

Trabalho de Formatura
Curso de Graduação em Geologia

INVESTIGAÇÃO SOBRE DEFORMAÇÃO NEOTECTÔNICA NO LINEAMENTO
GUAPIARA, REGIÃO DE OURINHOS, FARTURA – SP E SANTO ANTONIO DA
PLATINA - PR

Igor Pelaes

Orientador: Prof. Dr. Norberto Morales

Rio Claro (SP)

2013

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS
CAMPUS DE RIO CLARO – SP
CURSO DE GEOLOGIA**

IGOR PELAES

**INVESTIGAÇÃO SOBRE DEFORMAÇÃO
NEOTECTÔNICA NO LINEAMENTO GUAPIARA,
REGIÃO DE OURINHOS, FARTURA – SP E SANTO
ANTONIO DA PLATINA – PR**

Orientador: Prof. Dr. Norberto Morales

*Trabalho de Formatura do Curso de Geologia do
Instituto de Geociências e Ciências Exatas – UNESP,
campus de Rio Claro, como parte das exigências para o
cumprimento da disciplina Trabalho de Formatura no
ano letivo de 2013*

RIO CLARO – SP

2013

551.8 Pelaes, Igor
P381i Investição sobre deformação neotectônica no
Lineamento Guapiara, região de Ourinhos, Fartura - SP e
Santo Antonio da Platina - PR / Igor Pelaes. - Rio Claro, 2013
57 f. : il., figs., fots., mapas

Trabalho de conclusão de curso (Geologia) - Universidade
Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Orientador: Norberto Morales

1. Geologia estrutural. 2. Diques. 3. Arco de Ponta Grossa.
I. Título.

INVESTIGAÇÃO SOBRE DEFORMAÇÃO NEOTECTÔNICA NO
LINEAMENTO GUAPIARA, REGIÃO DE OURINHOS, FARTURA - SP E
SANTO ANTONIO DA PLATINA – PR

Trabalho de Formatura 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

Prof. Dr. Norberto Morales (orientador)

Departamento de Petrologia e Metalogenia – UNESP Rio Claro

Prof. Dr. Mario Lincoln de Carlos Etchebehere

Departamento de Geologia Aplicada – UNESP Rio Claro

Prof. Dr. George Luiz Luvizotto

Departamento de Petrologia e Metalogenia – UNESP Rio Claro

Rio Claro, 18 de novembro de 2013

Assinatura do aluno

assinatura do orientador

Dedico este trabalho para a Preta, minha falecida cachorra e para todos os meus familiares que sempre me apoiaram.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais pelo apoio moral e incentivo que me foi dado durante todo o meu período de graduação. Nos próximos anos, prometo retribuí-los da melhor forma possível e sempre me lembrando da minha origem humilde.

Ao Norberto, pela assistência e conversa que tivemos durante a etapa de campo e pelos ensinamentos referentes à geologia.

Ao Programa Interno de Bolsas de Iniciação Científica da UNESP – PIBIC UNESP Reitoria e PIBIC UNESP CNPQ, pela concessão da bolsa de iniciação científica.

Aos meus companheiros de sala, no qual sempre me lembrarei dos bons momentos que passamos juntos e em especial nos churrascos e nos trabalhos de campo que foram eternizados em minha memória.

Ao meu colega de classe Paulo, pela discussão sobre os assuntos que envolveram a confecção deste trabalho.

Aos meus amigos Paulo Ricardo Higassiaragutti Rocha, Murilo Forlevesi, Oani da Silva da Costa e Roberto Issamo Kyoto (Mestre), pelo convívio na república Barril durante o período universitário. Irei me lembrar de todos os acontecimentos que ocorreram, desde discussões até os momentos engraçados, os quais irão fazer parte de mim eternamente. Sem dúvida, tornaram-se irmãos, companheiros e amigos pelo resto da minha vida.

Falando em amigos, será que alguém tem?

RESUMO

Este trabalho foi realizado no sudoeste do estado de São Paulo e noroeste do estado do Paraná ao longo do Lineamento Guapiara, de direção NW-SE, na borda do Arco de Ponta Grossa. Esse lineamento é caracterizado por um enxame de diques de diabásio, do Mesozoico, que se encaixaram nos principais planos de falhas e juntas formados durante a ruptura do Continente Gondwana. Através de mapas temáticos obtidos e pelo trabalho de campo, notou-se um importante controle na geomorfologia, condicionado por juntas e falhas que são responsáveis por gerar alinhamentos de direção NW-SE, seguida de NE-SW. As feições estruturais mapeadas foram: juntas, falhas normais, transcorrentes dextrais, transcorrentes sinistrais e inversa que deformam rochas sedimentares de Bacia do Paraná e diques de diabásio, basaltos e riólitos da Formação Serra Geral. Também foram mapeados oito diques, sendo que sete possuem direção marcante NW-SE e apenas um de direção NNE-SSW. A superposição das falhas indica mais de um pulso deformacional no quadro evolutivo. As juntas e falhas que deformam os diques e basaltos evidenciam uma atividade tectônica pós-magmatismo básico mesozoico relacionado à quebra do continente Gondwana e algumas destas estruturas representam indícios de deformação neotectônica no Lineamento Guapiara.

Palavras-chave: Dique, Falha, Lineamento, Neotectônica.

ABSTRACT

This study was done in the SW of the state of São Paulo and in the NE of the state of Paraná along the Guapiara Lineament, with a NW-SE direction, located on the boundary of the Ponta Grossa Arch. This lineament is characterized by a swarm of diabase dikes that belong to the Mesozoic period, which follow the main joints and fault planes developed during the rupture of the Gondwana Continent. Using thematic maps and field work, an important control in the geomorphologic features was noticed, conditioned by joints and faults which are responsible for alignments striking mainly NW-SE, and secondarily to the NE-SW direction. The major structural features mapped were joints and normal, strike-slip right-lateral, strike-slip left-lateral and reverse faults that deform sedimentary rocks in the Paraná Basin and diabase, basaltic and rhyolites dikes of the Serra Geral Formation. Eight dikes were mapped seven of them are in the NW-SE direction and one strikes NNW-SSW. The analysis of the faults demonstrates more than one deformational event into the evolutionary framework. The joints and faults deforming the dikes and basaltic rocks indicate post-Mesozoic tectonic activity, related to the rupture of the Gondwana Continent. Some of these structures denoted evidence of neotectonic deformation in the Guapiara Lineament.

Keyword: Dyke. Fault. Lineament, Neotectonics.

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO.....	8
2- OBJETIVOS.....	9
3- LOCALIZAÇÃO DA ÁREA.....	10
4- MÉTODOS E ETAPAS.....	11
4.1-Levantamento bibliográfico.....	11
4.2-Imagens aéreas.....	11
4.3- Elaboração dos mapas.....	12
4.4- Dados estruturais.....	13
5- CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL.....	15
5.1- Bacia do Paraná (Contexto geral).....	15
5.2- Arco de Ponta Grossa e Lineamento Guapiara.....	17
5.3-Contexto geológico da área.....	19
6- CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO REGIONAL.....	23
7- RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	25
7.1- Mapas obtidos.....	25
7.1.1- Mapa das cartas topográficas SRTM integradas.....	25
7.1.2- Mapa hipsométrico.....	25
7.1.3- Mapa de drenagem.....	26
7.1.4- Mapa de lineamentos estruturais.....	28
7.1.5- Mapa com as principais estradas e afloramentos pré-campo.....	28
7.1.6- Mapa de Pontos.....	29
7.2- Geomorfologia local.....	30
7.3- Sequência sedimentar paleozoica e mesozoica.....	32
7.4- Formação Serra Geral.....	37
7.5- Quadro estrutural.....	43
7.5.1-Juntas.....	43
7.5.2-Falhas.....	47
8-CONCLUSÕES.....	53
9-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55

1 INTRODUÇÃO

A Geotectônica é a ciência que estuda os movimentos da crosta terrestre, sendo um de seus ramos a neotectônica, a qual está relacionada com eventos tectônicos vigentes, ou seja, eventos que ocorreram em uma determinada época do passado e que continuam ocorrendo nos dias atuais. Seus métodos de estudo em sedimentos cenozóicos e em perfis de alteração recentes, por exemplo, possibilitam a caracterização de modelos geométricos e cinemáticos, permitindo inferir seu papel no controle estrutural das litologias nas quais deformam. Sendo assim, permitem a reconstituição do último estágio de evolução tectônica da área estudada.

Na região compreendida entre o sudoeste do estado de São Paulo e nordeste do estado do Paraná, feixes de lineamentos de relevo e de drenagem orientados NW-SE, marcam fortes feições morfotectônicas regionais, caracterizadas como os Lineamentos Guapiara, São Jerônimo – Curiúva, Rio Alonzo e Rio Piriqui, marcados pela presença de expressivos enxames de diques de diabásio do Mesozóico (MINEROPAR, 2001). Por lineamento compreende-se um termo usado para descrever feições topográficas lineares em escala regional, com uma dimensão maior de 500 metros de extensão, associadas a cristas de relevo ou a vales retilíneos; podem ainda compreender alinhamentos de feições retilíneas na morfologia do terreno. As feições são referenciadas ao processo de ruptura do continente Gondwana na passagem do Jurássico para o Cretáceo, definindo forte controle estrutural das intrusões básicas que refletem com importância geomorfológica da região.

Muitas feições estruturais, todavia, têm sido reconhecidas e descritas na literatura regional, promovendo deformação nos diques e soleiras de diabásio pertencentes à Formação Serra Geral (STRUGALE et al. 2007), nos perfis de alteração locais e até mesmo em coberturas sedimentares superficiais (MORALES et al. 2011). A análise estrutural desenvolvida em um cenário deste tipo permitirá obter um melhor entendimento sobre a evolução tectônica da região e direcioná-lo para um regime deformacional mais jovem e assim apontá-lo como um possível quadro neotectônico.

2 OBJETIVOS

Este estudo tem como objetivo à realização de investigações lito-estruturais ao longo do Lineamento Guapiara, localizado na porção sudoeste do estado de São Paulo e nordeste do estado do Paraná, em uma região compreendida entre as cidades de Ourinhos, Fartura - SP e Santo Antonio da Platina - PR, com ênfase para o entendimento das estruturas mais jovens que deformam esse lineamento e assim possivelmente relacioná-las com o quadro neotectônico.

Através do reconhecimento de feições rúpteis, como juntas e falhas (planos, estrias e feições indicadoras de sentido de movimento), será possível enfatizar a evolução tectônica da área de estudo e sua história a partir do Mesozóico.

3 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo localiza-se na porção sudoeste do estado de São Paulo e nordeste do estado do Paraná, na região compreendida entre as cidades de Ourinhos-SP, Cambará-PR, Santo Antonio da Platina-PR e Taquarituba-SP (Figura 1), distando aproximadamente 370 km da capital paulista, na direção de Ourinhos. As principais vias de acesso da área são as rodovias Transbrasiliana (BR 153), Raposo Tavares (SP – 270) e José Alves Pereira, além de estradas secundárias que facilitam o transporte.

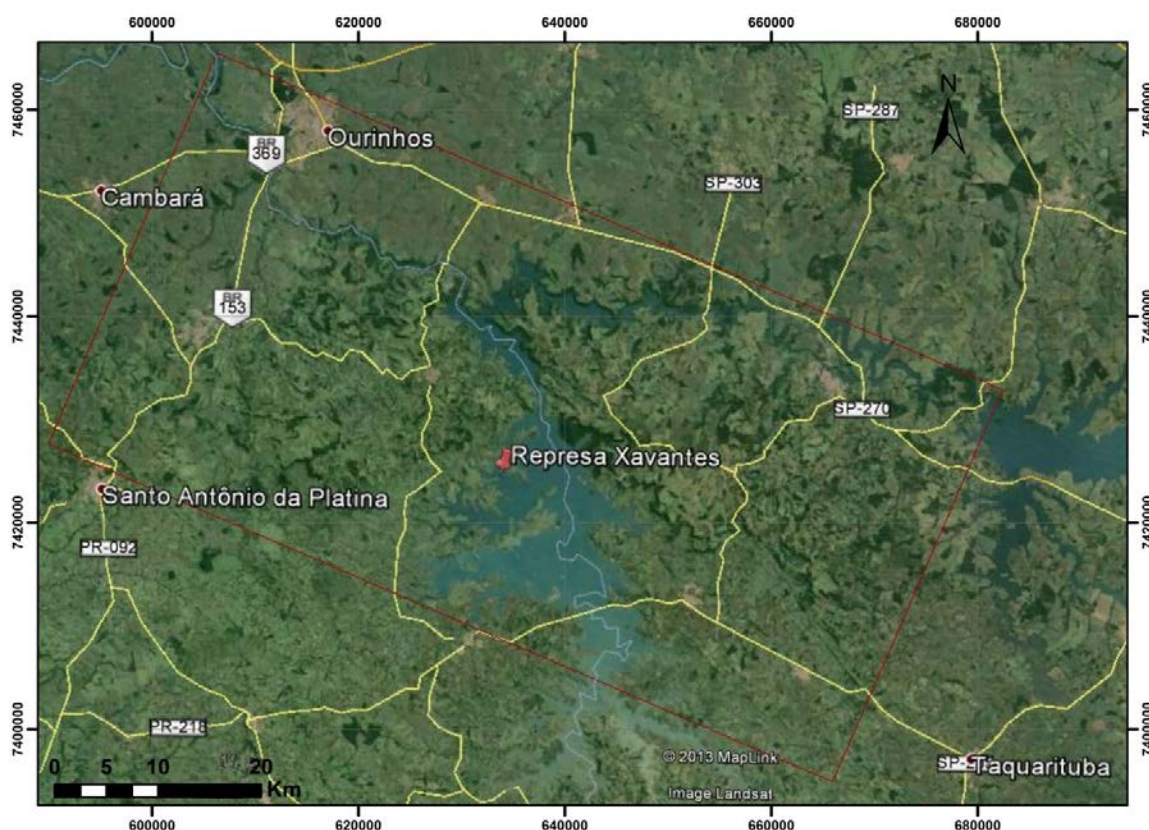


Figura 1: Localização da área de estudo (retângulo), indicando as principais cidades e estradas. Foto: Google Earth.

4 MÉTODOS E ETAPAS

Para a elaboração do trabalho foram realizadas as seguintes etapas:

4.1 Levantamento bibliográfico

Realizou-se um estudo bibliográfico referente à Bacia do Paraná e ao Arco de Ponta Grossa, com ênfase ao Lineamento Guapiara. Através de relatórios, teses e artigos, foi possível obter um melhor entendimento do contexto geológico da área, enfocando a geomorfologia e a geologia estrutural, no qual foram de suma importância para selecionar áreas para as futuras visitas de campo.

4.2 Imagens aéreas

Foram utilizadas imagens do Google Earth e imagens SRTM, as quais foram trabalhadas concomitantemente com o objetivo de extrair as principais feições geomorfológicas (altos, baixos topográficos e cristas de relevo alinhadas) e estruturais (falhas, juntas e alinhamentos de drenagem).

As imagens do projeto SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), utilizadas no trabalho, foram baixadas no site da EMBRAPA, no formato *.GEOTIFF, 16 bits, (resolução espacial de 90 metros) e posteriormente trabalhadas no formato *.TIFF e correspondem as cartas SF-22-Z-A, SF-22-Z-C e SF-22-Z-D (Figura 2), que estão no Datum WGS84 e na escala 1:250.000, compatível com IBGE.

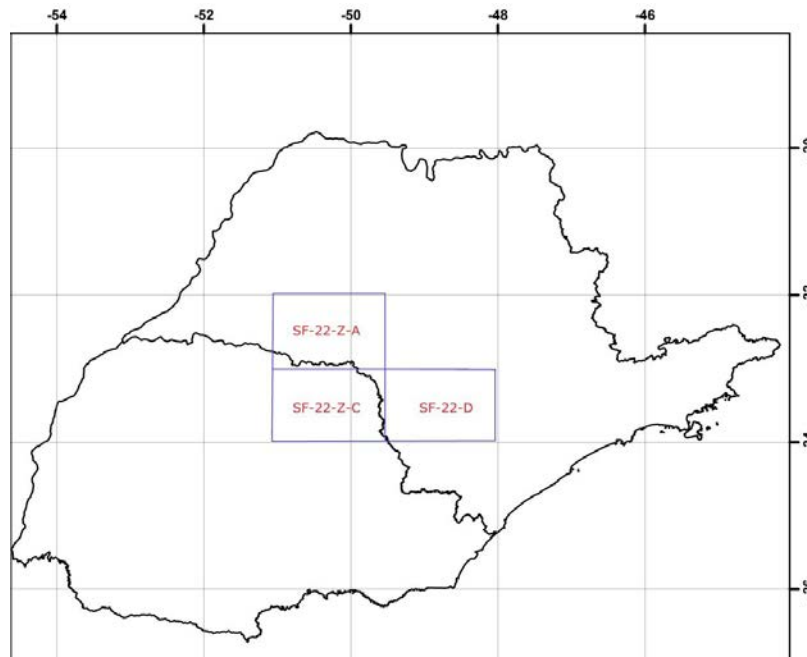


Figura 2: Cartas topográficas utilizadas no estudo.

Após serem baixadas e exportadas para o software ArcGis 10 para serem trabalhadas no ArcMap, as cartas foram cortadas de acordo com a área de estudo e agrupadas em uma única imagem para facilitar a extração de feições geológicas como lineamentos de drenagem,

de estruturas (falhas e juntas) e de relevo, já que são marcantes principalmente na direção NW-SE.

Assim, foi possível obter os mapas temáticos de hipsométrico, de drenagem e de lineamentos estruturais na escala 1:550.000, com o intuito de obter um quadro geológico preliminar e selecionar áreas potenciais para os trabalhos de campo. Algumas interpretações pré-campo sobre estes mapas foram importantes para conseguir estes objetivos e encontram-se descritas em cada mapa.

Para auxiliar na locomoção no interior da área, também foi preparado um mapa com as principais estradas e afloramentos pré-campo.

4.3 Elaboração dos mapas

Mapa hipsométrico: a análise da topografia de um terreno é de suma importância, pois pode indicar anomalias de relevo ocasionadas por feições estruturais rúpteis, tais como falhas e juntas que são evidenciadas principalmente feições lineares e por curvas de nível muito próximas. Assim, mapas topográficos tornam-se uma importante ferramenta de estudo.

Ao serem exportadas para o software ArcGIS 10, as cartas encontravam-se com tonalidades de cinza que pouco realçavam as estruturas geológicas. Para enfatizar tais estruturas, aumentou-se o contraste da imagem acrescentando novas cores que variam do azul (baixas altitudes) para o vermelho (altas altitudes). Assim, foi possível obter o mapa hipsométrico com os as feições lineares em destaque e com os diferentes compartimentos geomorfológicos da área.

Mapa de drenagem: a análise do sistema de drenagem contribui para o entendimento dos processos geomorfológicos e tectônicos ocorridos em uma determinada área. O seu padrão é fortemente influenciado pelo grau de resistência a erosão das diferentes rochas existentes e também por segmentos retilíneos de drenagem que se instalam em planos de fraquezas ocasionados por evento tectônico rúptil, que acaba impondo determinadas orientações específicas.

Alguns exemplos de padrões podem ser citados: um padrão anelar, representado por cursos de água em forma circular ao redor de estruturas mais elevadas como domo vulcânicos e um padrão retangular, caracterizado por feições em cotovelo em ângulos retos, ocasionados por juntas e falhas.

A drenagem extraída das imagens SRTM agrupadas, foi obtida no formato *.KML a partir do ArcGIS 10 e exportada para o programa Google Earth para a realização de correções, já que algumas feições lineares como estradas e rodovias foram confundidas com

drenagens, além de que muitas curvas de drenagem faziam ângulos agudos e retos, o que acabavam por confundir com falhas ou juntas. Para auxiliar na correção, baixou-se a carta ao milionésimo da CPRM 2006 no formato *.KML no qual já existiam redes de drenagem prontas, tais como a represa de Xavantes e o rio Paranapanema, localizadas respectivamente no centro e no norte da área.

Feitas as devidas correções, a rede de drenagem foi compactada e exportada para o ArcGIS 10 no formato *.KML, onde foi possível obter o mapa de drenagem.

Para realçar as feições observadas, integrou-se o mapa de drenagem com o hipsométrico, resultando em um mapa que exhibe forte controle estrutural e forte associação entre as feições de relevo (cristas e escarpas) e os segmentos retilíneos de drenagem.

Mapa de lineamentos estruturais: as feições lineares são de extrema importância para estudos direcionados a tectônica, pois podem indicar planos de fraqueza ocasionados por falhas e fraturas.

Pelas imagens aéreas do Google Earth, nota-se que há um forte controle estrutural ocasionado por feições estruturais que modelam e controlam a geomorfologia da região. Para realçar tais feições, extraíram-se algumas estruturas mapeadas pela CPRM 2006, como diques, falhas e juntas, a partir da carta ao milionésimo da CPRM 2006 e também foram traçadas as principais direções de lineamentos de drenagem observados na área.

Mapa com as principais estradas e afloramentos pré-campo: a partir da imagem aérea do Google Earth traçaram-se as principais rodovias e as estradas secundárias que ligam as cidades localizadas na área e através da ferramenta *street view*, do Google Earth, alguns afloramentos de diabásio e de rochas sedimentares foram marcados ao longo das principais rodovias. Assim, após as estradas e os afloramentos serem transportados para o ArcGIS 10 no formato *.KML, foi obtido um mapa com as cidades, as estradas e afloramentos pré-campo com o intuito de facilitar a locomoção dentro da área de estudo e conseqüentemente, selecionar as melhores áreas para os posteriores trabalhos de campo.

4.4 Dados estruturais

Foram realizadas duas etapas de campo para coleta de dados estruturais, reconhecimento de litologias e para documentação fotográfica. Para realizar os trabalhos lito-estruturais, a locomoção dentro da área foi feita pelas estradas principais que ligam as cidades e principalmente nas rodovias Engenheiro Tomas de Magalhães (região leste), José Alves

Pereira (região central) e na BR 153 (região oeste), pois são estradas perpendiculares aos lineamentos de direção NW-SE que são muito marcantes. Vale destacar que a locomoção foi facilitada tendo em vista os afloramentos marcados na etapa pré-campo.

Assim, coletaram-se dados de feições estruturais como falhas e juntas que afetam as rochas sedimentares da Bacia do Paraná e os riólitos, diques e basaltos da Formação Serra Geral, com o objetivo de melhor caracterizar a evolução tectônica local. Documentação fotográfica e coleta de amostras também foram feitas. Tendo em vista a necessidade de se reconhecer uma cronologia relativa para a ativação e ou reativação das estruturas, também se buscou caracterizar coberturas sedimentares para relacioná-las com o quadro neotectônico, porém, não foram reconhecidas estruturas que deformam tais coberturas. Ao todo foram visitados 32 pontos.

Em alguns afloramentos, não foi possível medir estruturas, pois em determinados segmentos das principais estradas não havia acostamento para estacionar o veículo e em outros casos, a chuva dificultou a medição das atitudes das estrias nos planos de falhas.

Os dados estruturais coletados em campo foram integrados e armazenados em tabelas com o objetivo de reconhecer seus principais traços direcionais que afetam a região, bem como o entendimento de seu estágio de evolução em relação às estruturas reconhecidas e sendo assim, caracterizar conjuntos de estruturas pertencentes a mesmas etapas evolutivas. Para a preparação dos diagramas estruturais foi utilizado o software OPENSTEREO, com projeção dos dados no hemisfério inferior, em diagrama de igual-área.

Assim, a partir da integração e interpretação dos dados obtidos foi possível associá-los com as etapas evolutivas regionais.

5 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

A área de estudo abrange a borda leste da bacia do Paraná, na qual está inserido o Arco de Ponta Grossa.

5.1 Bacia do Paraná (Contexto geral)

A Bacia do Paraná é uma bacia intracratônica com formato alongado na direção NNE-SSW, possuindo cerca de 1750 km de comprimento e 900 km de largura, tendo rochas vulcânicas e sedimentares que variam entre o Neo-Ordoviciano e o Neo-Cretáceo. Abrange uma área de aproximadamente 1.600.000 km², localizando-se na porção sul-sudeste do território brasileiro, estendendo-se ainda pela Argentina e Paraguai (ZALÁN et al., 1990).

Milani (1997) subdividiu a coluna sedimentar da bacia em seis supersequências, segundo o conceito de Vail; Mitchum; Thompson (1977, p 205-212), separadas por expressivos hiatos deposicionais causados por eventos erosivos. A figura 3 mostra as supersequências, modificada por Milani et al. (2007).

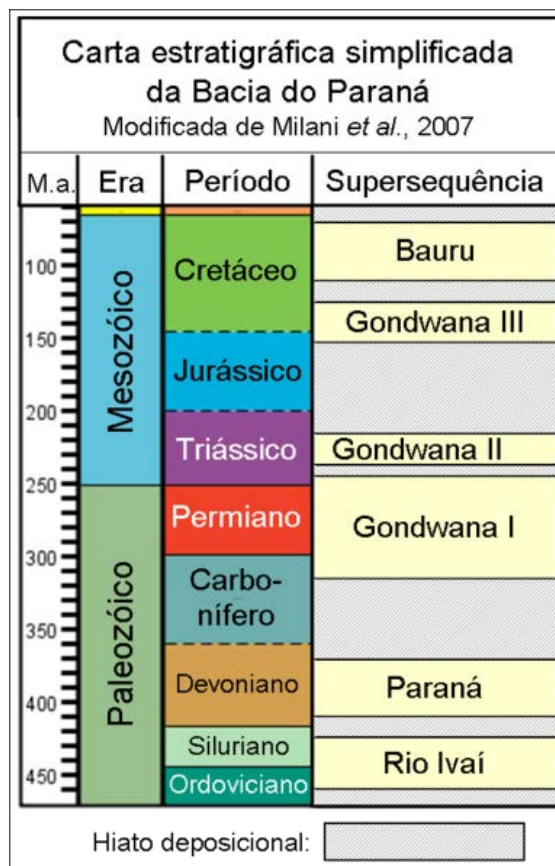


Figura 3: Carta estratigráfica simplificada da Bacia do Paraná (Ma, milhões de anos), modificada por Milani et al., (2007).

Supersequência Rio Ivaí: compõe a parte basal da bacia, de idade Neo-Ordoviciano e Eo-Siluriano, composta por três formações: Alto Garças, Igapó e Vila Maria. A sucessão de

fácies do Rio Ivaí documenta o primeiro ciclo transgressivo-regressivo da sedimentação cratônica da Bacia do Paraná.

Supersequência Paraná: de idade Devoniana, sendo reconhecida uma divisão em duas unidades: um pacote arenoso inferior, a Formação Furnas e o outro superior, pelítico, representado pela Formação Ponta Grossa. Esta supersequência constitui o segundo ciclo transgressivo-regressivo do Paraná (MILANI et al. 2007).

Supersequência Gondwana I: engloba o maior volume sedimentar da Bacia do Paraná (MILANI 1997), compreendido entre Neo-Carbonífero até o Neo-Permiano, incluindo as formações Lagoa Azul, Aquidauana, Campo Mourão, Rio do Sul, Rio Bonito, Taciba e Dourados, que constituem o Supergrupo Itararé. Possui duas características marcantes: a base é marcada pela glaciação gondwânica, seguida de deglaciação, ocorrida no Carbonífero Superior até o Permiano Inferior, gerando grandes depósitos glaciais agrupados no Supergrupo Itararé.

De acordo com Lavina e Lopes (1986 apud MILANI et al. 2007), a deglaciação provocou uma subida do nível relativo do mar, conceitualmente identificada como “transgressão permiana”. Sucedem os estratos glaciogênicos o pacote sedimentar do Grupo Guatá, na porção meridional da bacia, e o das formações Tietê (senso Fulfaro et al. 1991) e Tatuí no domínio centro-norte. Acima, a Formação Irati documenta uma efetiva restrição à circulação de águas entre a sinéclise e o oceano Panthalassa que culminou por desenvolver um contexto ambiental hipersalino na bacia interior. O topo desta sequência marca o fim da fase marinha da bacia, ainda com a deposição da Formação Serra Alta, e o início da continentalização da mesma.

Supersequência Gondwana II: idade Triássica, composta pelas Formações Santa Maria e Caturrita, constituídas por depósitos fluviais e lacustres e Formação Pirambóia na porção nordeste da Bacia do Paraná (MILANI et al. 2007).

Supersequência Gondwana III: supersequência que depositou entre o Neo-Jurássico e Neo-Cretáceo, marcando a ocorrência de dois eventos de grande importância. O primeiro se trata da sua porção basal, que mostra uma desertificação do ainda continente Gondwana, representado pela Formação Botucatu, com arenitos predominantemente de fácies eólicas. O segundo relaciona-se com os derrames de lavas basálticas da Formação Serra Geral associadas com rochas intrusivas e da formação do Oceano Atlântico Sul no Eo-Cretáceo, que estão associadas com ao rompimento do Continente Gondwana.

Supersequência Bauru: foi depositada entre o Eo-Cretáceo e Neo-Cretáceo, sendo uma cobertura pós-basáltica constituída pelos grupos Caiuá e Bauru. O contato basal com os basaltos da Formação Serra Geral é discordante (MILANI et al. 2007).

5.2 Arco de Ponta Grossa e Lineamento Guapiara

Segundo Coutinho (2008), o fraturamento ocorrido na separação do Gondwana levou a formação de uma importante junção tríplice com braços correspondendo aos enxames de diques de direção NW-SE, associados ao Arco de Ponta Grossa, NE-SW, no litoral do estado de São Paulo e NS, em direção a sul, no litoral do estado de Santa Catarina.

O Arco de Ponta Grossa, localizado na borda leste da Bacia do Paraná, é uma importante estrutura tectônica arqueada, composta por quatro faixas subparalelas ao eixo desse arqueamento, muito estruturadas e definindo extensos alinhamentos geológicos e geomorfológicos, denominados de lineamentos: Guapiara, São Jerônimo-Curiúva, Rio Alonzo e Rio Piqueri (Figura 4). Estes lineamentos apresentam extensões de até 600 km e larguras de 20 a 100 km no continente (COUTINHO, 2008).

O que individualiza o Arco de Ponta Grossa são enxames de diques de diabásio do Eo-cretáceo, que ocupam e acompanham os principais planos de juntas e falhas de direção NW-SE, sendo estas estruturas muito profundas que atingiram o manto superior, pois permitiram a ascensão de magmas básicos relacionados ao evento Serra Geral, além de corpos alcalinos (FERREIRA et al. 1981; FERREIRA 1982; MACHADO Jr 2000a). Quanto à Bacia do Paraná, é notável a influência deste arco na distribuição de sedimentos, principalmente da era mesozóica (MACHADO Jr, 2000; STRUGALE et al. 2007).

O Lineamento de Guapiara marca o limite norte do Arco de Ponta grossa, constituindo uma intensa zona fraturada que segue do litoral sul paulista em direção ao estado do Mato Grosso do Sul, atingindo terrenos pré-cambrianos na porção sudeste, toda faixa paleozóica da Bacia do Paraná e a área de ocorrência de unidades mesozóicas que ocorre em direção ao centro da bacia (FERREIRA et al 1981).

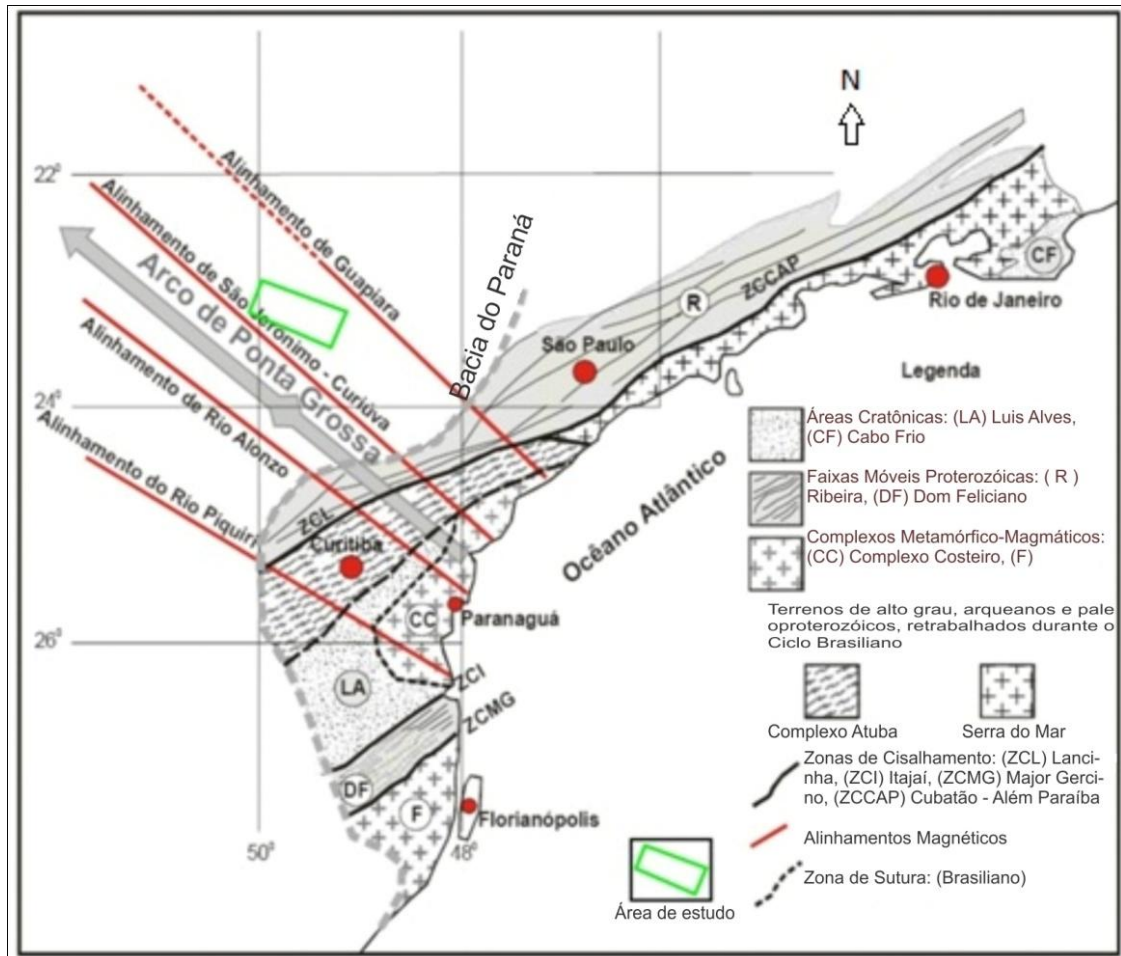


Figura 4: Arco de Ponta Grossa e seus principais lineamentos estruturais, subparalelos ao eixo principal do arqueamento (MIO 2005) e a localização da área de estudo.

De acordo com Machado Júnior (2000), as anomalias magnéticas do lineamento são dadas pela presença de diques de diabásio distribuídos sob feixes subparalelos de direção N50W, por cerca de 300 km em direção ao interior, com 50 km de largura e por intrusões alcalinas eocretácias de Jacupiranga e Juquiá, marcando assim a principal fase evolutiva no Mesozóico. A ocorrência de diques diminui à medida que se caminha de SE para NW (FERREIRA et al 1981).

Segundo Izeli (2008), há influência do Arco de Ponta Grossa e do Lineamento de Guapiara no oceano Atlântico (Figura 5), mostrando assim a importância desse marcante controle estrutural NW-SE.

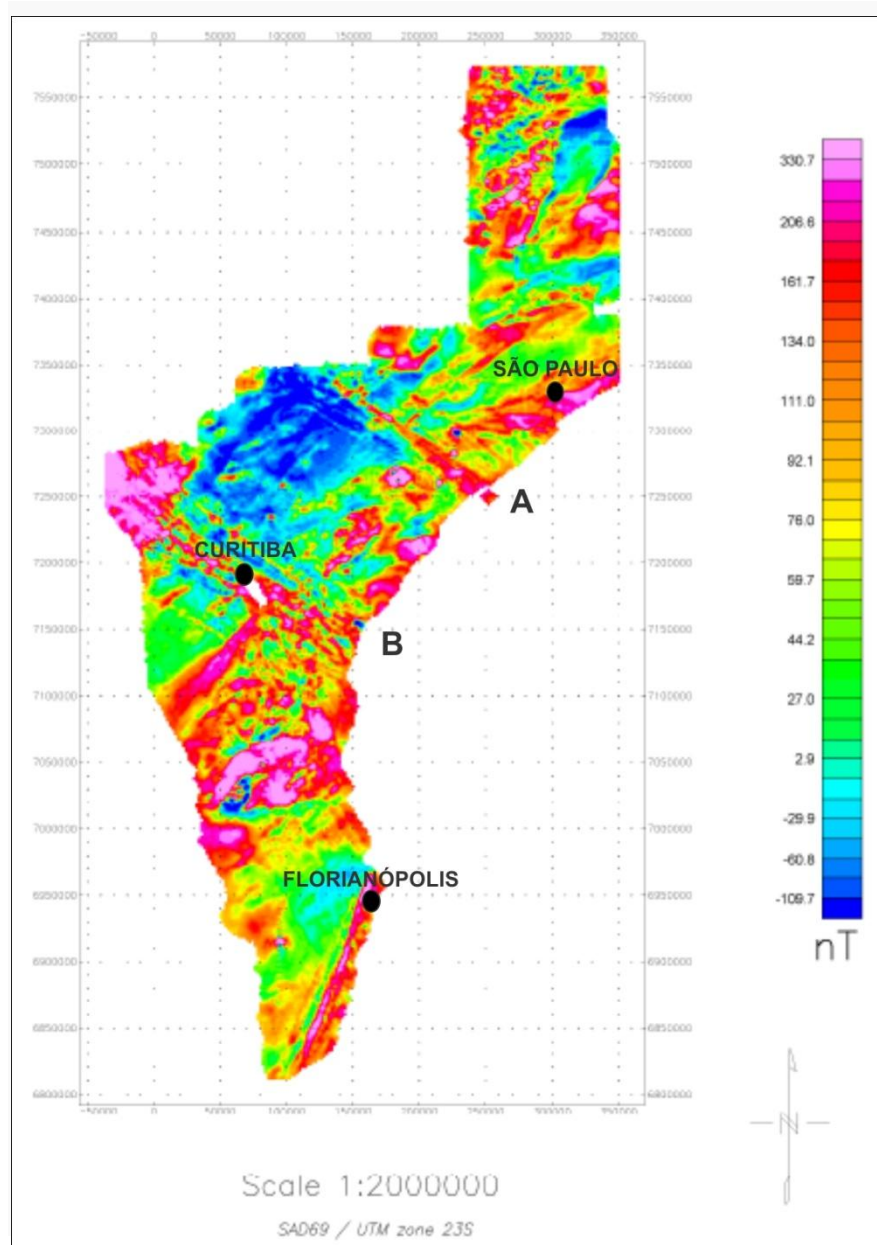


Figura 5: Mapa aeromagnetométrico reduzido ao pólo, destacando o Linhamento Guapiara (A) e o Arco de Ponta Grossa (B) respectivamente nas direções marcantes NW-SE que seguem até o continente (Iseli 2008).

5.3 Contexto geológico da área

De acordo com CPRM (2006), a área de estudo compreende o Grupo Itararé e as formações Rio Bonito, Palermo, Irati, Serra Alta, Teresina, Rio do Rastro, Botucatu e Serra Geral (Figura 6).

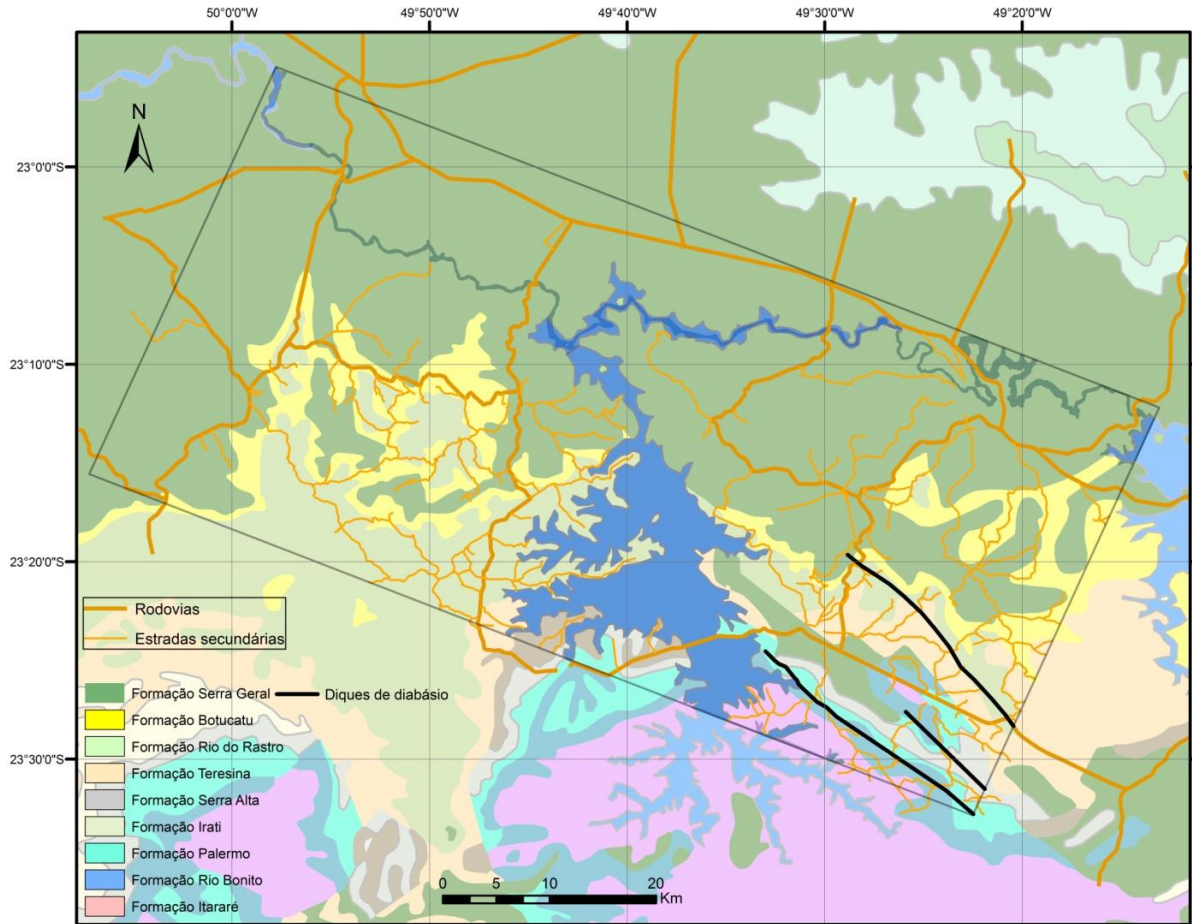


Figura 6: Mapa geológico da região com as unidades litológicas (CPRM 2006).

A Grupo Itararé, de idade Carbonífero-Permiano Inferior, apresenta grande variedade litológica e é constituída por três formações: Rio do Sul, Mafra, e Campo do Tenente. A Formação Rio do Sul, depositada em ambientes litorâneos de plataforma periglacial e deltaica, é composta folhelhos e siltitos cinzentos dos membros Passinho e Guaraúna, arenitos finos a médios, esbranquiçados, diamictitos e raras camadas de carvão. As estruturas são representadas por laminação paralela, ondulada, microcruzada e convoluta. A Formação Mafra é formada por arenitos finos a grosseiro, esbranquiçados, siltitos e ritmitos de planície litorânea periglacial e com estratificação cruzada, horizontal, ondulada e paralela rítmica. A Formação Campo do Tenente apresenta estratificação cruzada e horizontal, compondo ritmitos, diamictitos, arenitos grosseiros e avermelhados de ambiente deposicional flúvio-glacial (MINEROPAR, 2001).

A Formação Rio Bonito é constituída por siltitos, carvões, arenitos, folhelhos e calcários, contendo os membros Siderópolis, Paraguaçu e Triunfo. O Membro Siderópolis é constituído por arenitos finos de planície litorânea, o Membro Paraguaçu por arenitos e siltitos esverdeados e acinzentados, intercalados com níveis de calcário, estromatólitos e micríticos,

depositado em planície de marés e plataforma e o Membro Triunfo, representado siltitos, folhelhos carbonosos, arenitos esbranquiçados, finos a grosseiros em depósitos flúvio-deltáicos (MINEROPAR, 2001).

A Formação Palermo é formada por siltitos e siltitos arenosos de cores cinza e por alteração, amarelo esverdeado, com laminações cruzadas de pequeno porte quando são preservadas, já que normalmente estes sedimentos encontram-se bioperturbados. Ocorre de forma generalizada na Bacia do Paraná, apresentando espessura da ordem de 90 m em Santa Catarina e Paraná e sua composição litológica indica um ambiente de deposição marinho transgressivo de águas rasas (SCHNEIDER et al., 1974).

A Formação Irati é formada por argilitos, folhelhos sílticos, folhelhos pirobetuminosos, siltitos, em alternância rítmica com calcários e restritos níveis conglomeráticos. Os répteis mais característicos são os *Mesosaurus brasiliensis* e *Sterosternum tumidum* e os crustáceos *Paulocaris* e *Clarkecaris*. Pelas fácies litológicas, o provável ambiente de deposição é marinho de água rasa (PERINOTTO et al., 2008).

A Formação Serra Alta é constituída por argilitos, folhelhos e siltitos cinza escuro, com presença de fratura conchoidal, lentes e concreções calcíferas. É distribuída desde o Rio Grande do Sul até o Paraná, sendo o intervalo correspondente em São Paulo a base da Formação Corumbataí. A ambiente de deposição é caracterizado como marinho de água rasa (SCHNEIDER et al., 1974).

A Formação Teresina esta relacionada a um ambiente de planície de maré e plataforma epinerítica. É constituída por calcário micrítico e estromatolítico, intercalado com siltitos acinzentados. Também apresenta laminação paralela, ondulada e flaser (MINEROPAR, 2001).

A Formação Rio do Rastro é constituída por sedimentos essencialmente clásticos, como siltitos e arenitos finos esverdeados e na parte superior, argilitos e siltitos vermelhos intercalados com lentes de arenito finos (SCHNEIDER et al., 1974).

A Formação Botucatu é formada essencialmente por arenitos finos a médios, bimodais, com estratificação plano-paralela (interdunas secas), cruzada planar ou acanalada, de médio a grande porte, neste último caso formando campos de dunas eólicas. É interpretada como deposição eólica em ambiente desértico (ASSINE; PIRANHA; CARNEIRO, 2004, pag. 71).

A Formação Serra Geral é resultado de um intenso vulcanismo fissural de seqüências de lavas basálticas associadas à formação do oceano Atlântico Sul, no Eo-Cretaceo e ao

rompimento do continente Gondwana (SCHNEIDER et al., 1974). Segundo Milani et al., (2007), o evento magmático além de cobrir os sedimentos paleozóicos e mesozóicos da Bacia do Paraná, também gerou uma intrincada rede de diques e soleiras de diabásio que intrudiram e cortaram estes sedimentos. A região nordeste do Paraná, por exemplo, mostra uma geomorfologia peculiar relacionada aos diques de diabásio. Tais diques se encaixaram nos principais planos de juntas e falhas de direção NW-SE, formando uma importante estrutura tectônica arqueada denominada de Arco de Ponta Grossa (MACHADO JÚNIOR, 2000).

Praticamente todas as regiões da bacia do Paraná sofreram invasão magmática, sendo que atualmente restam três quartos da área total da bacia recobertos por esse derrame (MILANI et al., 2007).

6 CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO REGIONAL

A geomorfologia da região que compreende o Arco de Ponta Grossa é fortemente afetada pelas feições lineares de direção NW-SE, no qual formam conjuntos paralelos a subparalelos que se estendem por centenas de quilômetros do litoral para o continente. Estas feições contribuem para o alinhamento de drenagens, de vales e de cristas de relevo que são facilmente notadas em fotos aéreas (Figura 7).



Figura 7: Feições lineares formadas por diques de diabásio que compõem as cristas do relevo, próximo da cidade de Ortigueira-PR, de coordenadas UTM longitude X: 507976m E, e latitude Y: 7323005m S. Foto: Google Earth.

O Canyon Guartelá-PR (Figura 8) com extensão de 30 km e desníveis de até 450 m, localizado no eixo do Arco de Ponta Grossa, se associada e é ocupado pelo maior de todos os diques de diabásio formado durante a separação do Gondwana (MINEROPAR, 2001) e sendo assim, possui forte influência no relevo da região.



Figura 8: Canyon Guartelá, de coordenada UTM longitude X: 576240m E e latitude Y: 7284098m S. Nota-se a vegetação bem desenvolvida sobre os diques de direção NW-SE. Foto: Google Earth.

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

7.1 Mapas obtidos

7.1.1 Mapa das cartas topográficas SRTM integradas

Mesmo com o mapa integrado estando em preto e branco, nota-se um principal alinhamento na direção NW-SE que influencia a geomorfologia da região, formando algumas cristas positivas de relevo concentradas na porção sul da área (Figura 9).

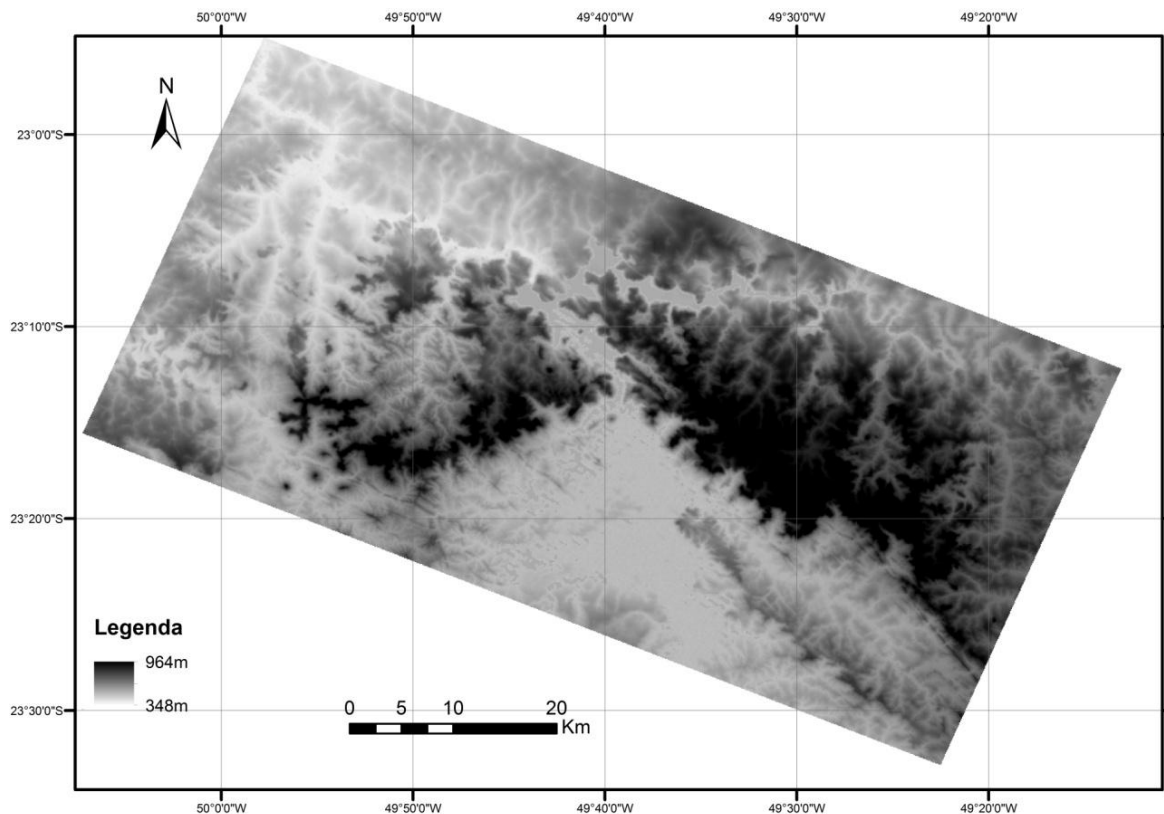


Figura 9: Cartas topográficas SRTM agrupadas da área de estudo.

O mapa acima foi à base para a elaboração dos mapas hipsométrico, de drenagem e de lineamentos estruturais.

7.1.2 Mapa hipsométrico

A partir do mapa hipsométrico (Figura 10), foi possível notar que maiores altitudes são representadas pelos diques de diabásio e basaltos da Formação Serra Geral (de cor vermelha e amarela), nas porções leste e central da área, enquanto que as porções de menor altitude são representadas pelos sedimentos da Bacia de Paraná, de cor azul clara, principalmente no centro da área.

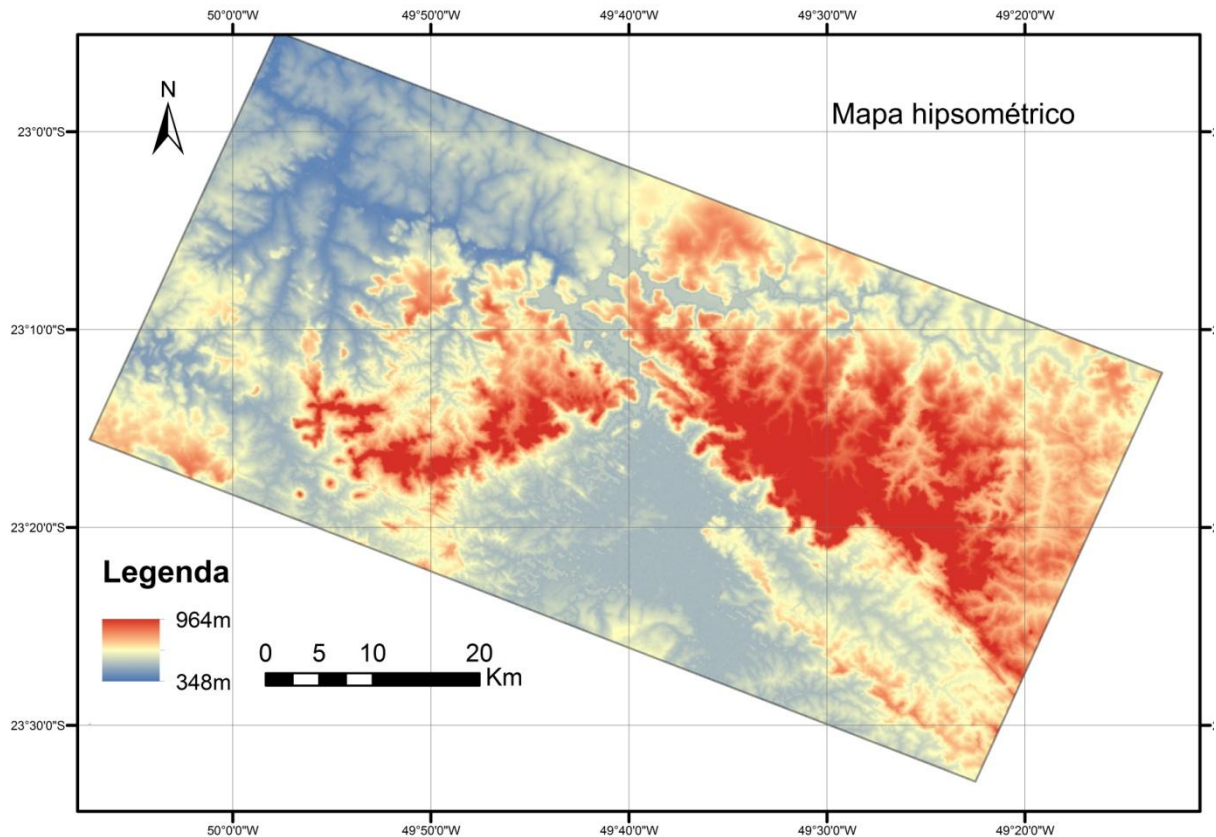


Figura 10: Mapa hipsométrico com as feições geomorfológicas da área em estudo, onde é possível reconhecer as cristas de relevo alinhadas na direção NW-SE e os compartimentos geomorfológicos.

Os alinhamentos mais íngremes são representados por diques que formam cristas e escarpas alinhadas de relevo, de direção preferencial NW-SE e cortam as rochas sedimentares localizadas na porção sul da área.

7.1.3 Mapa de drenagem

Tanto pelo mapa de drenagem (Figura 11), quanto pelo de drenagem associado com o mapa hipsométrico (Figura 12), notam-se alguns principais padrões de lineamentos de drenagem fortemente controlados pelas feições estruturais, em um arranjo angular, seguido também por um padrão dentrítico. Ambos distribuem-se por toda área, enquanto que o padrão anastomosado é observado na porção norte, representado pelo rio Paranapanema. Os traços principais são paralelos aos principais lineamentos de relevo no qual seguem a direção preferencial NW-SE, seguidos da direção NE-SW. A Represa de Xavantes (região central da área) também é controlada pelos lineamentos, sendo notável esse controle principalmente na sua porção nordeste, barrada por um lineamento NW-SE.

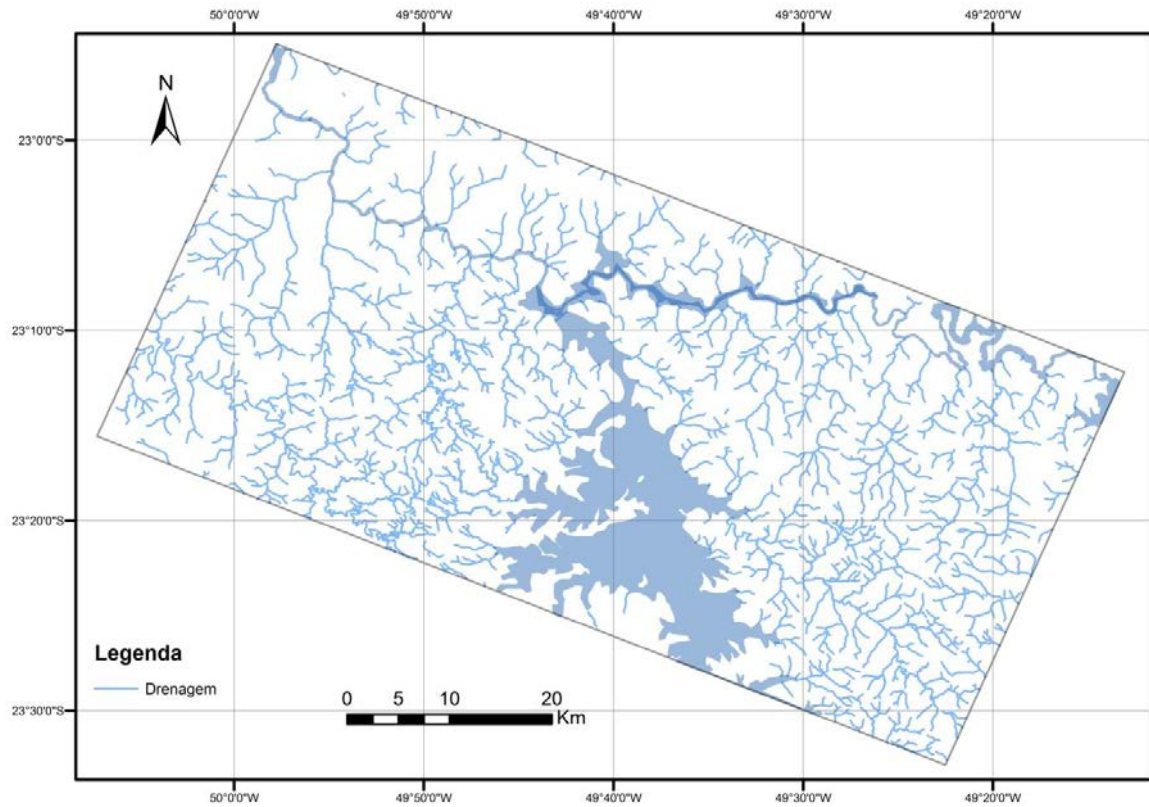


Figura 11: Mapa de drenagem.

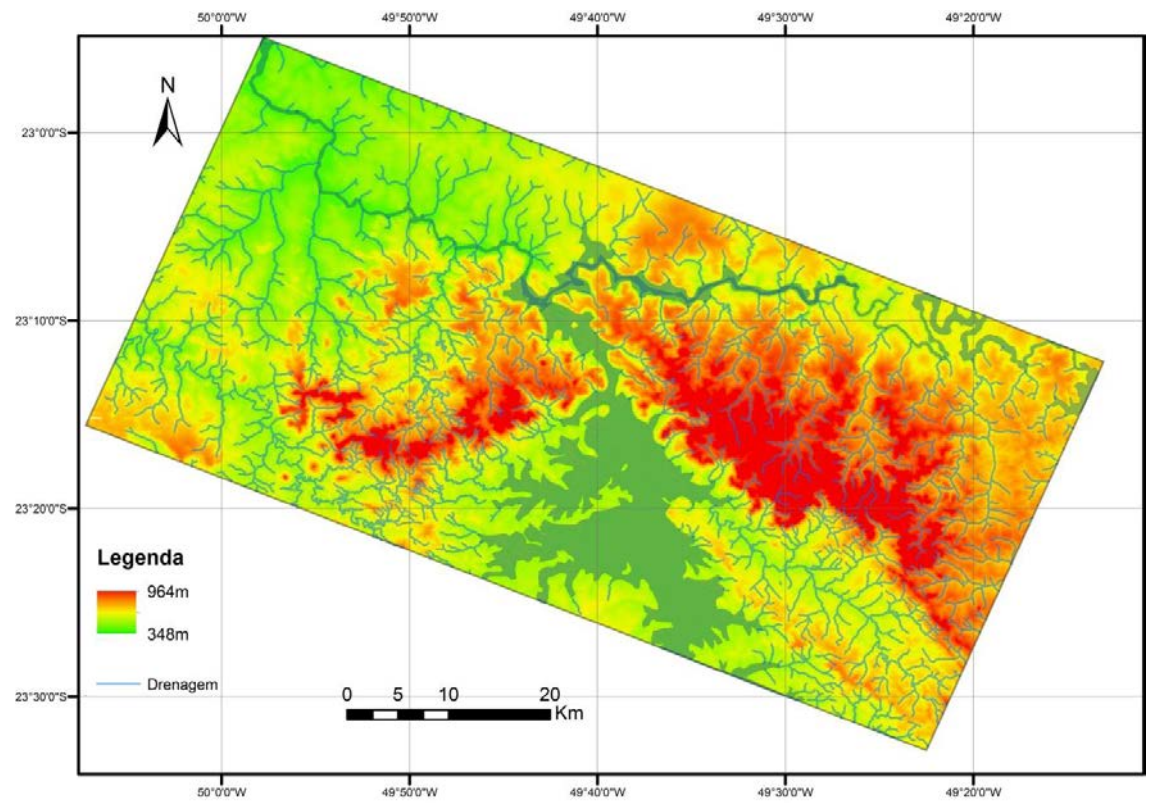


Figura 12: Mapa de drenagem e mapa hipsométrico integrados.

7.1.4 Mapa de lineamentos estruturais.

Percebe-se um forte padrão estrutural da área (Figura 13). Os lineamentos, que são condicionados por falhas, juntas e diques de diabásio, representados pela CPRM (2006), seguem preferencialmente a direção NW-SE, seguidos de traços NE-SW, sendo que os diques de diabásio formam cristas de relevo e se distribuem principalmente na região sudeste da área

Os lineamentos de drenagem traçados mostram uma direção preferencial NW-SE, seguida de NE-SW presente em toda a área de estudo. Os traços principais reconhecidos também são paralelos aos principais lineamentos reconhecidos no mapa geológico, bem como à direção dos diques associados ao Lineamento Guapiara.

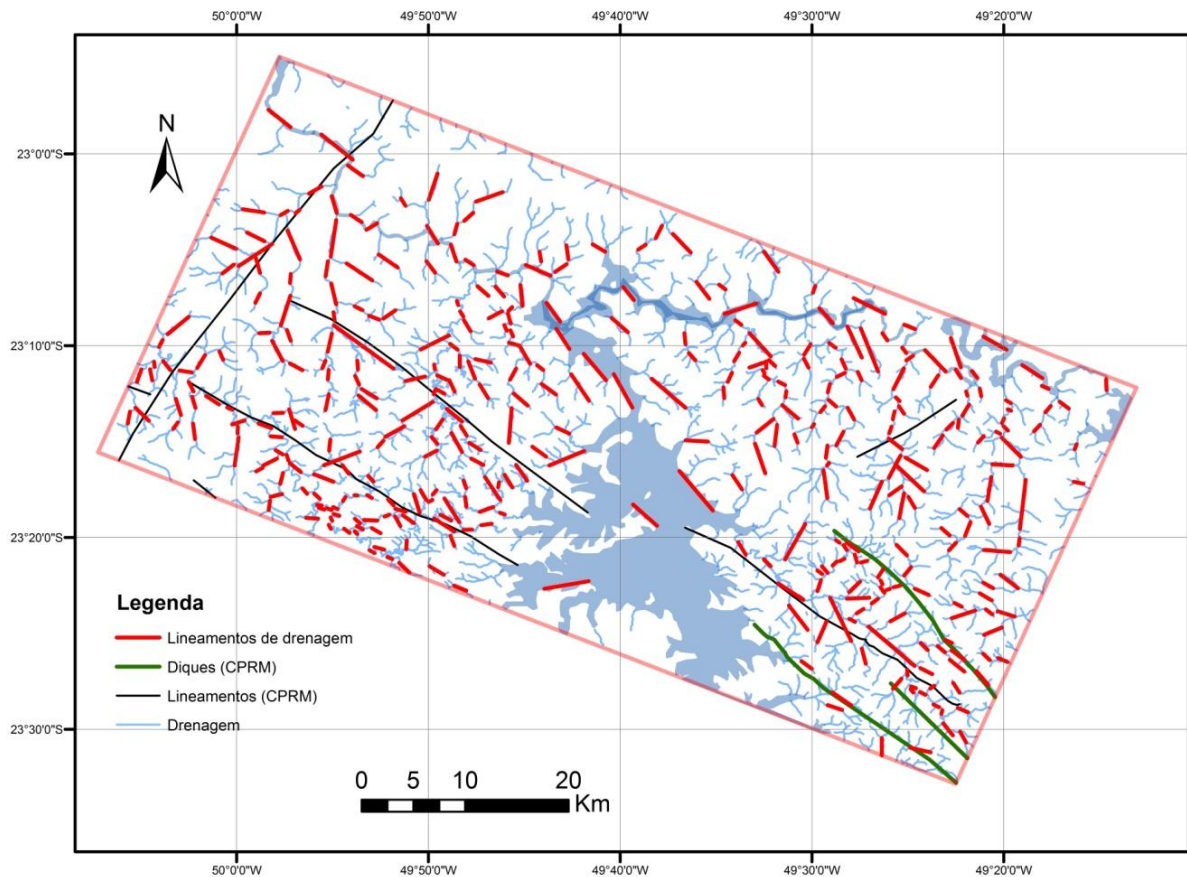


Figura 13: Mapa de lineamentos estruturais.

7.1.5 Mapa com as principais estradas e afloramentos pré-campo

Este mapa foi de grande importância, pois contribuiu para a locomoção dentro da área nas principais estradas e para confirmar os afloramentos marcados na etapa pré-campo (Figura 14).

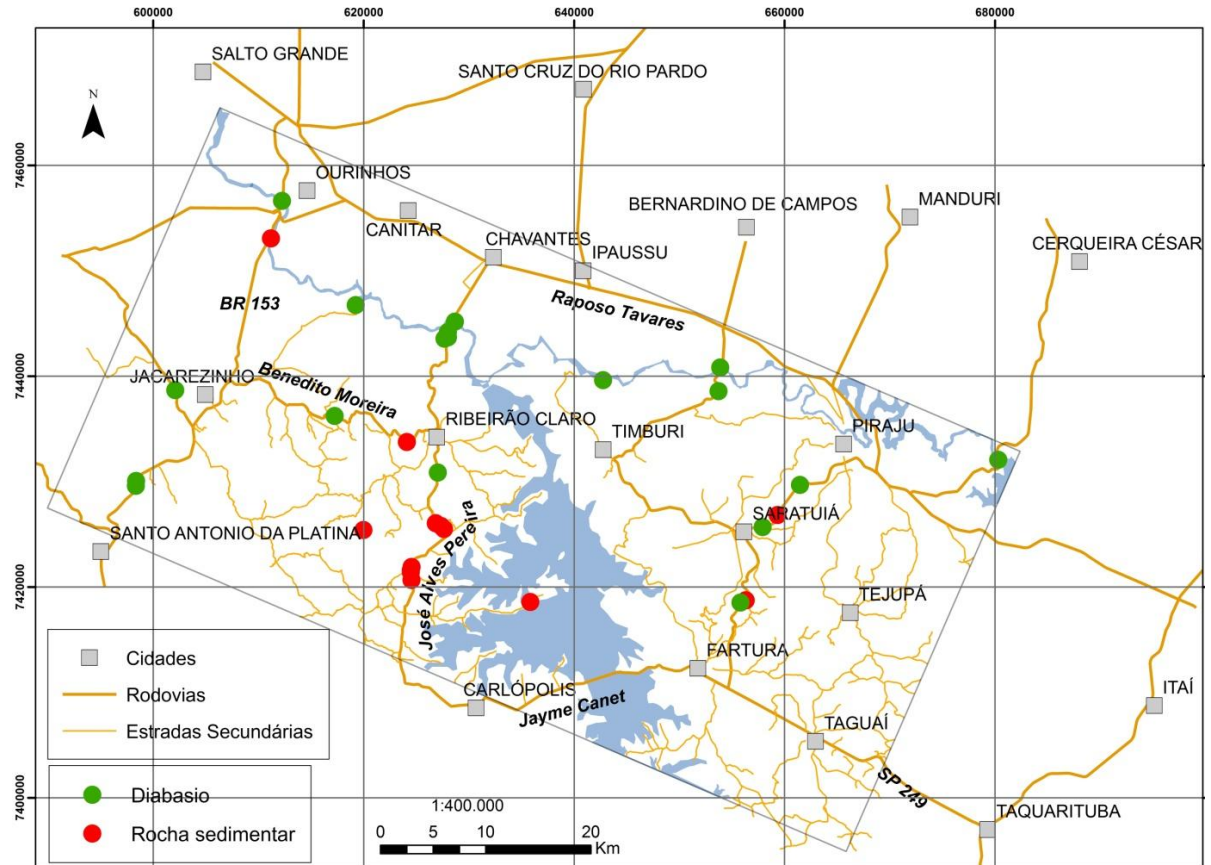


Figura 14: Mapa da área com as cidades, as principais estradas e os afloramentos pré-campo.

Os afloramentos representados pelas rochas sedimentares (vermelho) foram confirmados, enquanto que alguns nomeados como diabásio (verde), foram posteriormente averiguados como basalto e riólito.

7.1.6 Mapa de pontos

Ao todo, foram visitados 32 pontos ao longo das principais estradas perpendiculares aos lineamentos NW-SE e estão distribuídos nas rochas sedimentares da Bacia do Paraná e nas rochas magmáticas da Formação Serra Geral. Apenas o ponto 26 está localizado fora da área de estudo (Figura 15).

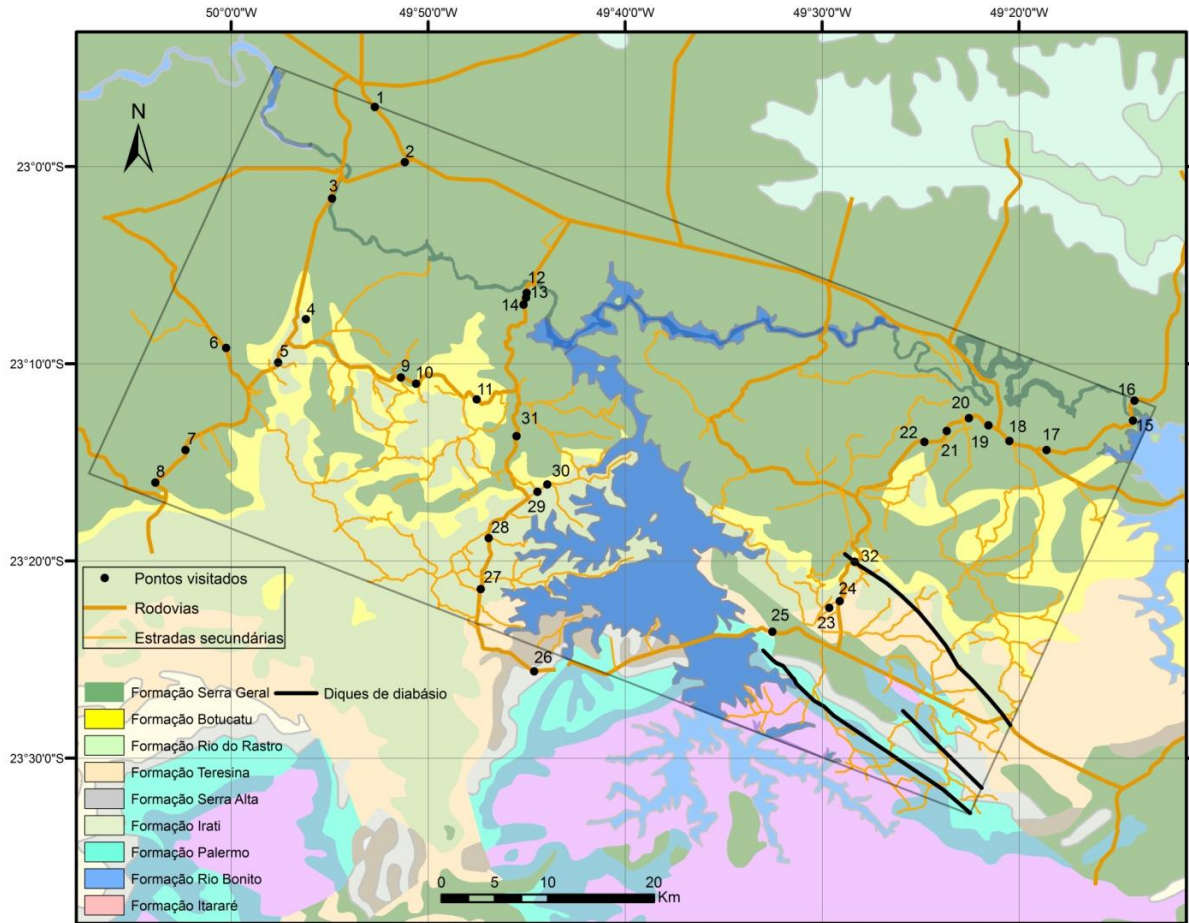


Figura 15: Mapa geológico com os 32 pontos visitados durante o trabalho de campo.

7.2 Geomorfologia local

Os diques que compõem o Arco de Ponta Grossa influenciam fortemente a geomorfologia da região, sendo responsáveis por alinhamentos de drenagem e de relevo com direção preferencial NW-SE e também formando altos topográficos (MINEROPAR, 2001).

Durante o trabalho de campo foi possível notar cristas de relevo alinhadas e orientadas segundo a direção NW-SE (Figuras 16 e 17), com estas anomalias positivas de relevo ora passando perpendicularmente às estradas e ora paralelamente a elas; sendo assim, foram usadas como referência durante o estudo.



Figura 16: Cristas de relevo alinhadas de direção NW-SE sustentadas por diques de diabásio. Foto tirada entre os ponto 3 e 4.



Figura 17: Crista de relevo alinhada de direção NW-SE. Foto tirada entre os ponto 5 e 6.

Tais cristas, que são sustentadas por diques de diabásio mais resistentes que as rochas encaixantes sedimentares da Bacia do Paraná, coincidem com as informações retiradas de imagens aéreas e do mapa hipsométrico nos quais mostram um forte alinhamento positivo de relevo de direção NW-SE que acabam por contribuir para o quadro geomorfológico peculiar da região.

Estas cristas estavam cobertas por pastagem e ou por matas nativas, o que acabou por impedir estudos mais detalhados. Em contrapartida, em alguns pontos, o corte da estrada expôs partes do dique tornando possível medir feições estruturais e suas respectivas direções, como no caso do ponto 27, cujo dique apresenta orientação N10W/Subvertical (Figura 18).



Figura 18: Crista de relevo sustentada por dique de diabásio de orientação N10W/Subvertical.

7.3 Sequência sedimentar Paleozóica e Mesozóica

Nesta sequência, foram mapeadas as seguintes formações: Irati, Teresina, Rio do Rastro e Botucatu.

Formação Irati: registrado apenas no ponto 26, muito próximo da área, apresenta alto grau de intemperismo, de cor ocre e parcialmente recoberta por matas. Apresenta níveis argilosos rosados ricos em concreções carbonáticas de cor creme e camadas de sílex e aparentemente é afetado por fraturas pouco expressivas; no entanto, devido ao alto grau de intemperismo não foi possível medir tais feições.

Formação Teresina: apresenta siltitos laminados, levemente ondulados e de cor ocre devido ao moderado grau de intemperismo e arenitos finos de tom amarelado. No ponto 25, os siltitos estão em contato com um dique de diabásio de direção N20W/Subvertical (Figura 19),

e no ponto 23, o contato com o arenito possui direção N40W/Subvertical (Figura 20), sendo que a rocha encaixante se encontrava metamorfizada próxima ao contato como dique.



Figura 19: Contato bem marcante entre o dique de diabásio de coloração escura na porção esquerda e dos siltitos de cor ocre na porção direita.

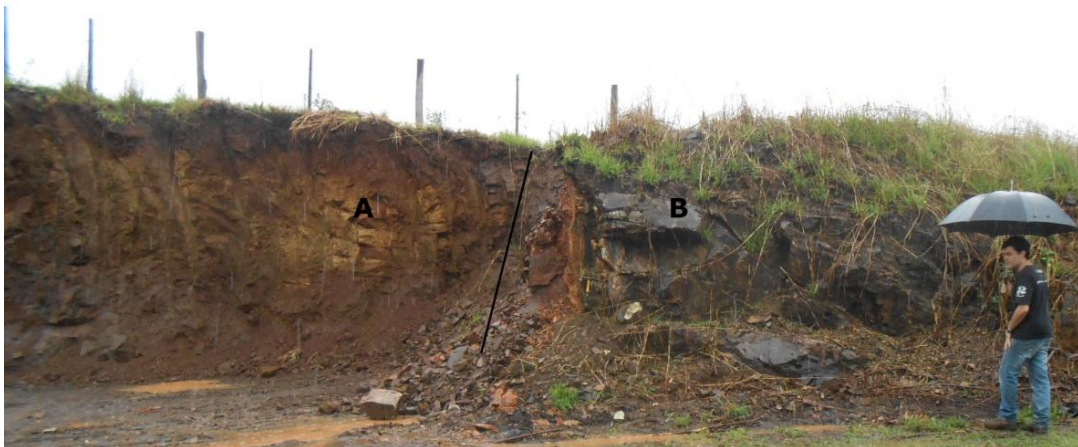


Figura 20: Contato entre arenito na porção esquerda (A) e dique de diabásio na porção direita (B).

Ambos os diques de diabásio e os siltitos e arenitos são afetados por juntas e falhas, nos quais foi possível medi-las nos pontos onde havia menor grau de intemperismo.

Formação Rio do Rastro: uma das formações onde ocorre menor grau de intemperismo, o que facilitou a coleta de medidas estruturais representadas pelas juntas. Ocorre na forma de siltito cinza arroxeadado com estratificação plano paralela e ondulação bem

marcada e é afetado por juntas que chegam a ter espaçamento de 2 cm (Figura 21), no ponto 5.



Figura 21: Siltito cinza com laminação bem marcada em toda a figura, destacada em (A) e também com presença de fratura subvertical bem espaçada, (B).

Já no ponto 28, nota-se a presença de siltito maciço, róseo, recoberto por arenito fino, róseo de estratificação cruzada de baixo ângulo (Figura 22).



Figura 22: Contato entre siltito (A) e arenito (B) e destaque para estratificação cruzada de baixo ângulo marcada na porção superior. As fraturas de direção N20E/Subverticais, destacadas em vermelho, cortam ambas as litologias.

Alguns locais do afloramento apresentam lentes de arenito com estratificação de pequeno porte bem marcada (Figura 23) e níveis conglomeráticos (Figura 24).



Figura 23: Lente de arenito com estratificação cruzada de baixo ângulo (A).



Figura 24: Níveis conglomeráticos em siltitos maciços rosados (B).

Formação Botucatu: ocorre na forma de arenitos bem selecionados, de granulação média a fina e de cor amarela clara com tons avermelhados. Todos os afloramentos desta litologia encontravam-se em baixo grau de intemperismo, o que permitiu a coleta de feições estruturais planares, como falhas e juntas. Em alguns pontos, há estratificação cruzada de

grande porte, médio ângulo e com um par conjugado de falhas normais de direção NW-SE (Figura 25).



Figura 25: Arenito com estratificação cruzada de grande porte e de médio ângulo, sendo afetada por um par conjugados de falhas normais de direção N40W/75SW (1) e N50W/ 62 NE (2). Ponto 3.

Já no ponto 16, os arenitos apresentavam estratificação cruzada de baixo ângulo (Figura 26).



Figura 26: Estratificação cruzada de baixo ângulo e médio porte.

No ponto 10, o arenito está em contato com um dique de diabásio e próximo a este, encontrava-se metamorfizado (Figura 27).

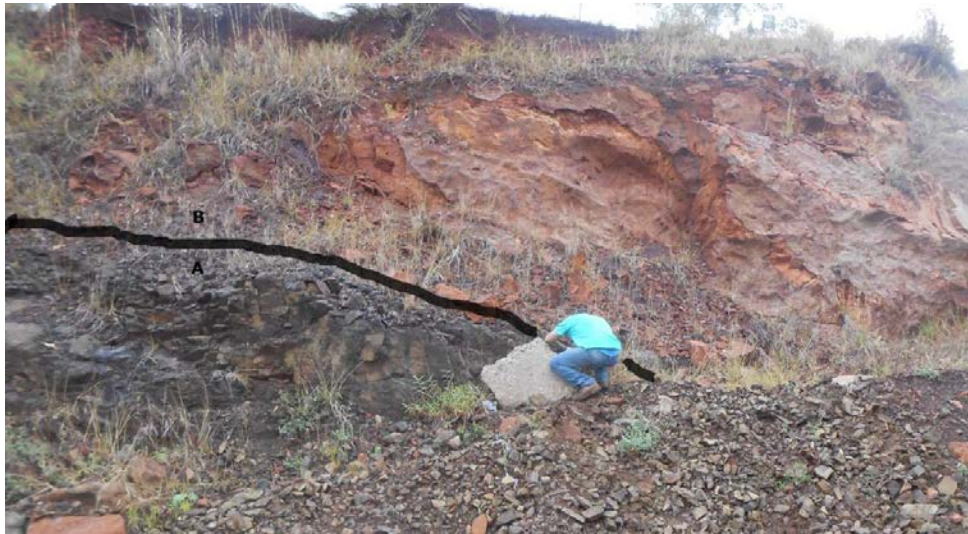


Figura 27: Contato entre dique de diabásio (A) e arenito (B). O dique ocorre paralelamente ao plano da foto.

7.4 Formação Serra Geral

Diques de diabásio: os diques reconhecidos ocorrem distribuídos ao longo de toda área. Apresentam uma orientação marcante em torno de NW-SE e são subverticais. Apesar desta forte orientação, um deles apresenta direção próxima a N-S (Figura 28).

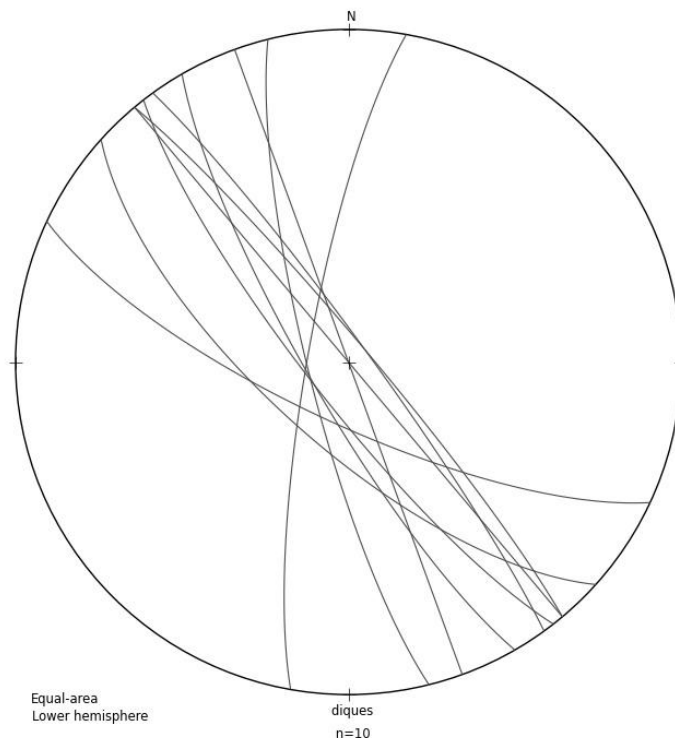


Figura 28: Estereograma das direções dos diques mapeados, NW-SE.

Segundo Coutinho (2008), o fraturamento do Gondwana levou a formação de uma importante junção tríplice com um dos braços correspondendo aos enxames de diques de direção NW-SE, denominados de Arco de Ponta Grossa (Figura 29) que coincide com a direção dos diques reconhecidos em campo.

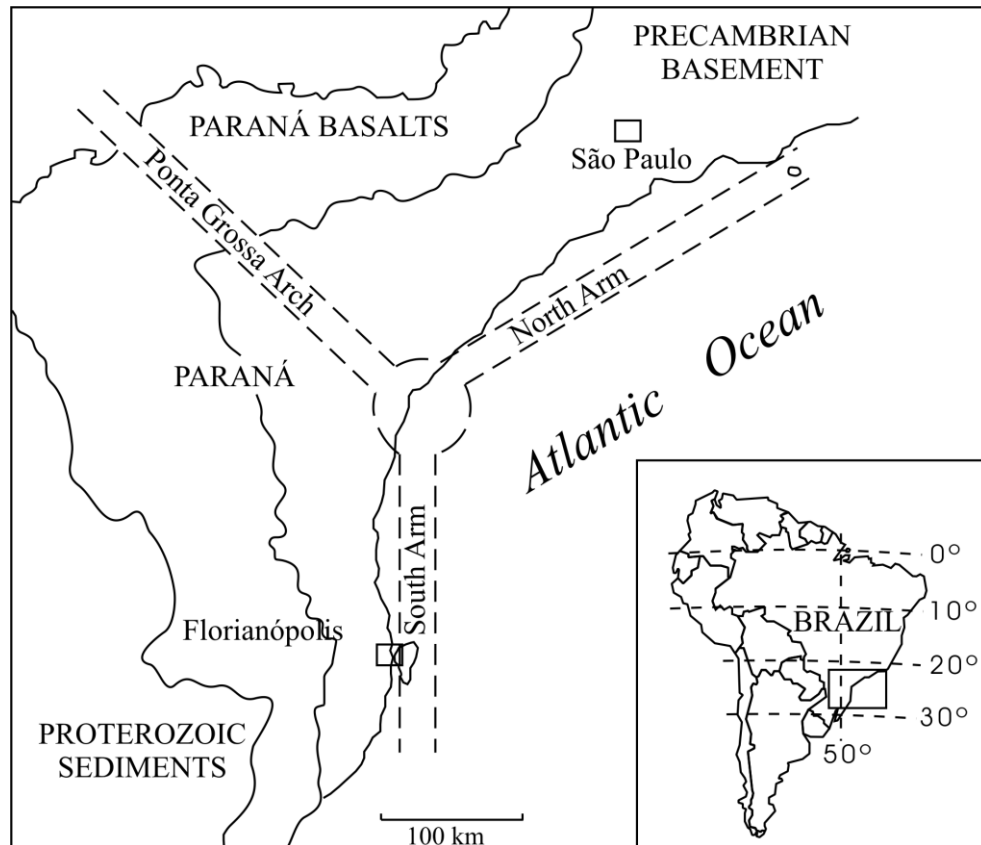


Figura 29: Sistema de junção Tríplice (COUTINHO, 2008).

A abertura destes diques de direção NW-SE é interpretada como sendo perpendicular às suas paredes, ou seja, um quadro distensivo regional de direção NE-SW, com fraturas subverticais, que está relacionado com a abertura e formação do Lineamento Guapiara, antecedendo a formação do Oceano Atlântico Sul.

Em determinados afloramentos notava-se um estado avançado de alteração o que acabou dificultando as observações de feições estruturais e direções dos diques. Em alguns casos, identificaram-se alguns afloramentos com pouco grau de intemperismo, porém não foi possível medir tais feições devido às estradas não possuírem acostamento. No entanto, na grande parte dos afloramentos foi possível medir falhas, estrias e juntas.

Mapeou-se 8 diques que estão distribuídos na região centro sul da área, em vermelho (Figura 29). Estes foram traçados com auxílio da imagem aérea do Google Earth, no qual as

cristas de relevo coincidiram exatamente com os traços NW-SE observados em campo, com exceção do ponto 6.

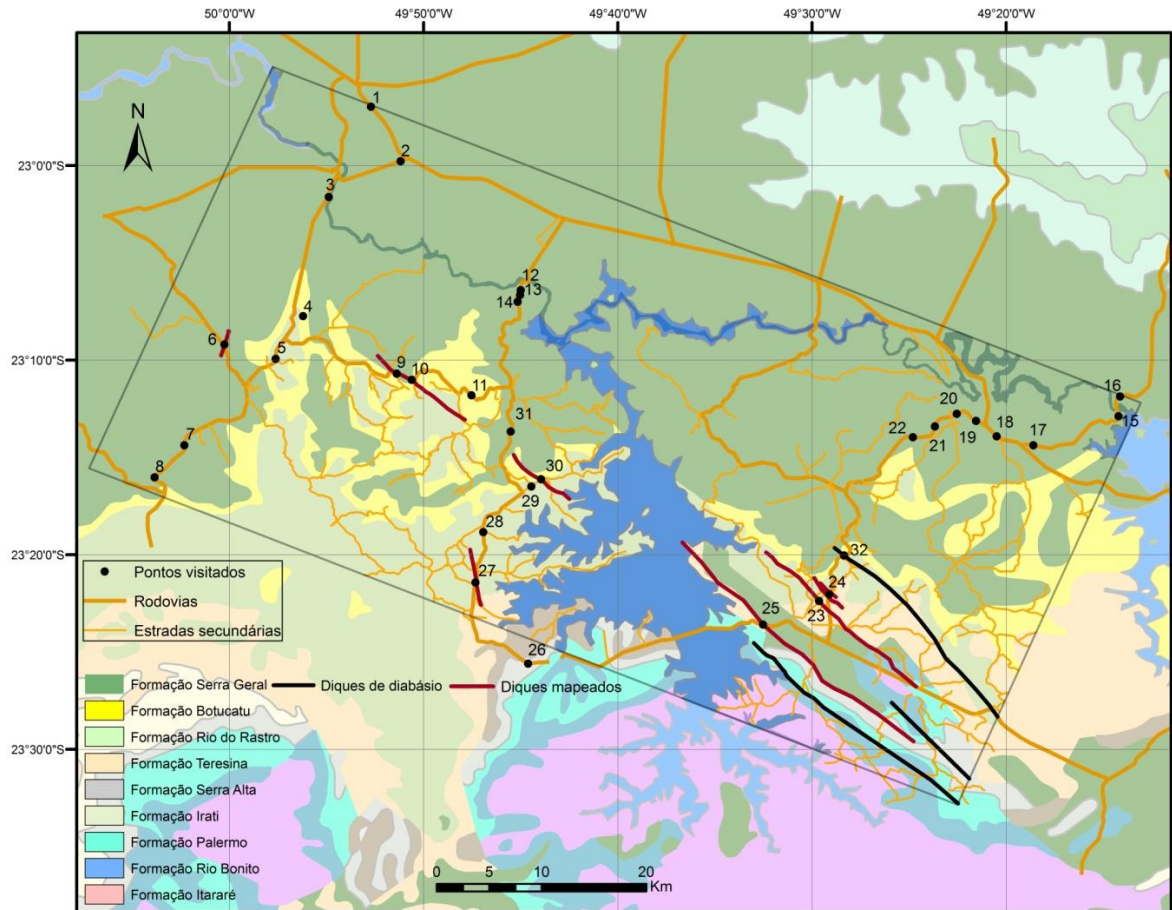


Figura 29: Mapa litológico com os diques mapeados em vermelho. Apenas um dique ocorre próxima na direção de N-S (ponto 6).

Os diques apresentam como rochas encaixantes as rochas sedimentares da Bacia do Paraná que compõe toda a área de estudo. Nos pontos 10 e 9, reconhece-se uma orientação preferencial em torno de NW-SE, com alto ângulo de mergulho N50W/Subvertical, (Figura 30 e 31). Pelos pontos estarem muito próximos entre si, foram interpretados como sendo o mesmo dique.



Figura 30: Dique de direção N50W/Subvertical (A), em contato basalto (B) e com arenito da Formação Botucatu (C). Ponto 10.



Figura 31: Dique de direção N50W/Subvertical (1). Ponto 9.

No ponto 24, observou-se o contato de direção N45W/Vertical bem marcante com os siltitos amarelos esbranquiçados da Formação Teresina (Figura 32). Próximo ao contato notou-se algumas porções de arenito de granulação fina a média e siltitos metamorfizados.



Figura 32: *Contato entre siltito da Formação Teresina, à esquerda, com diabásio à direita, de direção N45W/Vertical.*

No ponto 25, tem-se um dique de atitude N35W/Subvertical, em contato com siltitos amarelo esbranquiçado da Formação Teresina (Figura 33).



Figura 33: *Diabásio na porção esquerda da figura e siltitos da Formação Teresina na porção direita.*

Basaltos: os basaltos mapeados estão distribuídos ao longo de toda a área, com moderado a alto grau de intemperismo, o que possibilitou a medida de falhas, juntas e estrias. Em alguns pontos, foi possível observar o contato com arenitos da Formação Botucatu. No ponto 4, nota-se uma pedreira com intenso fraturamento vertical (Figura 34).



Figura 34: Pedreira de basalto com notável família de fratura vertical de atitude N72E/85NW.

Riólitos: distribuídos apenas na região central da área, apresentam estrutura vesicular resultante de escape de gases e possuem cor branca rosada, ponto 12 e figura 35. Já no ponto 13 formam túneis de lava com fraturamento intenso e estão em contato com arenitos da Formação Botucatu.



Figura 35: Riólito com estrutura vesicular com pequena orientação do fluxo de lava.

7.5 Quadro estrutural

As feições estruturais reconhecidas em campo foram juntas, falhas e estrias que afetam as rochas sedimentares da Bacia do Paraná e diques, basaltos e riólitos da Formação Serra Geral, apresentadas a seguir:

7.5.1 Juntas

O padrão geral das juntas reconhecido em campo apresenta três principais famílias, com alto ângulo de mergulho orientadas em torno de N60E/subvertical (1) seguida de N30W/subvertical (2) e N80W/subvertical (Figura 36).

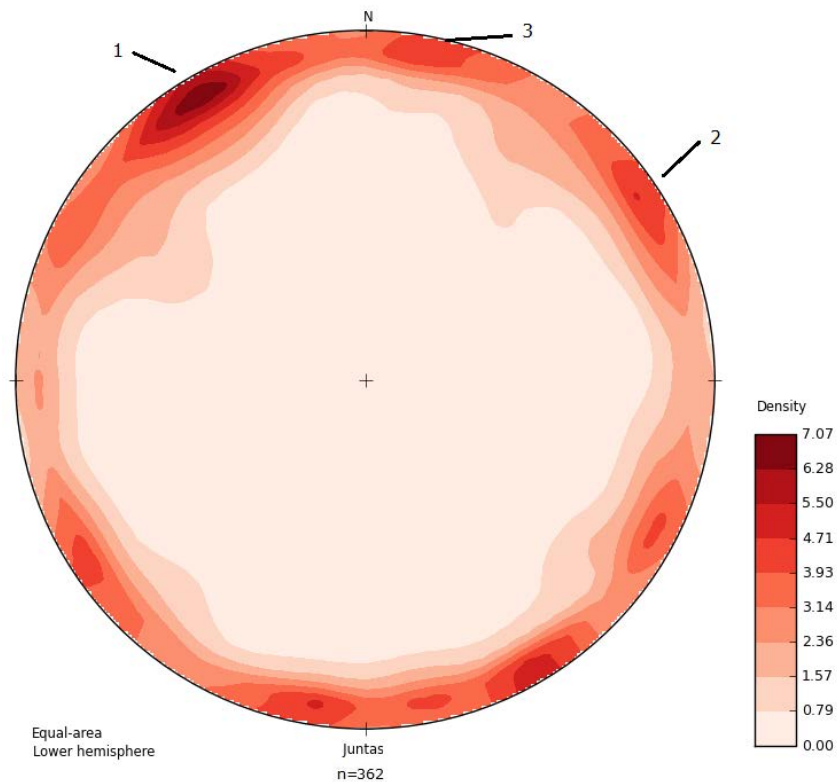


Figura 36: Estereograma de frequência dos pólos das juntas indicando as principais direções.

Estas direções coincidem com os dados estruturais obtidos através dos mapas de drenagem e de lineamentos estruturais, nos quais marcam o padrão de fraturamento em escala macroscópica que influencia fortemente a geomorfologia da região de estudo. A direção WNW-ESE (3), coincide com a direção do Alinhamento Paranapanema, que é um alinhamento estrutural de idade Cambro-Ordoviciano no qual teve importante atuação na evolução tectônica da Bacia do Paraná, desde o Permo-Carbonífero até o Eo-Cretáceo. Uma reativação de falhas no Cenozóico deste lineamento, com sedimentação em algumas bacias isoladas, evidencia um evento ativo até recentemente (FULFARO, 1974).

As medidas foram realizadas em sua maioria em basaltos (Figura 37), nos diques de diabásio (Figura 38), seguidas em arenitos (Figura 39), siltitos (Figura 40) e em riolitos (Figura 41), sendo este último apresentando estrutura de túnel de lava. Nos siltitos, é bem marcante a presença de fraturas com espaçamento decimétrico.



Figura 37: Padrão de juntas subverticais em basalto parcialmente intemperizado. Ponto 7.



Figura 38: Padrão de juntas subverticais no diabásio. Ponto 9.



Figura 39: Padrão de fraturamento subvertical observado em arenito da Formação Botucatu. Ponto 20.



Figura 40: Junta subvertical deformando em siltito da Formação Rio do Rastro com abertura de aproximadamente 1 cm. Ponto 5.



Figura 41: Padrão de junta subvertical no riólito, em vermelho, com a linha escura marcando o limite do fluxo de lava e a porção inferior representado uma estrutura na forma de túnel de lava. Ponto 14.

As juntas reconhecidas nos riólitos, diques e basaltos apresentam praticamente as mesmas direções do quadro de juntas geral, ou seja, possuem alto ângulo de mergulho e estão orientadas respectivamente em torno de N60E/subvertical (1), N80W/subvertical (2) e N30W/subvertical (3) (Figura 42).

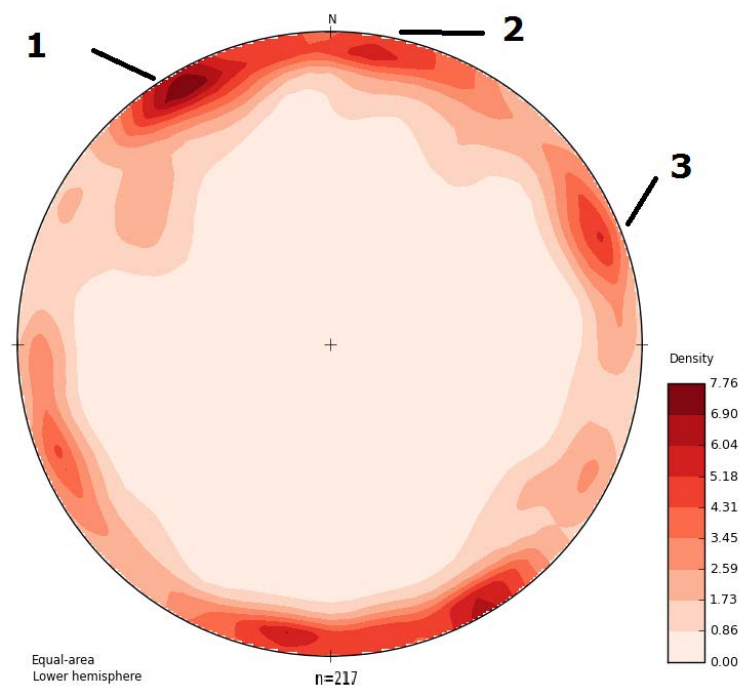


Figura 42: Estereograma da freqüência dos pólos das principais famílias de juntas que afetam as rochas da Formação Serra Geral.

Pelas juntas deformarem as rochas magmáticas da Formação Serral Geral e não estarem associadas com o resfriamento admite-se uma atividade tectônica pós-magmatismo básico mesozóico relacionado com a quebra do continente Gondwana e podendo estar relacionadas com estruturas mais jovens.

7.5.2 Falhas

O quadro de falhas reconhecido na região estudada mostra um predomínio de falhas normais, falhas transcorrentes dextrais, sinistras e falhas inversas, mostrando uma superposição de orientações e interpretadas como mais de um evento deformacional, sendo que a maioria destas feições apresenta alto ângulo de mergulho.

As falhas normais, que ocorrem em maior número, apresentam como orientação preferencial N40W/80SW (1), seguidas de N40W/80NE (2) e N45E/80SE (3) (Figura 43), atingindo os arenitos da Formação Botucatu e os diques e basaltos da Formação Serra Geral. Estas feições foram reconhecidas truncando as rochas sedimentares e magmáticas e colocando em contato rochas das sequências paleozóicas e mesozóicas.

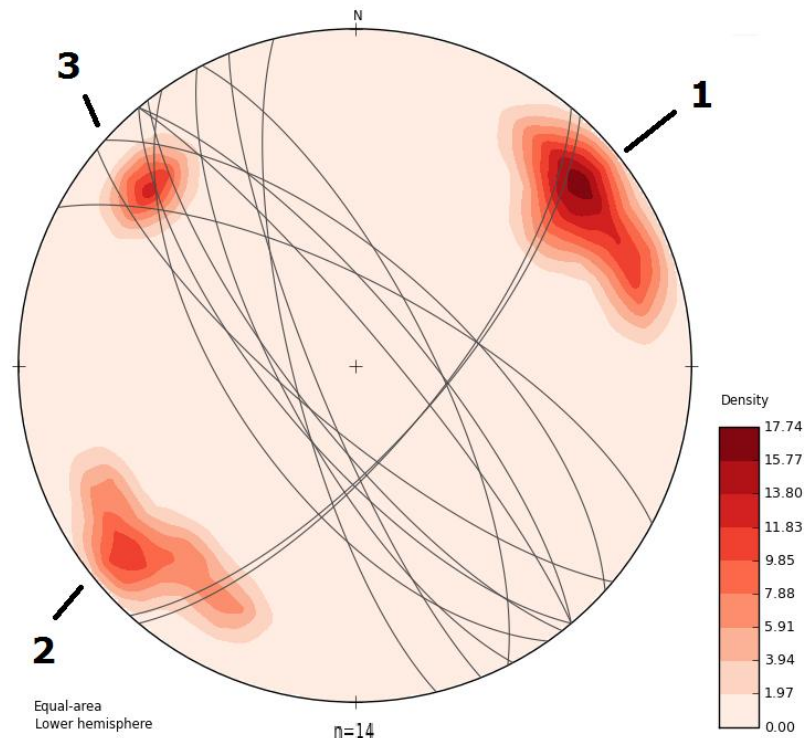


Figura 43: Estereograma dos planos de falhas normais e da frequência dos pólos com as direções principais ocorridas na área.

As falhas de direção NW-SE que afetam os arenitos formam pares conjugados (Figura 44), indicando uma posição do sigma 1 subvertical e do sigma 3 NE-SW. Dentro do contexto de deformação regional, pode estar relacionada com o esforço distensivo NE-SW responsável na região pela abertura dos lineamentos associados à formação do Lineamento Guapiara e consequentemente na formação do Arco de Ponta Grossa (ver figura 29), antecedendo a abertura do Atlântico Sul (COUTINHO, 2008).

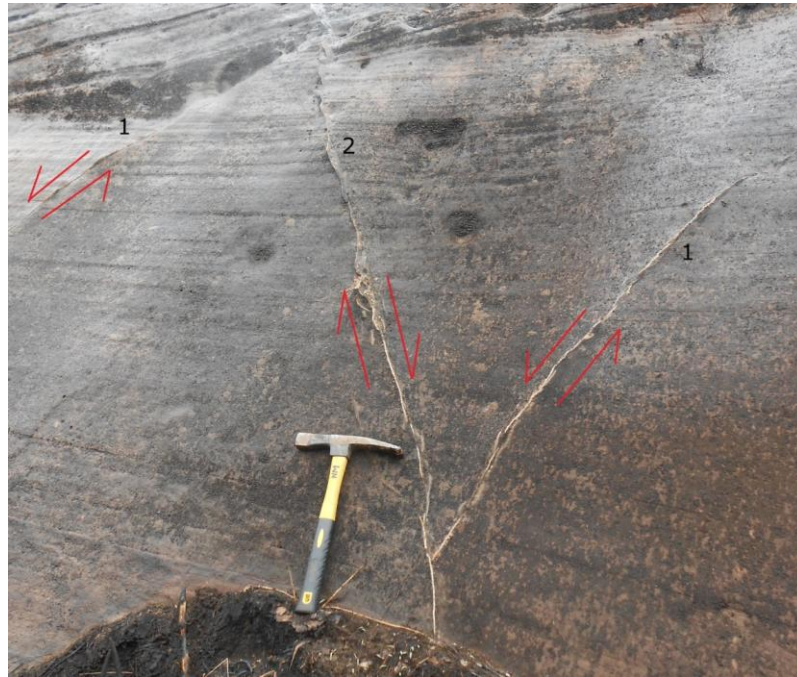


Figura 44: Par conjugado de falhas normais de direção N40W/75SW (1) e N50W/62NE (2), preenchidas por material silicificado nos arenitos da Formação Botucatu. Ponto 3.

Já as falhas normais de mesma direção que deformam os diques e basaltos estão relacionadas com um evento deformacional pós-magmatismo básico mesozóico, podendo representar uma deformação mais jovem.

As falhas normais de direção NE-SW deformam os diques (Figura 45) e basaltos (Figura 46) e coincidem com a orientação principal da zona de cisalhamento das rochas neoproterozóicas da Província da Mantiqueira. Segundo Riccomini (1989), falhas normais que compõem esta zona de cisalhamento, de direção NE a E-W foram reativadas no Paleógeno sob ação de um campo de esforços distensivos NNW-SSE e deram oportunidade à instalação e deformação das bacias que compõem o Rifte Continental do Sudeste do Brasil. Assim, podem-se relacionar às falhas normais NE-SW mapeadas como fazendo parte deste contexto, já que deformam os diques e basaltos de idade eo-cretácea.



Figura 45: Falha normal de direção N40E/80SE, afetando os arenitos da Formação Botucatu e o diabásio da Formação Serral Geral. Ponto 10.



Figura 46: Falha normal de direção N40E/60SE, observada em planta, com o basalto bem intemperizado (B) descendo em relação ao arenito da Formação Botucatu (A). Ponto 16.

Foram reconhecidas duas únicas falhas transcorrentes sinistras, de direções EW/subvertical (Figura 47) e N8W/80NE que afetam os basaltos da Formação Serra Geral e arenitos da Formação Botucatu (ponto 10), respectivamente.



Figura 47: Plano estriado de falha transcorrente sinistral, indicando o sentido do movimento e as setas vermelhas indicando os principais ressaltos. Ponto 4.

Os dados são poucos para correlacionar com eventos regionais, porém tanto Riccomini et al. (2004) quanto Morales et al. (2011) apresentam traços de transcorrências afetando as unidades mais jovens. As fases tectônicas deformadoras do sistema de riftes do sudeste brasileiro envolveriam novas reativações ao longo de falhas existentes, e em menor escala, teriam sido responsáveis por gerar novas estruturas. Posteriormente aos esforços distensivos NNW-SSE que possibilitaram a instalação das bacias do sudeste brasileiro, um esforço transcorrente sinistral E-W, com distensão NW-SE e localmente, compressão NE-SW, de idade neogênica teriam ocorrido e representou o primeiro evento deformacional após a instalação das bacias que compõem o rift. Esse jogo de esforços, bem como a geração de novas estruturas, representa uma deformação mais jovem (RICCOMINI, 1989).

A falha sinistral E-W mapeada na área de estudo pode estar relacionada com esta etapa deformacional, pois esta afeta o basalto da Formação Serra Geral evidenciando um

evento tectônico pós-Mesozoico e possivelmente, também representa indícios da deformação neotectônica na região (MORALES et al., 2011).

As falhas transcorrentes dextrais atingem os diques e basaltos da Formação Serra Geral e encontram-se bem distribuídas, com direção principal N6E/vertical (1), seguidas de N16W/subvertical (2), N80W/subvertical (3) e N26W/65NE (4) (Figura 48).

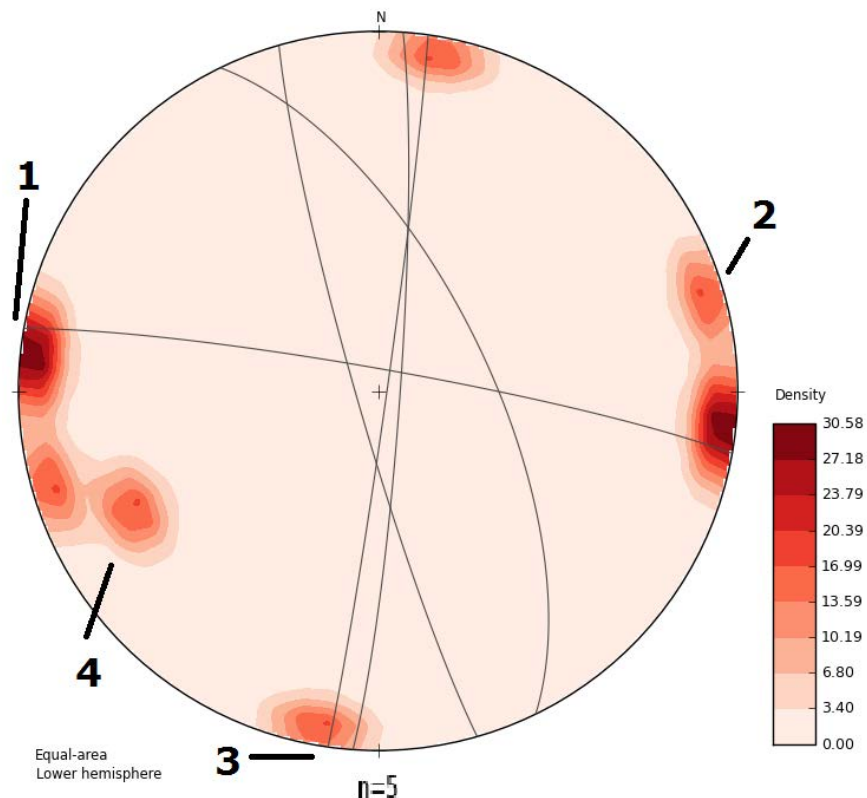


Figura 48: Estereograma dos planos das falhas dextrais e da frequência dos polos. Nota-se que as falhas dextrais estão distribuídas próximas a NS e WNW-ESSE.

A distribuição das atitudes das falhas dextrais dificulta o posicionamento de um único evento deformacional, porém é possível buscar feições semelhantes na evolução do Sistema de Riftes Continentais do Sudeste. Segundo Riccomini (1989), após a fase sinistral houve um período de maior estabilidade tectônica que durou até o Pleistoceno Superior possibilitando a deposição de sedimentos até o Pleistoceno Superior. A transcorrência dextral com compressão NW-SE, representando o segundo evento deformacional desse sistema de riftes, vem então a deformar esses depósitos das bacias que compõem o Sistema de Riftes Continentais do Sudeste, bem como os oligocênicos, sendo também responsáveis por deformar os diques do Maciço de Itatiaia.

A falha dextral WNW/ESE evidencia uma atividade tectônica pós-Eo-Cretáceo e pode estar relacionada com esforços compreensivos de direção NW-SE do Neógeno até o Quaternário, evidenciando movimentações neotectônicas (RICCOMINI et al., 2004; MORALES et al., 2011), assim pode ser enquadrada nessa etapa evolutiva. Outras falhas transcorrentes dextrais, direcionadas NNE, foram reconhecidas, porém não foi possível associá-las a esses pulsos deformacionais. Como cortam o basalto da Formação Geral, podem estar relacionadas com um contexto mais jovem.

Em relação às falhas inversas, foi reconhecida apenas uma com atitude N30E/80NW afetando o basalto da Formação Serra Geral, no ponto 32. Esta falha pode estar relacionada com o esforço compreensivo NW-SE do Neógeno até o Quaternário, que também coincide com o conjunto de esforços segundo Morales et al., (2011) (Figura 49), que evidenciou movimentações neotectônicas entre as cidades de Ponta Grossa e Jaguariaíva– PR.

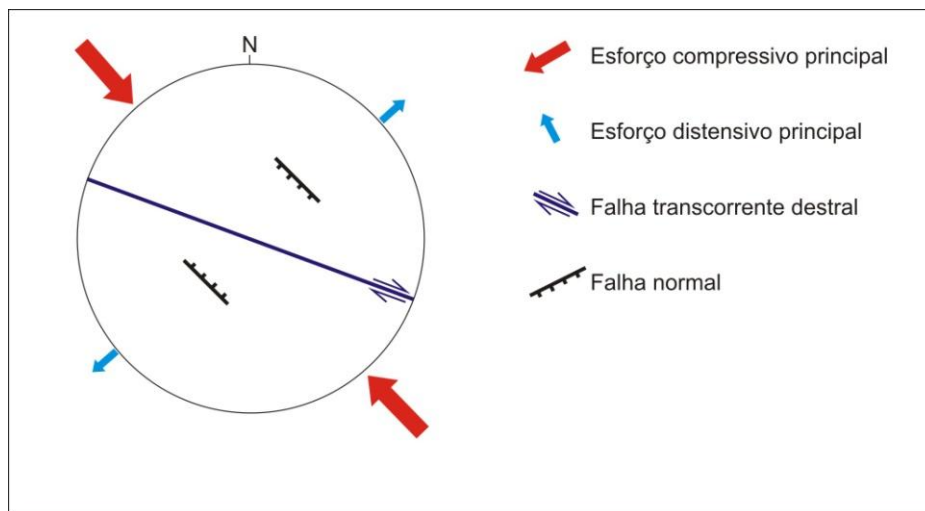


Figura 49: Quadro esquemático das direções principais de falhas e direções de eixos de paleotensão. (MORALES et al., 2011).

8 CONCLUSÕES

Pelos mapas temáticos obtidos, nota-se uma geomorfologia fortemente controlada por feições estruturais como juntas, falhas e diques que são responsáveis por gerar um alinhamento de direção principal NW-SE, seguida de NE-SW.

Os diques formam cristas alinhadas de relevo de direção preferencial NW-SE e cortam as rochas sedimentares da Bacia do Paraná, compondo o limite setentrional do Arco de Ponta Grossa. O que proporcionou a intrusão desses diques foi um esforço distensivo de direção NE-SW ocorrido durante a separação do continente Gondwana, sendo o Arco de Ponta Grossa um dos braços abortados de uma junção tríplice formada na época.

As juntas mapeadas mostram uma principal direção NE-SW, seguida de NW-SE e deformam tanto os sedimentos da Bacia do Paraná como as rochas da Formação Serra Geral. Neste último caso, as juntas evidenciam uma deformação tectônica pós-Mesozóico e podem indicar um quadro evolutivo mais jovem.

O quadro de falhas mapeadas mostra uma superposição de orientações que acaba por evidenciar mais de uma etapa evolutiva. As falhas normais de direção NW-SE, que deformam os Arenitos Botucatu, podem relacionar-se com um esforço distensivo NE-SW que possibilitou a intrusão dos diques que compõem o Lineamento Guapiara; no entanto, as de mesma direção que deformam as rochas da Formação Serra Geral podem estar relacionadas com um evento tectônico mais jovem, pós-Eo-Cretáceo, indicando um possível quadro neotectônico. Algumas falhas normais de direção NE, transcorrentes sinistrais e transcorrentes dextrais associada com a falha inversa, que também afetam os diques e basaltos da Formação Serra Geral, evidenciam um evento tectônico pós-Mesozóico e podem respectivamente estar relacionadas com os seguintes eventos deformacionais do Sistema de Riftes Continental do Sudeste do Brasil: esforços distensivos de direção NNW-SSE, no Paleógeno, reativaram como falhas normais de antigas zonas de cisalhamento proterozóicas de direção NE a ENE, possibilitando assim a instalação das bacias que compõem o Sistema de Riftes Continental do Sudeste Brasileiro; superposição por pulsos de transcorrência sinistral, de direção E-W e idade neogênica (Mioceno) e transcorrência dextral do Neógeno até o Quaternário, de direção WNW-ESE. As feições reconhecidas na área, apesar de pequeno número, se ajustam a este quadro evolutivo reconhecido por outros autores.

Portanto, as estruturas que afetam os diques e basaltos, principalmente as falhas mapeadas, indicam uma atividade tectônica pós Eo-Cretáceo e parte dessas estruturas podem estar relacionadas desde o Neógeno até o Pleistoceno Superior, tratando-se dos principais indícios de deformação neotectônica no Lineamento Guapiara.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSINE, M. L., PIRANHA, J. M., CARNEIRO, C. D. R. Os paleodesertos Pirambóia e Botucatu. In: MANTESSO NETO, V.; BARTORELLI, A., CARNEIRO, C. D. R.; BRITO NEVES, B.B. (Ed.). **Geologia do continente sul-americano**: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo, Beca, 2004 capítulo 5, p.77-92.
- BACIA DO PARANÁ. In: WIKIPÉDIA: a enciclopédia livre. [S.l.]: [s.n.], 2012. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Bacia_do_Paran%C3%A1>. Acesso em: 30 jan. 2012.
- CPRM – **COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS**. Geologia e Recursos Minerais do Estado de São Paulo: Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Brasília: MME, Programa Geologia do Brasil: Integração, Atualização e Difusão de Dados da Geologia do Brasil, Mapas Geológicos Estaduais. Escala 1:750000, CD-ROM, 2006.
- COUTINHO, J. M. V. Dyke swarms of the Parana Triple Junction, Southern Brazil. **Geologia USP: Série Científica**, São Paulo, v. 8, n. 2, p.29-52, 2008.
- FERREIRA, F. J. F., MORAES, R., FERRARI, M. P., VIANNA, R. B. Contribuição ao estudo do Alinhamento Estrutural de Guapiara. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3., 1981, Curitiba. **Anais...** São Paulo: SBG, 1981. v. 1, p.226-240.
- FERREIRA, F. J. F. Geologia da Bacia do Paraná - Alinhamentos estruturais-magnéticos da região centro-oriental da Bacia do Paraná e seu significado tectônico. In: PAULIPETRO. **Geologia da Bacia do Paraná**: reavaliação da potencialidade e prospectividade em hidrocarbonetos. São Paulo: CONSÓRCIO CESP/IPT, 1982. p. 143-166. (Public. Especial 1207).
- FULFARO, V. J.; PERINOTTO, J. A. J.; BARCELOS, J. H. 1991. Formação Tietê: o pós-glacial no Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 2., 1991, São Paulo. **Atas...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 1991. p. 397-404.
- FULFARO, V, J. Tectônica do alinhamento estrutural do Paranapanema. **Bol. IG**, São Paulo, vol.5, pp. 129-138.
- GOOGLE EARTH. Disponível em :<<http://earth.google.com/>>. Acesso em: 10 ago. 2013.
- IZELI, M. G. B. **Controle Estrutural do Embasamento Emerso na Porção Central da Bacia de Santos, Utilizando Sensoriamento Remoto e Interpretação Sísmica**. 2008. 65 f. Trabalho de Conclusão (Graduação em Geologia)-Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2008.

- LAVINIA, E.L.; LOPES, R.C. A transgressão marinha do Permiano Inferior e a evolução paleogeográfica do Supergrupo Tubarão no Estado de Rio Grande do Sul. **Paula Coutiana**, Porto Alegre, n 1, p. 51-103, 1986.
- MACHADO JUNIOR, D. L. **Condicionamento Estrutural e Contexto Tectônico do Alinhamento de Guapiara**. 2000. 143 f. Tese (Doutorado em Geologia)-Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000a.
- MILANI, E. J. **Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana sul-ocidental**. 1997. 2 v. Tese (Doutorado em Geociências)–Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Porto Alegre, 1997.
- MILANI, E. J.; MELO, J. H. G.; SOUZA, P. A.; FERNANDES, L. A.; FRANÇA, A. B. Cartas Estratigráficas – Bacia do Paraná. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 265–287, maio/nov. 2007.
- MINEROPAR – MINERAIS DO PARANÁ S.A. **Mapa geológico do Paraná**. Curitiba: Secretaria de Indústria, Comércio e do Turismo do Estado do Paraná, 2001. Escala: 1:1.000.000. (CD-ROM).
- MIO, E. **Modelagem Crustal da Bacia de Santos pela Integração de Métodos Geofísicos**. 2005. 94 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2005.
- MIRANDA, E. E. de; (Coord.). **Brasil em Relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 10 jun. 2013.
- MORALES ,N.; HASUI, Y.; SOUZA, I.A.; SOARES JR., A.V.; MACHADO, F.B.; SALAMUNI, E.; BERUSKI, R. Tectônica direcional pós-magmatismo básico na região do Arco de Ponta Grossa, SP/PR. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 13 e INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TECTONICS, 7., 2011, Campinas – SP. **Anais...** Campinas – SP, Sociedade Brasileira de Geologia – Núcleo de São Paulo 2011.
- PERINOTTO, J.J.; ETCHEBEHERE, M, L, C.; SIMÕES, L, S, A.; ZANARDO, A. Diques clásticos na Formação Corumbataí no nordeste da Bacia do Paraná - SP: Análise sistemática e significações estratigráficas, sedimentológicas e tectônicas. **Geociências**, São Paulo, vol.27, n.4, p. 469-491.
- RICCOMINI, C. **O Rift Continental do sudeste do Brasil**. 1989. 256 f. Tese (Doutorado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

- RICCOMINI, C; SANT'ANNA, L.G.; FERRARI, A.L. Evolução geológica do rift continental do Sudeste do Brasil. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C.D.R.; BRITO-NEVES, B. B. (Ed.). **Geologia do continente Sul-Americano**: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo: Beca, 2004. p. 383-405.
- 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, XXVIII, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre SBG, 1974. p.41-65.
- STRUGALE, M.; ROSTIROLLA, S. P.; MANCINI, F.; PORTELA FILHO, C. V.; FERREIRA, F. J. F.; FREITAS, R; C. Structural framework and Mesozoic- Cenozoic evolution of Ponta Grossa Arch, Paraná Basin, southern Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, Oxford, v. 24, p. 203-227, 2007.
- VAIL, P. R.; MITCHUM, R. M.; THOMPSON, S. Seismic Stratigraphy and global change of sea level, part 3: relative changes of sea level from coastal onlap. In: PAYTON, C. E. (Ed.). **Seismic Stratigraphy**: applications of hydrocarbon exploration. Tulsa: American Association of American Geologist, 1977. p. 205-212. (AAPG Memoir, 26).
- ZALÁN, P.V.; WOLFF, S.; CONCEIÇÃO, J.C.; MARQUES, A.; ASTOLFI, M.A.M; VIEIRA, I.S.; APPI, V.T. Bacia do Paraná. In: ORIGEM E EVOLUÇÃO DE BACIAS SEDIMENTARES, 1990, Rio de Janeiro, Petrobrás, Rio de Janeiro, 1990, p. 135-164.