp		218910,94	7517928,12
180	Fm. Corumbataí	Pc		219327,83	7517210,20
181	Fm. Rio Claro	TQrc		220311,12	7515973,42
182	Fm. Rio Claro	TQrc		219393,84	7516601,50
183	Fm. Rio Claro	TQrc		222204,35	7515486,55
184	Fm. Rio Claro	TQrc		220731,33	7515026,93
185	Fm. Piramboia	Pp		217897,28	7513829,89
186	Fm. Rio Claro	TQrc		218082,08	7515096,36
187	Fm. Rio Claro	TQrc		217403,88	7515442,13
188	Fm. Rio Claro	TQrc		219577,20	7513600,29
189	Fm. Corumbataí	Pc		220875,51	7511663,16
190	Fm. Rio Claro	TQrc		220648,92	7512396,55
191	Fm. Tatuí	Pt		221330,51	7510507,60
192	Fm. Tatuí	Pt		222129,49	7511027,28
193	Fm. Irati	Pi		221372,61	7511543,38
194	Fm. Corumbataí	Pc		221960,14	7511755,14
195	Fm. Irati	Pi		222370,56	7511481,68
196	Fm. Rio Claro	TQrc		219359,17	7510688,51
197	Fm. Corumbataí	Pc		218195,69	7510341,35
198	Fm. Corumbataí	Pc		217273,45	7510874,10
199	Fm. Corumbataí	Pc		217453,01	7505232,32
200	Fm. Corumbataí	Pc		218838,39	7504585,64
201	Fm. Corumbataí	Pc		219777,36	7503339,75
202	Fm. Piramboia	Pp		219517,77	7502266,94
203	Fm. Corumbataí	Pc		219774,70	7501339,24

204	Fm. Corumbataí	Pc		220902,66	7502382,34
205	Fm. Corumbataí	Pc		221551,41	7502169,50
206	Fm. Irati	Pi		222263,80	7501947,00
207	Fm. Irati	Pi		223148,71	7502235,07
208	Grupo Itararé	PCi		223897,78	7501674,40
209	Fm. Tatuí	Pt		225868,84	7501512,55
210	Grupo Itararé	PCi		225021,61	7502272,89
211	Fm. Tatuí	Pt		224644,50	7502002,80
212	Grupo Itararé	PCi		225007,72	7503955,62
213	Fm. Tatuí	Pt		223811,47	7503969,98
214	Fm. Tatuí	Pt		222840,79	7504485,09
215	Fm. Corumbataí	Pc		221331,41	7503580,39
216	Fm. Rio Claro	TQrc		223096,53	7518383,32
217	Fm. Rio Claro	TQrc		224557,42	7519822,88
218	Depósitos Aluvionares	Qa		226593,82	7519534,97
219	Fm. Rio Claro	TQrc		230748,21	7519172,01
220	Fm. Corumbataí	Pc		231493,28	7518886,48
221	Fm. Corumbataí	Pc		232499,40	7518117,86
222	Fm. Rio Claro	TQrc		231511,13	7517658,94
223	Fm. Corumbataí	Pc		232650,64	7523729,83
224	Fm. Corumbataí	Pc		234749,47	7526427,64
225	Fm. Corumbataí	Pc		236065,36	7526192,75
226	Fm. Irati	Pi		226392,09	7511572,51
227	Intrusivas Básicas	Jkd		228015,22	7513501,32
228	Fm. Corumbataí	Pc		231566,00	7512431,01
229	Fm. Corumbataí	Pc		232555,96	7515684,25

APÊNDICE III – TABELA DE INFORMAÇÕES SOBRE PERFIS COMPOSTOS

Tabela 3: Informações sobre os perfis compostos - 1/3

POCO	CADASTRO	ESTADO	BACIA	BLOCO	T/M	TIPO	CATEGORIA	RECLASSIFICACAO
1-PG-1-SP	8,63E+11	SP	Paraná	Brasil	T	1	Pioneiro	SECO SEM INDÍCIOS
1-AS-1-SP	8,63E+11	SP	Paraná	Brasil	T	1	Pioneiro	SECO SEM INDÍCIOS
1-AT-1-SP	8,63E+11	SP	Paraná	Brasil	T	1	Pioneiro	SECO SEM INDÍCIOS

Fonte: BRASIL. Ministério de Minas e Energia (2024)

Tabela 4: Informações sobre os perfis compostos - 2/3

POCO	SITUACAO	INÍCIO	TÉRMINO	CONCLUSÃO	TITU	LAT	LONG	DATUM
1-PG-1-SP	ABANDONADO PERMANENTE	25/10/1957	18/01/1958	18/01/1958	Público	- 22,5448	- 47,640626	SIRGAS2000
1-AS-1-SP	ABANDONADO PERMANENTE	06/02/1958	18/04/1958	18/04/1958	Público	- 22,5172	- 47,582337	SIRGAS2000
1-AT-1-SP	ABANDONADO POR LOGÍSTICA EXPLORATÓRIA	20/08/1971	03/09/1971	03/09/1971	Público	- 22,6681	- 47,805367	SIRGAS2000

Fonte: BRASIL. Ministério de Minas e Energia (2024)

Tabela 5: Informações sobre perfis compostos – 3/3

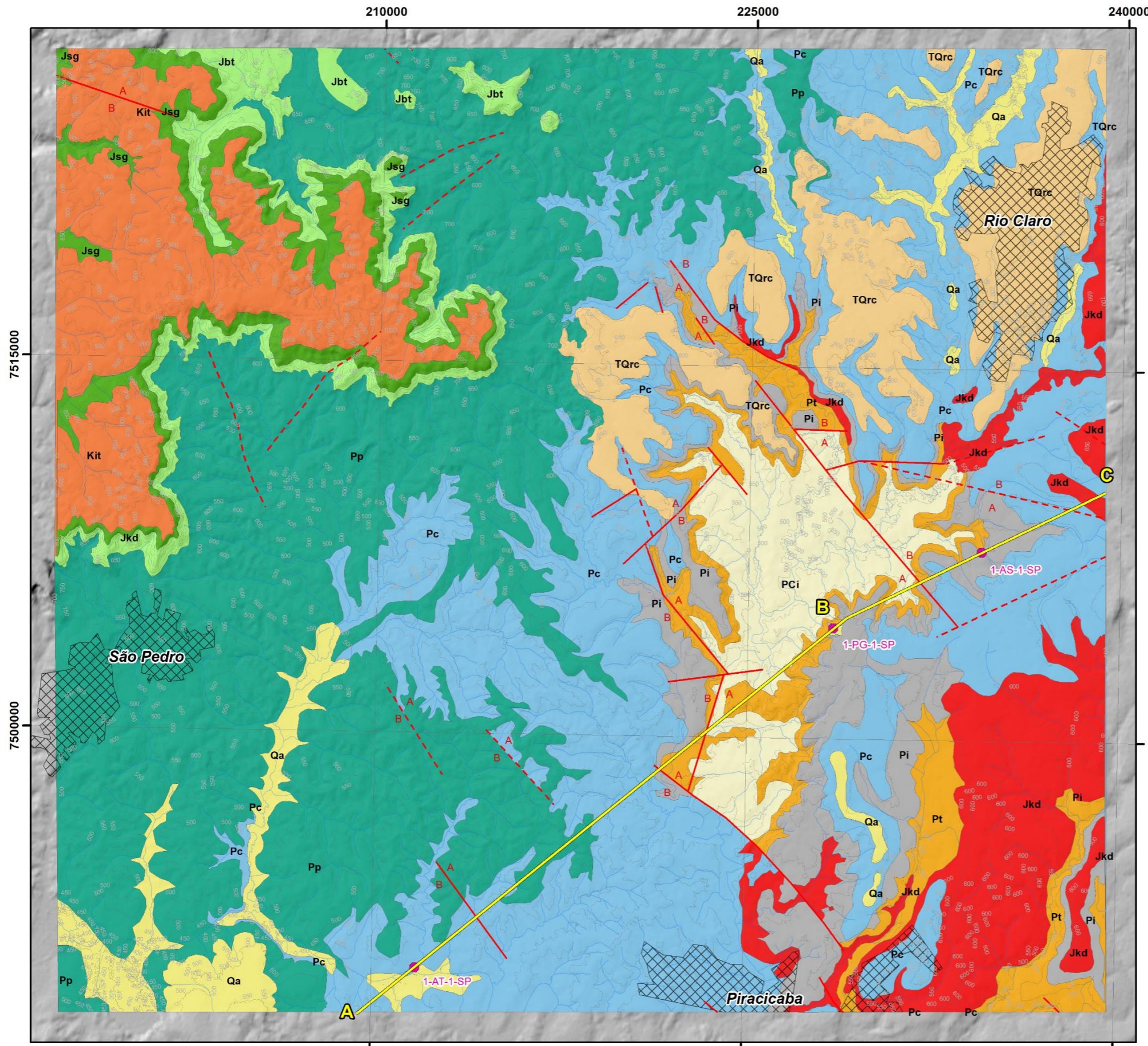
POCO	DIREC AO	PRO F	RE F	MESA ROTATI VA	AGP	PC	PERFIS DIGITA IS	GEO Q	SIG_SON DA	NOME SONDA	ATUALIZA ÇÃO
1-PG-1-SP	Vertical	1228	M R	637	Exis te	Exis te	Existe		SC-43	SONDA CONVENCIO NAL 43	17/11/2024
1-AS-1-SP	Vertical	1335,3	M R	543	Exis te	Exis te	Existe	Exist e	SC-43	SONDA CONVENCIO NAL 43	17/11/2024
1-AT-1-SP	Vertical	1259	M R	465	Exis te	Exis te	Existe	Exist e	SC-60	SONDA CONVENCIO NAL 60	17/11/2024

Fonte: BRASIL. Ministério de Minas e Energia (2024)

Tabela 6: Siglas referente aos perfis compostos.

SIGLA	
T/M	Terra ou Mar
TITU.	Titularidade
LAT	Latitude
LONG	Longitude
PROF	Profundidade
REF	Referência
GEOQ	Geoquímica

APÊNDICE IV- MAPA GEOLÓGICO



Unidades Litoestratigráficas

QUATERNÁRIO

- Qa** Depósitos Aluvionares (Qa): Sedimentos não consolidados. Areia, cascalho, silte, argila. Ambiente continental fluvial
- TQrc** Fm. Rio Claro (TQrc): Arenitos médio a grosso inconsolidado.

TERCIÁRIO

- Kit** Fm. Itaqueri (Kit): Arenito muito fino a grosso, com silte, silicificado de matriz argilosa. Folhelho e conglomerado. Ambiente Flúvio-continental

CRETÁCEO

- Jkd** Intrusivas Básicas (Jkd): Soleiras de basalto e diabásio e diques de diabásio.
- Ksg** Fm. Serra Geral (Ksg): Basalto e andesito basáltico tholeiítico. Intercaladas camadas de arenito

JURÁSSICO

- Jbt** Fm. Botucatu (Jbt): Arenito fino a grosso de cor vermelha, grãos bem arredondados e com alta esfericidade, com estratificação cruzada de grande porte. Ambiente continental desértico (dunas eólicas).

TRIÁSSICO

- Tp** Fm. Piramboia (Tp): Arenito médio e fino com cores esbranquiçadas, avermelhadas e alaranjadas, estratificação cruzada de pequeno porte. Ambiente continental eólico.

PERMIANO

- Pc** Fm. Corumbatai (Pc): Siltito argiloso, folhelho siltoso e eventualmente arenitos, calcário micrítico maciço ou laminado. Intercalações. Ambiente marinho e transicional entre costa-afora e face de praia.
- Pi** Fm. Irati (Pi): Folhelhos, siltito e argilito cinza escuro, calcário, margas e folhelho betuminoso com fósseis de répteis mesossaurídeos. Ambiente marinho.
- Pt** Fm. Tatuí (Pt): Siltito e siltito arenoso de cor cinza a alaranjado. Arenito fino quartzoso (Camada Ibicatu). Ambiente marinho raso.
- PCi** Grupo Itararé indiviso (PCi): Arenitos, tilitos, siltitos, folhelho, ritmito, conglomerado e raras camadas de carvão. Ambiente glácio-marinho

GRUPO SÃO BENTO

GRUPO PASSA DOIS

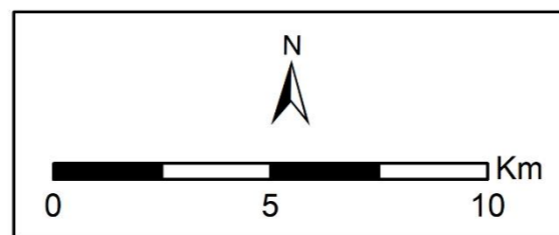
GRUPO GUATÁ

Convenções geológicas

- Falhas definidas
- - - Falhas inferidas
- Perfil composto
- Seção Geológica

Convenções cartográficas

- Área de estudo
- Municípios
- Drenagens
- Curvas de nível

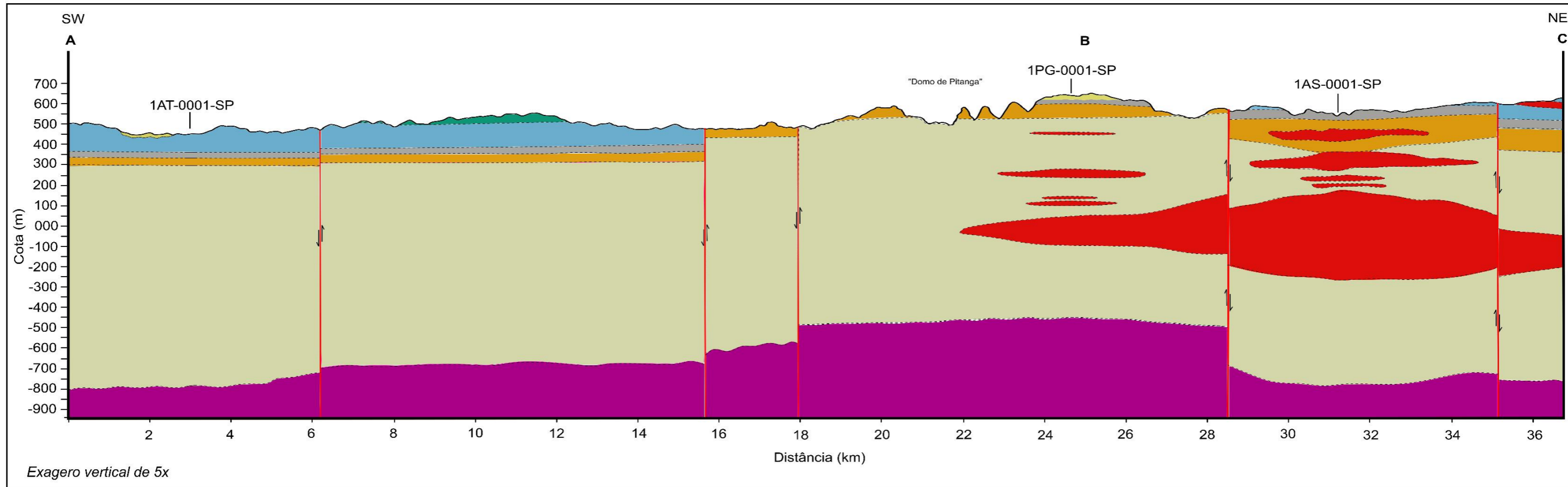


Datum UTM
SIRGAS 2000 ZONA 23S
Curvas de nível - 50m
1:175.000

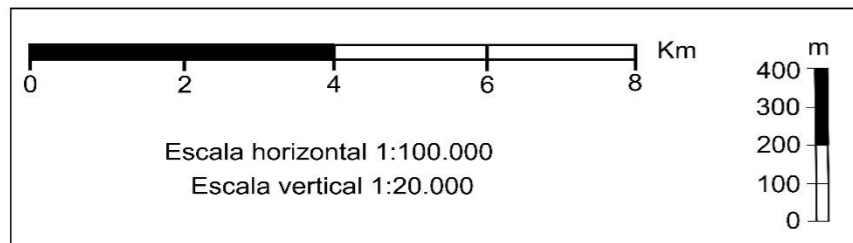
ÉON	ERA	PERÍODO	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	
			BACIA DO PARANÁ	
FANEROZOICO	CENOZOICO	NEÓGENO	Qa	TQrc
		PALEÓGENO		
	MESOZOICO	CRETÁCEO	Kit	Jkd
		JURÁSSICO	Ksg	Jbt
		TRIÁSSICO	Pc	
		PERMIANO	Tp	
	PALEOZOICO	CARBONIFERO	PCi	Pi Pt

APÊNDICE V – MODELO GEOLÓGICO 2D

Seção A - B - C











Exagero vertical de 5x







LEGENDA

Unidades Litoestratigráficas

	Depósitos Aluvionares		Formação Irati
	Intrusivas básicas		Formação Tatuí
	Formação Piramboia		Formação Itararé
	Formação Corumbataí		Embasamento

Elementos Estruturais

-  Falhas inferidas
-  Indicação de movimento de falha
-  Contato inferido
-  Contato definido

