

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA**

**ANÁLISE MORFOESTRUTURAL COMO FERRAMENTA PARA A
IDENTIFICAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE PROCESSOS TECTÔNICOS
ASSOCIADOS COM A FORMAÇÃO TUPANCIRETÃ-RS.**

HENRIQUE DIAS MARIN

Porto Alegre
2022

HENRIQUE DIAS MARIN

**ANÁLISE MORFOESTRUTURAL COMO FERRAMENTA PARA A
IDENTIFICAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE PROCESSOS TECTÔNICOS
ASSOCIADOS COM A FORMAÇÃO TUPANCIRETÃ-RS.**

Trabalho de Conclusão do Curso de Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Apresentado na forma de monografia, junto à disciplina Projeto Temático em Geologia III, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Orientadores: Prof. Dr. Norberto Dani

Prof. Dr. Marcus Vinicius Dornelles Remus.

Porto Alegre

2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **Análise Morfoestrutural como Ferramenta para a Identificação da Influência de Processos Tectônicos Associados com a Formação Tupanciretã-RS**, elaborado por **Henrique Dias Marin**, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Clódis de Oliveira Andrades Filho

Prof. Dr. Nelson Amoretti Lisboa

Profa. Dra. Silvana Bressan Riffel

CIP - Catalogação na Publicação

Dias Marin, Henrique
ANÁLISE MORFOESTRUTURAL COMO FERRAMENTA PARA A
IDENTIFICAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE PROCESSOS TECTÔNICOS
ASSOCIADOS COM A FORMAÇÃO TUPANCIRETÃ-RS. / Henrique
Dias Marin. -- 2022.
64 f.
Orientador: Norberto Dani.

Coorientador: Marcus Vinicius Dornelles Remus.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto
de Geociências, Curso de Geologia, Porto Alegre,
BR-RS, 2022.

1. Formação Tupanciretã. 2. Morfoestruturas. 3.
Sensoriamento Remoto. 4. Aerofotogeologia. 5.
Geomorfologia. I. Dani, Norberto, orient. II.
Vinicius Dornelles Remus, Marcus, coorient. III.
Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Dedicado a Vera Lúcia Dias Marin, que
sempre apoiou meus projetos de vida.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus a oportunidade de concluir com sucesso essa monografia. Muitas foram as adversidades para concluí-la com o advento da pandemia da COVID-19.

Agradeço à minha mãe, Vera Lúcia Dias Marin, pelo apoio, incentivo e orientação. Sem ela eu não estaria me formando.

Agradeço à minha namorada Luana Saibro pela compreensão, apoio e suporte necessário.

Agradeço ao meu orientador Professor Norberto Dani e coorientador Professor Marcus Remus, pelo empenho dedicado à elaboração deste trabalho. Com o advento da pandemia, houve muitos obstáculos, como por exemplo o impedimento do meu acesso ao Laboratório de Difractometria de Raios-X (DRX), dessa forma adaptou-se este projeto para uma análise da região com o uso de Sensoriamento Remoto.

Agradeço ao Professor Lisboa por todo ensinamento e conhecimento sobre geomorfologia da Formação Tupanciretã e do Rio Grande do Sul. Magnífica pessoa, esteve presente em todas as reuniões virtuais desse projeto. Esteve em campo juntamente com o professor Dani.

Por fim, mas não menos importante, um agradecimento a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) pelo financiamento do projeto, pela estrutura, laboratórios, frota de veículos, motoristas, professores, enfim, ao conjunto de pessoas e objetos que formam essa universidade e a tornam excelente.

Meu muito obrigado.

We can be heroes everywhere we go
Keeping us down is impossible
'Cause we're unstoppable

The Score - Unstoppable

RESUMO

Esse projeto visa complementar e agregar informações relativas à Formação Tupanciretã, que se apresenta como um pacote sedimentar de cobertura e que ocorre em regiões específicas no Planalto Meridional. Trata-se de uma unidade inserida dentro do contexto da geologia do Rio Grande do Sul, mas ainda com poucos dados e, portanto, com muitos questionamentos. No período atual, observa-se um significativo avanço do sensoriamento remoto, com o desenvolvimento e a oferta de novos produtos de monitoramento, pelo aumento das facilidades de acesso, pela melhoria dos computadores e dos programas de processamento. Através das técnicas de interpretação destas imagens, são extraídas várias informações importantes para a geologia. O projeto se propõe a utilizar produtos de sensoriamento remoto e técnicas correlatas para o estudo da Formação Tupanciretã, voltado para o inventário e identificação de feições do terreno indicativas de processos tectônicos. O alvo principal será o reconhecimento de morfoestruturas lineares e/ou anelares associadas ao Tupanciretã ou mesmo delimitadoras das áreas aflorantes da unidade. Caso identificadas, as morfoestruturas serão objetos de estudo de detalhe com produtos de sensoriamento remoto complementares (imagens de alta resolução espacial, SRTM e fotografias aéreas) com o objetivo de estabelecer relações com um modelo de tectônica rígida pré ou pós Tupanciretã.

Palavras-Chave: Formação Tupanciretã. Morfoestruturas. Sensoriamento Remoto. Aerofotogeologia. Geomorfologia.

ABSTRACT

This project aims to complement and add information related to the Tupanciretã Formation, which presents itself as a sedimentary cover package and which occurs in specific regions of the South-Rio-Grandense Plateau. It is a unit inserted within the context of the geology of Rio Grande do Sul, but still have little data and, therefore, have many questions. In the current period, there is a significant advance in remote sensing, with the development and offer of new monitoring products, due to the increase in access facilities, the improvement of computers and processing programs. Through the interpretation techniques of these images, several important information for geology are extracted. The project proposes to use remote sensing products and related techniques to study the Tupanciretã Formation, aimed at the inventory and identification of terrain features indicative of tectonic processes. The main target will be the recognition of linear and/or annular morphostructures associated with Tupanciretã or even delimiting the outcropping areas of the unit. If identified, the morphostructures will be studied in detail with complementary remote sensing products (high spatial resolution images, SRTM and aerial photographs) in order to establish relationships with a rigid tectonic model pre or post Tupanciretã.

Keywords: Tupanciretã Formation. Morphostructures. Remote sensing. Aerial photogeology. Geomorphology.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1.** Reprodução parcial do Mapa Geológico do Estado do RS, assinalando-se a localização da Formação Tupanciretã, inteiramente inserida no platô basáltico da Formação Serra Geral. Modificado de Mapa Geológico do Rio Grande do Sul, Escala 1: 750.000 (Modificado de Mapa Geológico do Rio Grande do Sul, CPRM, WILDNER, W; RAMGRAG, G. E.; LOPES, R. C.; IGLESIAS, C. M. F., 2006).18
- Figura 2.** Reprodução parcial do Rio Grande do Sul, enfatizando as grandes unidades geomorfológicas, a área de abrangência da Formação Tupanciretã e a localização da área de estudo. A Formação Tupanciretã está inteiramente associada ao Planalto Meridional. (Modificado de Mapa Geológico do Rio Grande do Sul, CPRM, WILDNER, W; RAMGRAG, G. E.; LOPES, R. C.; IGLESIAS, C. M. F., 2006).19
- Figura 3.** Vista parcial da Formação Tupanciretã que forma um relevo formado por colinas com vertentes suaves. Em primeiro plano rochas basálticas da Formação Serra Geral e ao fundo as colinas da Formação Tupanciretã (foto do autor).20
- Figura 4.** Microformas erosivas tipo voçorocas onde as melhores exposições da Formação Tupanciretã podem ser observadas (foto do autor).21
- Figura 5.** Distribuição da Bacia do Paraná, na qual está inserida a Formação Botucatu, retirado de Northfleet et al. (1969).22
- Figura 6.** Detalhe da distribuição das ocorrências da Formação Tupanciretã (ENTp), alongada na direção NE-SW na forma de diversas exposições remanescentes mapeadas da unidade, aqui numeradas num total de 22. A área abrangida pelo retângulo em azul corresponde ao setor da Formação Tupanciretã abrangida por este projeto. Adaptado de CPRM (2006) e Andrades Filho (2017).26
- Figura 7.** Área de estudo com a forma de um retângulo com 30x40km. A área hachurada em amarelo mostra a distribuição conhecida da Formação Tupanciretã na área de estudo. (Extraído e Modificado de Google Earth Pro).27
- Figura 8.** Criação de um anaglifo através da fusão das imagens de satélite extraídas Google Earth com a ferramenta terreno ativada. (adaptado)30
- Figura 9.** Anaglifo da área de estudo construído através da combinação das imagens aéreas com o uso do software EstereoPhoto Maker. São observados alguns defeitos nas imagens obtidas a partir do Google Earth® como a heterogeneidade do mosaico

em termos de tonalidade (geram áreas retangulares claras) e a presença de nuvens.	34
Figura 10. Traçado dos lineamentos associados com cristas no terreno (A) e com vales (B). Entre os lineamentos de crista destaca-se o lineamento de médio porte com direção NE e que atravessa a área de estudo indicativo da presença de Falhamento	35
Figura 11. Orientações dos lineamentos de crista (A) e de vale (B). Observa-se várias direções, mas nos lineamentos de vale, os mais expressivos se agrupam na direção NW e nos lineamentos de crista tem-se a direções preferenciais para NE e NW.	36
Figura 12. (a) Divisão da área de estudo em região A e B; (b) Lineamento de crista NE/SW, inscrito dentro da elipse, que divide a região em A e B.	39
Figura 13. Diagrama obtido a partir da orientação e comprimento dos canais de drenagem na totalidade da área de estudo. As orientações são multidirecionais e característica de um padrão de drenagem em treliça. 36 segmentos com setores do diagrama com dimensão de 10°.	39
Figura 14. Disposição da drenagem da região e a função do lineamento de crista como divisor de água entre as duas regiões da área de estudo.	40
Figura 15. Imagem de satélite da região de estudo salientando-se as regiões A e B.	41
Figura 16. Realce das regiões com maior densidade de drenagem, caracterizando nestas áreas uma textura média a fina da rede de drenagem. Nos demais setores observa-se uma textura de drenagem média a grossa.	41
Figura 17. Possível estratificação cruzada.	42
Figura 18. (a) Nível de caulinita (b) Amostra de material silicoso em estado de corrosão. (c) Estratificação cruzada truncada de pequeno porte	43
Figura 19. (a) estrutura plano paralela evidenciada por alteração arroxeadas; (b) e (c) Estrutura cruzada tangencial de baixo ângulo;.....	45
Figura 20. (a) Material fino homogêneo bem selecionado acima da gradação. (b) Material caulinizado com granodecrescência ascendente	45
Figura 21. (a) Indicação da forma circular do material localizado.....	46
Figura 22. (a) Foto geral do ponto TUP-05; (b) detalhe dos seixos quartzosos de 4 a 7cm. (c) Seixo de composição arenítica (d) Detalhamento da linha de seixos.	47

Figura 23. (a) Exposição local do ponto 6 situado em um corta de estrada; (b) e (c) perfil do solo avermelhada possuindo aproximadamente 30 cm de altura com sedimentos de tamanho silte a argila.	48
Figura 24. (a) Conglomerado clasto suportado; (b) Amostra do conglomerado com seixos de basalto; (c) Bloco de basalto com nível de sílica milimétrico. (d) Amostra de basalto dentro dos conglomerados.	49
Figura 25. (a) Camada Plano Paralela da porção superior. (b) Feições de arrancamento (seixos ou clayballs); (c) Níveis de feições arredondadas de argila; (d). Porções de areia fina envolvendo um lóbulo de material argiloso.....	50
Figura 26. (a) Visão geral do ponto TUP-09; (b) Visão aproximada do ponto TUP-09 (c) Estrutura Incipiente Plano paralela.	51
Figura 27. (a) Perfil do ponto TUP-10; (b) Veio de quartzo perfazendo a porção basal; (c) Detalhe do placoide do veio.	52
Figura 28. (a) Estrutura plano paralela; (b) estrutura ferrificada em forma de tubo. (c) Visão geral do afloramento; (d) detalhamento da estrutura ferrificada.	53
Figura 29. (a) Foto geral do ponto TUP-12; (b) Rocha afanítica de coloração escura (basalto) com vesículas preenchidas e vazias; (c) Ágatas preenchendo vesículas no basalto; (d) exposição de pilha de basalto.	54
Figura 30. Representação dos diferentes tipos de litologia da área de estudo (retângulo azul), É possível identificar pelo menos duas formações em contato (Fm. Tupanciretã e Fm. Serra Geral) com diferentes graus de resistência. (Modificado de Mapa Geológico do Rio Grande do Sul, CPRM, WILDNER, W; RAMGRAG, G. E.; LOPES, R. C.; IGLESIAS, C. M. F., 2006).	56
Figura 31. Distribuição dos lineamentos de crista identificadas nesse trabalho na área de estudo.....	57
Figura 32. Coluna estratigráfica da Formação Tupanciretã proposta por Menegotto. (Modificado de Menegotto et al., 1968).	58

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DTB – Divisão Territorial Brasileira

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

QGIS – *Quantum Gis*

SRTM - *Shuttle Radar Topography Mission*

TUP - Tupanciretã

FM – Formação

SIG – Sistema de Informações Geográficas

SEMA – Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura

FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental do RS.

RS – Rio Grande do Sul

ESRG – Escudo Sul-rio-grandense

IGEO – Instituto de Geociências

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

DRX – Difractometria de Raios-X

FRX – Fluorescência de Raios-X

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Estrutura do Projeto.	32
Tabela 2. Classificação de traços lineares segundo o seu comprimento (Extraído de Gold, D.P 1980 com modificações)	35
Tabela 3. Propriedades da rede de drenagem utilizados na análise da rede de drenagem neste estudo (Modificado de Soares & Fiori, 1976).....	38

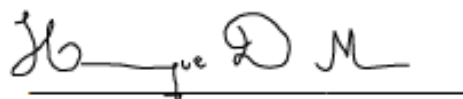
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Instituto de Geociências – Departamento de Geodésia
FICHA TÉCNICA DO PROJETO

Título: ANÁLISE MORFOESTRUTURAL COMO FERRAMENTA PARA A IDENTIFICAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE PROCESSOS TECTÔNICOS ASSOCIADOS COM A FORMAÇÃO TUPANCIRETÃ-RS.

Linha Temática: Sensoriamento Remoto, Geomorfologia

Enquadramento do Projeto: (pesquisa acadêmica, aplicada ou projeto técnico)

Aluno Proponente: Henrique Dias Marin



assinatura

Área dos Estudos: Tupanciretã-RS

Instituições Envolvidas: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

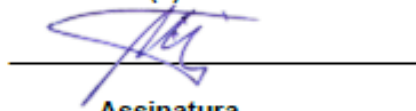
A Comissão Orientadora, abaixo assinada, reconhece ter completa ciência e comprometimento com o projeto acima intitulado e apresentado na disciplina GEO-05036 Projetos Temáticos em Geologia I.

Orientador(a): Prof. Dr. Norberto Dani



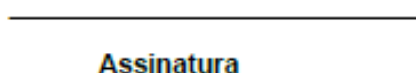
Assinatura

Orientador(a): Prof. Dr. Marcus Vinícius Dorneles Remus



Assinatura

Supervisor(a): Msc. Kelvyn Mikael Vaccari Ruppel



Assinatura

Porto Alegre, 2021

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2. GEOLOGIA DA FORMAÇÃO TUPANCIRETÃ	19
2.1 GEOMORFOLOGIA	19
2.2 GEOLOGIA REGIONAL.....	21
2.3 FORMAÇÃO BOTUCATU	22
2.4 FORMAÇÃO SERRA GERAL	23
2.5 FORMAÇÃO TUPANCIRETÃ	23
3. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	26
4. OBJETIVOS DO ESTUDO	27
5. PROBLEMAS	28
6. HIPÓTESE	29
7. MATERIAL E MÉTODO	29
8. RESULTADOS	32
8.1 ANÁLISE DO RELEVO	32
8.2 ANÁLISE DOS LINEAMENTOS.....	34
8.3 ANÁLISE DA DRENAGEM	37
8.4 DESCRIÇÃO DE CAMPO.....	42
8.4.1 Ponto 1 (TUP – 01) Pelito	42
8.4.2 Ponto 2 (TUP – 02) - Pelito	43
8.4.3 Ponto 3 (TUP – 03) - Siltito	44
8.4.4 Ponto 4 (TUP – 04) – Possível esmectita.....	46
8.4.5 Ponto 5 (TUP – 05) Arenito	46
8.4.6 Ponto 6 (TUP – 06) Solo de Basalto	48
8.4.7 Ponto 7 (TUP – 07) Conglomerado.....	49
8.4.8 Ponto 8 (TUP – 08) Silte	50
8.4.9 Ponto 9 (TUP –9) Silte Alterado	51
8.4.10 Ponto 10 (TUP – 10) Argila	52
8.4.11 Ponto 11 (TUP – 11) Arenito fino	53
8.4.12 Ponto 12 (TUP – 12) Basalto	54
9. DISCUSSÃO	55
10. CONCLUSÕES	59
11. BIBLIOGRAFIA	61

1 INTRODUÇÃO

A Formação Tupanciretã se constitui numa unidade sedimentar que ocorre encobrendo os basaltos da Formação Serra Geral, estando presente nos sucessivos mapas de síntese geológica do estado do Rio Grande do Sul (Wildner *et al.* 2006). Foi definida inicialmente a partir dos trabalhos de Menegotto *et al.* (1968) e Menegotto (1971) que empreenderam um mapeamento preliminar, acrescido de dados de natureza litológica e sedimentológica. Várias incertezas existem sobre a Formação Tupanciretã, citando-se, entre outras, o problema da idade, da proveniência e de suas relações com outras unidades geológicas, sendo importante que novos estudos sejam realizados na unidade. Nos mapas, a Formação Tupanciretã se estende sobre uma área significativa do Planalto Sul-Rio-Grandense, em contato com as rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, que se constituem no substrato da sequência sedimentar (Figura 1). Estimativas afirmam que a Fm. Tupanciretã apresenta em alguns setores uma espessura máxima entre 60 e 80 metros (Menegotto *et al.*, 1968; Horbach *et al.*, 1986). A área de abrangência da Formação Tupanciretã não é contínua e se caracteriza por um conjunto de exposições aflorantes nos interflúvios ou separados pelos vales das drenagens em decorrência de processos erosivos. O posicionamento atual dos sedimentos da Formação Tupanciretã na paisagem, ocupando as cristas e regiões mais elevadas do terreno sugerem um processo de inversão do relevo. Estas ocorrências isoladas se distribuem por uma grande área, dificultando uma avaliação abrangente da unidade. Deste modo, o uso do sensoriamento remoto permite observar de maneira integrada toda a área conhecida e aflorante da unidade. Neste projeto, uma das áreas prioritárias para a aplicação da metodologia é a região onde foi estabelecida a seção-tipo da unidade, descrita por Menegotto *et al.* (1968) como sendo a exposição localizada na Cooperativa Rural Serrana Ltda, distante cerca de 1 km a leste da cidade de Tupanciretã. Na região da seção-tipo serão aplicados os estudos com técnicas de sensoriamento remoto para a definição de elementos geomorfológicos e estruturais. Acrescenta-se que a área da seção-tipo e alguns afloramentos próximos foram alvos de uma expedição de campo, prevista no projeto inicial, quando foram feitas observações no terreno. Também foi realizada a coleta de um conjunto de amostras e realizada uma documentação fotográfica dos principais perfis encontrados.

Este projeto de conclusão de curso está direcionado para o problema de utilizar os produtos de sensoriamento remoto para encontrar evidências da influência de tectonismo e sua associação com a Formação Tupanciretã. Com este objetivo, serão observados vários elementos da paisagem (lineamentos, macros e microformas de relevo e comportamento da drenagem) nos produtos de sensoriamento remoto (anaglifos). As observações serão confrontadas com os mapas conhecidos da Formação Tupanciretã, especialmente nas regiões onde são observados contatos retilíneos e abruptos, ou indicativos de influência tectônica com os basaltos da Formação Serra Geral. Espera-se que os dados obtidos permitam levantar hipóteses sobre aspectos controvertidos como a idade relativa da Formação Tupanciretã e correlações com as unidades da Bacia do Paraná, em especial com a Formação Serra Geral e a Formação Botucatu.

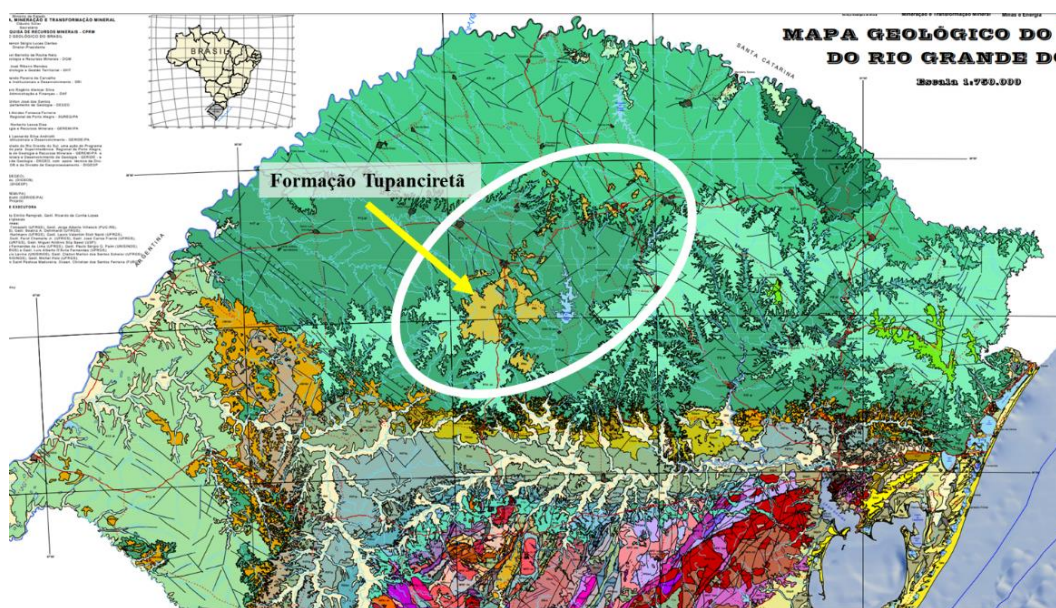


Figura 1. Reprodução parcial do Mapa Geológico do Estado do RS, assinalando-se a localização da Formação Tupanciretã, inteiramente inserida no platô basáltico da Formação Serra Geral. Modificado de Mapa Geológico do Rio Grande do Sul, Escala 1: 750.000 (Modificado de Mapa Geológico do Rio Grande do Sul, CPRM, WILDNER, W; RAMGRAG, G. E.; LOPES, R. C.; IGLESIAS, C. M. F., 2006).

Portanto, pretende-se através das técnicas de sensoriamento remoto obter informações direcionadas para o problema da idade da unidade e de sua proveniência bem como verificar a influência de processos tectônicos. Algumas respostas serão buscadas a partir da observação do comportamento estrutural e sua interpretação como pré, sin ou pós deposicional. Neste trabalho o enfoque serão os lineamentos, especialmente àqueles com grande potencial de serem classificados como

falhamentos. A análise visual de aspectos geomorfológicos, como o controle dos contatos dos sedimentos da Formação Tupanciretã com a Formação Serra Geral através dos lineamentos são fortes evidências de que os sedimentos foram afetados por movimentos tectônicos pós-deposicionais e, portanto, depositados anteriormente as reativações tectônicas. Esta abordagem de datação relativa poderá auxiliar a colocar no tempo geológico a Formação Tupanciretã através da observação de eventos pré, sin ou pós deposicionais nas possíveis zonas de falhas, visto que, são desconhecidos até o momento processos de datação absoluta dessa sequência sedimentar.

2. GEOLOGIA DA FORMAÇÃO TUPANCIRETÃ

2.1 GEOMORFOLOGIA

O estado do Rio Grande do Sul (RS) é dividido em quatro unidades geomorfológicas (Figura 2), sendo que a Formação Tupanciretã se encontra inteiramente dentro da unidade Planalto Meridional e, majoritariamente, sobre os basaltos da Formação Serra Geral. O entendimento da Formação Tupanciretã passa necessariamente pela compreensão da evolução morfoestrutural dos eventos posteriores a Formação Serra Geral e que originaram o Planalto Meridional.

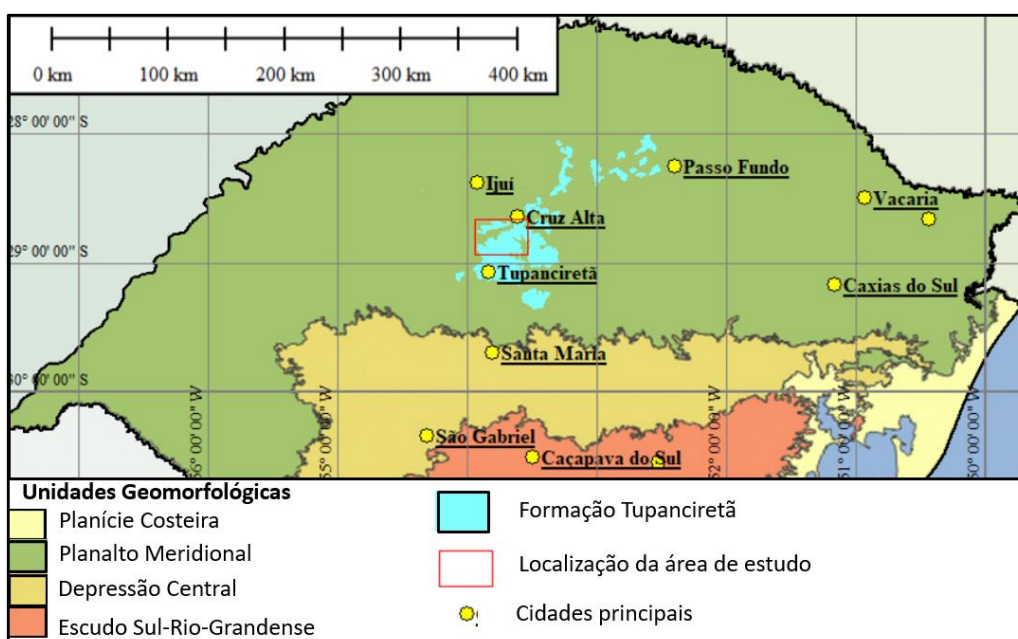


Figura 2. Reprodução parcial do Rio Grande do Sul, enfatizando as grandes unidades geomorfológicas, a área de abrangência da Formação Tupanciretã e a localização da área de estudo. A Formação Tupanciretã está inteiramente associada ao Planalto Meridional. (Modificado de Mapa Geológico do Rio Grande do Sul, CPRM, WILDNER, W; RAMGRAG, G. E.; LOPES, R. C.; IGLESIAS, C. M. F., 2006).

Os sedimentos da Formação Tupanciretã formam um relevo de colinas arredondadas com vertentes suaves. Em geral a Formação Tupanciretã é descrita como sendo formada por sedimentos friáveis (Menegotto, 1971), embora nos trabalhos de campo observou-se localmente uma forte cimentação por óxidos de ferro. Na análise do relevo fica evidente que a Formação Tupanciretã é constituída por uma litologia com característica friável, propriedade que dificulta, através de observações por sensoriamento remoto, a classificação do relevo destes estratos horizontalizados como sendo do tipo mesa ou planalto. Uma análise mais detalhada da paisagem leva a identificação de microformas do tipo camada horizontal, reforçando a classificação de um relevo evoluído a partir de um substrato em pacotes. Na paisagem, a Formação Tupanciretã posiciona-se nas partes elevadas do terreno, ocupando o topo das colinas da região (Figura 3). Nos perfis levantados na região, ocorre na base os basaltos da Formação Serra Geral e no topo dos basaltos a cobertura sedimentar da Formação Tupanciretã. Como os sedimentos dessa formação são friáveis, é comum a presença de microformas do tipo ravinas e voçorocas (Figura 4).



Figura 3. Vista parcial da Formação Tupanciretã que forma um relevo formado por colinas com vertentes suaves. Em primeiro plano rochas basálticas da Formação Serra Geral e ao fundo as colinas da Formação Tupanciretã (foto do autor).



Figura 4. Microformas erosivas tipo voçorocas onde as melhores exposições da Formação Tupanciretã podem ser observadas (foto do autor)

2.2 GEOLOGIA REGIONAL

A geologia do Rio Grande do Sul (RS) pode ser subdividida em três grandes domínios de grupos de rochas que coincidem aproximadamente com as unidades geomorfológicas (Figura 2): (1) Escudo Sul-Rio-Grandense (ESRG), (2) Gondwana e (3) Pós-Gondwana. O Escudo Sul-Rio-Grandense (1) é composto por um conjunto de diferentes tipos litológicos (ígneas, metamórficas e sedimentares) de idade predominantemente pré-cambriana. O domínio Gondwana (2), por sua vez, é composto por uma espessa sequência sedimentar seguida na parte final pelos derrames basálticos da Formação Serra Geral. São rochas pertencentes à Bacia do Paraná com ocorrência no Planalto e na Depressão Central do Rio Grande do Sul. No domínio Pós-Gondwana (3) há uma expressiva sequência sedimentar representada basicamente pela Bacia de Pelotas e os sedimentos recentes da Planície Costeira.

A região deste estudo pertence ao domínio do Gondwana, dentro da unidade abrangida pela Bacia do Paraná. As litologias que compõem a Bacia do Paraná estão

agrupadas em grandes sequencias de rochas, denominadas de supersequências (Milani, 2007). Particularmente, a área de estudo tem como substrato as rochas da Supersequência Gondwana III constituída pelos arenitos eólicos da Formação Botucatu, juntamente com a Formação Serra Geral.

2.3 FORMAÇÃO BOTUCATU

A Formação Botucatu representa a unidade sedimentar de transição para os derrames basálticos. Tem idade Triássica (151 a 132 Ma) sendo formada por arenitos quartzosos, de granulometria média e bem selecionados. Sendo comum estratificação cruzada de grande porte, característico de ambientes eólicos.

Tal Formação inicialmente foi descrita em 1889 por Gonzaga de Campos (apud Mantesso-Neto *et al*, 2004), o qual denominou os arenitos da Serra de Botucatu (São Paulo) de Grés de Botucatu. Conforme informa o IBGE (1986), a Formação Botucatu cobre uma superfície superior a 1.300.000 km² e integra a Bacia do Paraná, a qual se desenvolve em várias porções do Rio Grande do Sul, Uruguai, Argentina e leste do Paraguai, até os Estados de Mato Grosso e Rondônia, conforme a Figura 5.

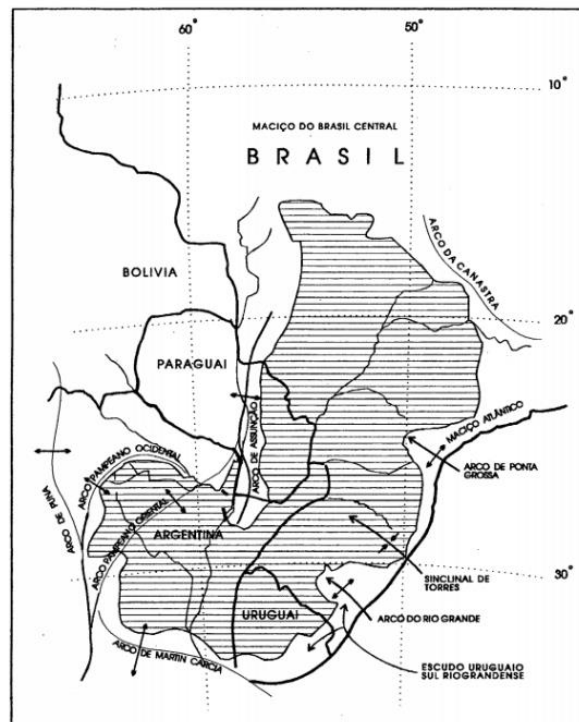


Figura 5. Distribuição da Bacia do Paraná, na qual está inserida a Formação Botucatu, (Extraído de Northfleet *et al*. 1969)

2.4 FORMAÇÃO SERRA GERAL

A Formação Serra Geral possui idade Cretácea sendo que o vulcanismo ocorreu principalmente entre 133 e 132 Ma (Cordani e Vadoros, 1967, Renne et al., 1992, 1996). É constituída por basaltos e intrusões que cobrem 1,2 milhões de quilômetros da Bacia do Paraná. Alguns tipos litológicos desta unidade possuem altos teores de SiO₂, aproximando-se da variedade de dacitos (Schneider, 1964).

A Formação Serra Geral é composta majoritariamente por basaltos e andesitos basálticos com afinidade toleítica. Entre os eventos finais do vulcanismo são encontradas rochas efusivas de composição mais ácida (dacitos). Estão localizadas no topo da sequência vulcânica, principalmente no Rio Grande do Sul e Santa Catarina (Melfi *et al.*, 1988).

2.5 FORMAÇÃO TUPANCIRETÃ

Posteriormente, nos derrames da Formação Serra Geral, em alguns setores é identificada uma cobertura sedimentar sobre os basaltos, discordante sobre essas rochas. A litologia dessa cobertura sedimentar é composta basicamente por siltitos e arenitos, identificando-se também conglomerados com granodecrescência em direção ao topo, onde ocorrem intercalações de arenitos com camadas de argilas (Menegotto *et al.*, 1968).

Anteriormente aos trabalhos de Menegotto *et al.* (1968) existiam dúvidas sobre considerar o Tupanciretã como uma formação independente, acreditando-se serem rochas pertencentes a Formação Botucatu ou como arenitos *intertraps*. Os estudos feitos por Menegotto *et al.* (1968) na região do município de Tupanciretã verificaram que estas rochas possuíam características distintas e sua abrangência justificava a denominação de uma nova formação. As características litológicas indicavam ambiente subaquoso (fluviolacustre) naqueles sedimentos, não compatível com a Formação Botucatu, reforçando a criação da Formação Tupanciretã. Salienta-se que nos estudos de Menegotto *et al.* (1968) o posicionamento desta nova unidade permanece indefinido, sendo que os autores admitiam a possibilidade de ser inclusive considerada uma extensão da Formação Bauru. A denominação da formação se deve a localização de sua seção-tipo estar próxima da cidade de Tupanciretã, RS.

Tendo sua localização restrita ao Rio Grande do Sul, posteriormente novas ocorrências da formação foram identificadas na direção nordeste de Tupanciretã por Gammerman *et al.*, (1973). Os autores Fúlfaro, Gama Júnior e Soares (1980), em trabalhos anteriores classificaram essa unidade como uma extensão da Formação Bauru. Embora as litologias apresentem semelhanças à Formação Bauru, não há como garantir uma correlação segura, visto que a Formação Bauru e a Tupanciretã estão separadas por uma considerável distância no terreno. Desse modo, Menegotto (1971), propôs uma denominação regional para essa ocorrência, mas não excluiu a possibilidade de que outros estudos pudessem encontrar novos elementos para correlacionar a Formação Tupanciretã à Formação Bauru.

Análises realizadas por Menegotto (1971) por difração de raios-x (DRX) apontaram uma expressiva quantidade de caulinita na seção-tipo dessa unidade. Algumas outras amostras evidenciam a presença de montmorilonita. Posteriormente Coulon *et al* (1973) encontraram camadas mistas de argilominerais (interestratificado illita-montmorilonita) e clorita nos sedimentos da Formação Tupanciretã.

No estudo dos minerais, Menegotto (1971) encontrou uma assembleia composta por magnetita, turmalina, zircão, estauroлита, granada, monazita, distênio, esfeno e epidoto. Menegotto (1971) interpretou que a magnetita pertencia aos basaltos da Formação Serra Geral, enquanto os demais minerais eram oriundos a partir de rochas cristalinas metamórficas e graníticas do Escudo Sul-rio-grandense (ESRG).

Segundo os autores do Mapa Geológico do Rio Grande do Sul (WILDNER, W; RAMGRAG, G. E.; LOPES, R. C.; IGLESIAS, C. M. F., 2006) a unidade seria composta por arenitos finos, quartzosos, paraconglomerados, e arenito conglomerático depositado em ambiente continental. A coluna estratigráfica da área proposta por Menegotto (1971) é composta pelos arenitos da Formação Botucatu, na base, que posteriormente foram encobertos pelos basaltos da Formação Serra Geral que então foram capeados pelos sedimentos da Formação Tupanciretã.

Anteriormente, alguns autores já mencionavam depósitos sedimentares sobre os basaltos da Formação Serra Geral, porém não foram conclusivos sobre que tipo de formação se tratava, ou seja, não davam maiores especificações dessa unidade, apenas constatavam a presença de depósitos sedimentares sobre a Formação Serra Geral. Charles Lawrence Baker (1923) nomeou esses sedimentos de Formação

Supra-Basáltica, mostrando que existiam observações da ocorrência deste tipo de litologia diferenciada capeando a Formação Serra Geral no noroeste do RS.

Nowatzki (1999) trouxe novas observações sobre a Formação Tupanciretã. Junto com sua equipe, estudou diversas exposições da Formação Tupanciretã, propondo novas ideias sobre o paleoambiente e o posicionamento estratigráfico de alguns afloramentos dessa formação.

Em termos de posicionamento estratigráfico, apenas pode-se se afirmar que a Formação Tupanciretã seja Pós Serra Geral, ou seja, que estaria situada entre o Cretáceo Superior ou Paleoceno e o Quaternário Inferior (Caldasso *et al.*, 1988). A área da Formação Tupanciretã é de aproximadamente 22.325,66 km² (Wildner *et al.*, 2006), distribuída principalmente sobre os municípios de Cruz Alta, Augusto Pestana, Tupanciretã, Júlio de Castilhos, Nova Palma e norte de Santa Maria (Menegotto *et al.*, 1968, Menegotto 1971, Coulon *et al.*, 1973). Está limitada na base pelos basaltos da Formação Serra Geral do período Cretáceo da Bacia do Paraná, capeando esta unidade.

Em termos litológicos, Menegotto *et al.*, (1968), descreveram as rochas dessa região como tendo uma base constituída por arenitos e conglomerados, seguidos por arenitos conglomeráticos e arenitos, e no topo por intercalações de argilitos. Do ponto de vista de coloração das rochas, estabeleceram na seção-tipo a dominância de cores cinza-esverdeadas a róseo-avermelhadas. No trabalho de Andrades Filho (2017) foram mapeadas 22 localizações de cobertura sedimentar da Formação Tupanciretã (Figura 6) em diferentes cotas altimétricas.

3. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Formação Tupanciretã é uma unidade sedimentar depositada sobre algumas porções dos basaltos da Formação Serra Geral, na região noroeste do Rio Grande do Sul (Figura 6). Localizada na mesorregião Centro Ocidental Rio-Grandense e microrregião de Santiago, conforme a Divisão Territorial Brasileira (DTB IBGE 2020) que apresenta a relação de subdistritos, distritos e municípios que compõem, a cada ano, a divisão territorial brasileira oficial.

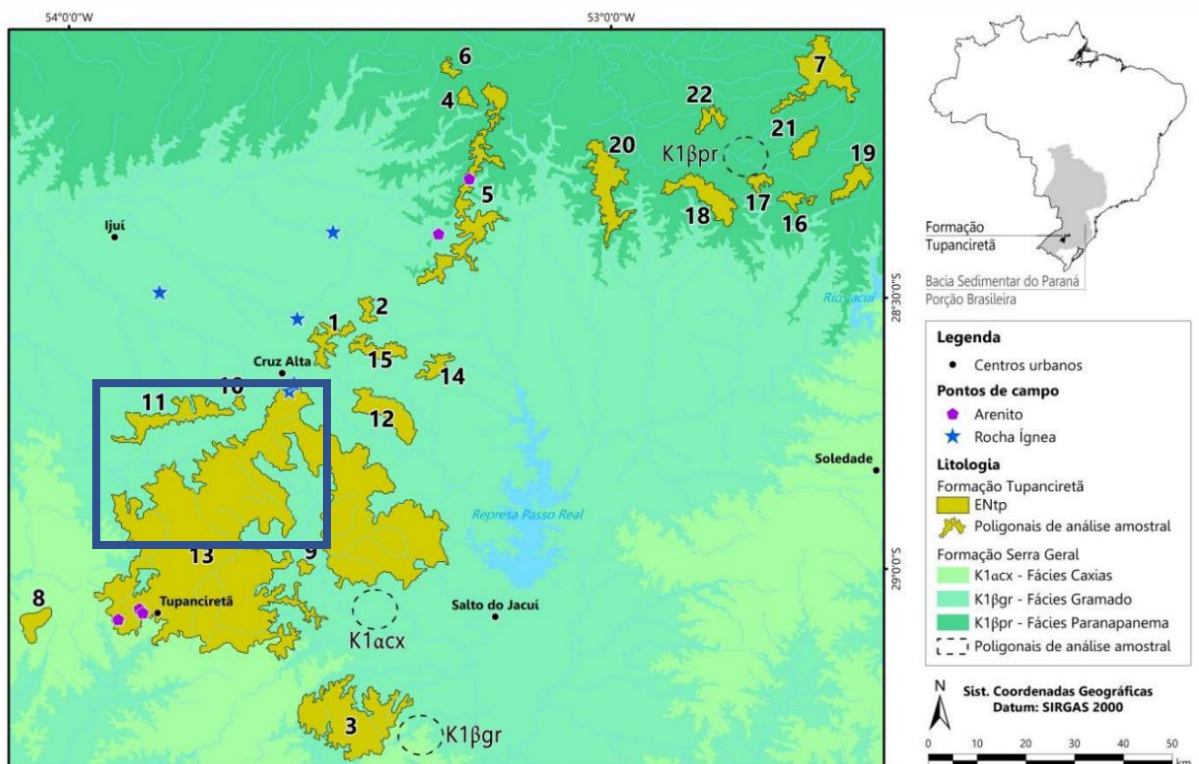


Figura 6. Detalhe da distribuição das ocorrências da Formação Tupanciretã (ENTp), alongada na direção NE-SW na forma de diversas exposições remanescentes mapeadas da unidade, aqui numeradas num total de 22. A área abrangida pelo retângulo em azul corresponde ao setor da Formação Tupanciretã abrangida por este projeto. Adaptado de CPRM (2006) e Andrades Filho (2017).

A análise dos lineamentos, bem como da drenagem e do relevo foram realizadas numa área retangular 30x40km (Figura 6), abrangida a norte pelos municípios de Cruz Alta, Boa Vista do Cadeado e Jóia, a sul pelo município de Tupanciretã e a leste pelo município de Boa Vista do Incra.

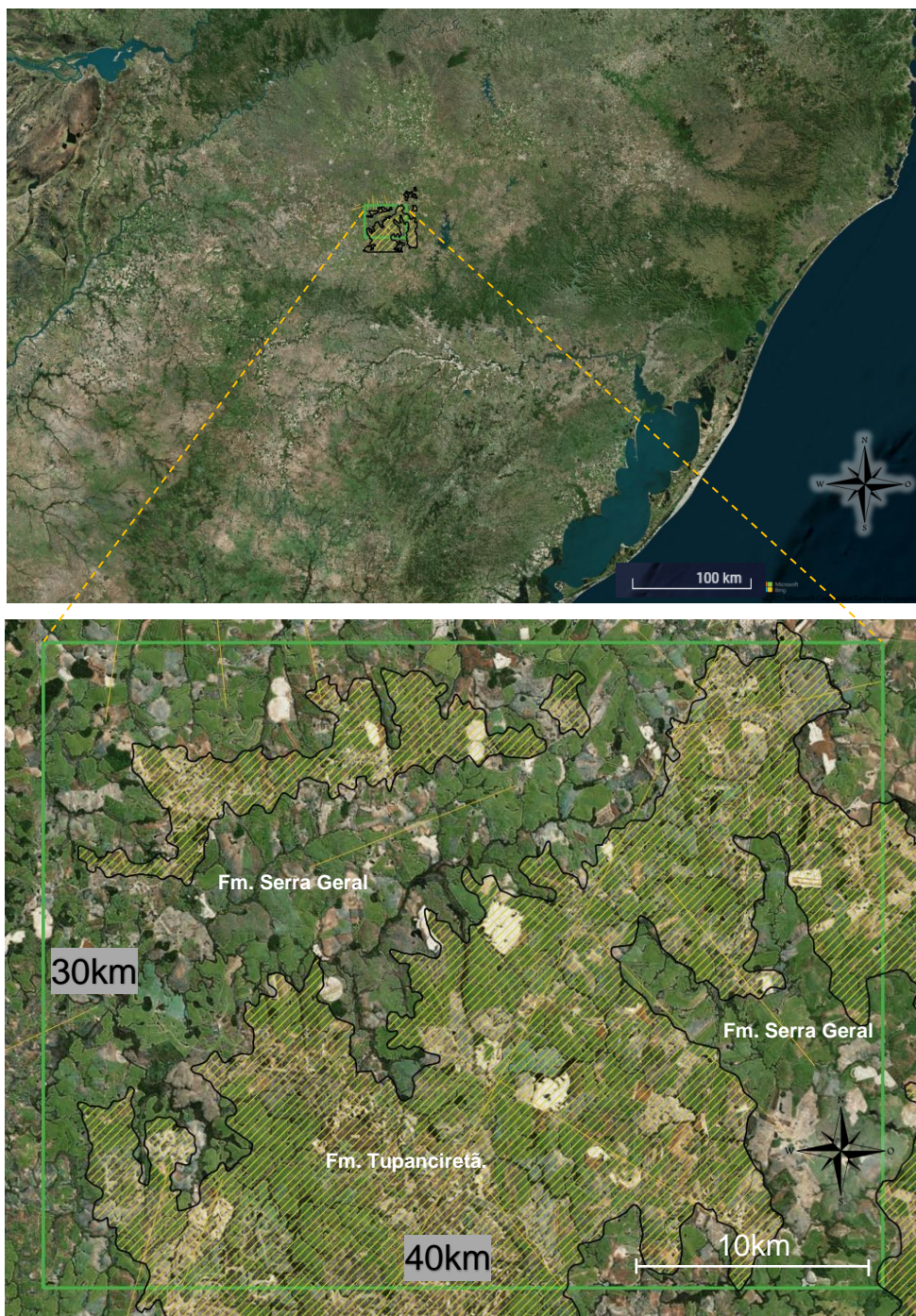


Figura 7. Área de estudo com a forma de um retângulo com 30x40km. A área hachurada em amarelo mostra a distribuição conhecida da Formação Tupanciretã na área de estudo. (Extraído e Modificado de Google Earth Pro).

4. OBJETIVOS DO ESTUDO

O objetivo principal do projeto é identificar junto à seção-tipo, ou nas diversas exposições remanescente em que se distribui a Formação Tupanciretã, feições que indiquem a influência de estruturas tectônicas. Entre os objetivos específicos (metas) citam-se: (1) Treinamento das técnicas de interpretação de imagens de sensoriamento

remoto; (2) Construção de um mapa de lineamentos de crista e de vale; (3) Identificação dos padrões de drenagem na Formação Tupanciretã; (4) Identificação de contatos entre a Formação Tupanciretã e a Formação Serra Geral com características de controle tectônico; (5) Obtenção de dados robustos para um ordenamento temporal da evolução das morfoestruturas; (6) Análise do relevo.

5. PROBLEMAS

A maior dificuldade deste projeto, sem dúvidas, foi a mudança de enfoque do projeto. Inicialmente o foco era desenvolver um trabalho sobre a mineralogia e a geoquímica da Formação Tupanciretã baseada numa amostragem realizada na seção-tipo descrita anteriormente por Menegotto (1968). Todavia, as dificuldades impostas pela pandemia do novo coronavírus (COVID-19) tornaram a proposta inicial inviável devido ao restrito acesso às estruturas laboratoriais do Instituto de Geociências da UFRGS (IGEO). Para contornar este problema, o projeto foi modificado, ampliando-se as atividades previstas na etapa 1 (pré-campo).

Na etapa 1, a interpretação de produtos de sensoriamento remoto era voltada para apoiar as atividades de campo. Contudo, com a alteração do trabalho de conclusão de curso, tornou-se a principal metodologia. Esta dificuldade, em parte foi sendo contornada, pois as atividades já desenvolvidas em sensoriamento remoto para a realização da etapa de “pré-campo” permitiram um contato com os materiais, ferramentas e softwares necessários para o desenvolvimento desse novo projeto modificado, especialmente através de imagens de alta resolução espacial disponibilizadas em “sites” ou inseridas em aplicativos como o *Google Earth®* e o *ArcMap®* e o *QGis*. Apesar disso, o objeto de estudo continua sendo a Formação Tupanciretã.

Outra dificuldade encontrada é a limitada bibliografia em termos geológicos, praticamente restritos aos produzidos por Menegotto *et al* (1968) e Menegotto (1980). Foram poucas as investigações geológicas na unidade, dificultando o levantamento de informações mais recentes. Esta dificuldade que atinge principalmente a fase de elaboração do projeto poderá ser vantajosa nas demais etapas deste trabalho pois, todas as informações obtidas sobre o Tupanciretã poderão ser importantes ou mesmo inéditas.

6. HIPÓTESE

Infere-se que a área conhecida da Formação Tupanciretã possui contatos que indicam a influência de processos tectônicos. Devido a impossibilidade de observações *in loco*, a verificação será realizada através da análise por sensoriamento remoto dos lineamentos e do comportamento da drenagem na área de estudo.

7. MATERIAL E MÉTODO

O desenvolvimento desse trabalho de conclusão de curso (TCC) deu-se da seguinte forma: (a) utilizou-se o QGIS 3.22.0-Białowieża para confecção dos mapas em geral, vetorização dos anaglifos, para análise de drenagem, dos lineamentos e do relevo. O QGIS (*Quantum Gis*) é uma aplicação de Sistema de Informações Geográficas (SIG) gratuito e de código aberto que oferece suporte à visualização, edição e análise de dados geoespaciais; (b) *StereoPhoto Maker (32bit) Ver6.21* para criar um anaglifo através das imagens do *Google Earth Pro*®. Um Anaglifo é um estereograma produzido pela técnica de absorção de cores complementares a partir de imagens que formam pares estereoscópicos; (c) *Google Earth Pro*® 7.3.4.8248 (64-bit) e *Bing Maps*® para obtenção das imagens orbitais; (d) Modelo digital de elevação SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) para adquirir os dados de altimetria estereoscópica; (e) Banco de dados público da SEMA/FEPAM (Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura/ Fundação Estadual de Proteção Ambiental – RS) para adquirir os *shapefiles* de drenagem, massa d'água, terrenos sujeitos a inundação, ilhas, barragens, área úmida e bacia hidrográfica da área de estudo (f) Cartas topográficas do Rio Ijuizinho, Rio Ivaí, Augusto Pestana e Cruz Alta.

Para a visualização do relevo, empregou-se também os modelos digitais de elevação (SRTM). Este produto possui grande importância no estudo por sensoriamento remoto. Além de fornecer estruturas para uma análise detalhada do espaço, esses dados também podem ser usados em processamentos automáticos de extração da rede de drenagem (Jenson & Domingue 1988, Defontaine & Chorowicz 1991, Martz & Garbrecht 1992, Curkendall et al. 2003, Jordan et al. 2005), aprimorando substancialmente o tempo empregado nesta atividade.

Para realizar a análise morfoestrutural a fim de identificar a influência de processos tectônicos na formação Tupanciretã utilizar-se-á a técnica de estereoscopia

com o apoio de óculos 3D (figura 8). A fotogrametria e a fotointerpretação são de importância fundamental para permitir a construção de modelos 3D do terreno. Para analisar um anaglifo necessita-se apenas de óculos com filtro ciano e vermelho. Em um anaglifo, as duas imagens da visão binocular são montadas em um mesmo suporte, porém impressas com diferentes cores: a que deve ser vista por um dos olhos é impressa em vermelho e a outra é impressa em ciano.

Os anaglifos previstos para avaliação da estereoscopia são formados por duas imagens diferentes do mesmo ponto e superpostas sendo que as paralaxes associadas com a diferença de altitude produzem a sensação de profundidade ou tridimensionalidade.

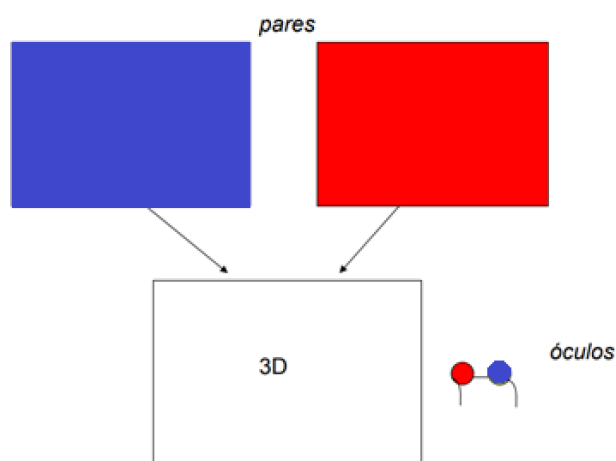


Figura 8. Criação de um anaglifo através da fusão das imagens de satélite extraídas Google Earth com a ferramenta terreno ativada. (adaptado)

A metodologia bem como a estratégia de ação para esse trabalho foi estruturada tendo como base a ideia de segmentar em quatro etapas principais: (1) pré-campo; (2) campo; (3) Pós-Campo; (4) Resultado final.

Na etapa pré-campo (1) foram realizadas atividades de levantamento bibliográfico, aquisição de imagens de satélite e fotos aéreas. Cabe mencionar que o levantamento bibliográfico foi realizado até o final do projeto. Nessa etapa foi estudado, pesquisado e coletado todo o material útil para etapa de campo. Durante essa etapa foram utilizadas cartas topográficas (1:100.000) para facilitar o reconhecimento de potenciais afloramentos e determinação dos melhores acessos aos afloramentos dessa região.

Na etapa de campo (2) foi realizada a descrição da unidade, coleta de materiais e registro fotográfico. No pós-campo (3), devido à dificuldade de execução, foram feitas as modificações no projeto para contornar os problemas com a pandemia da COVID-19. Com a impossibilidade de processar nos laboratórios do Instituto de Geociências as amostras coletadas no campo, a nova proposta visou ampliar a análise do terreno através da técnica de sensoriamento remoto numa área específica (30km x 40km) da Formação Tupanciretã. Foram intensificados os estudos já iniciados na etapa de pré-campo com o objetivo de avaliar o comportamento na área de estudo. Foram utilizadas técnicas de interpretação específicas como a análise dos lineamentos, do relevo (textura, macroformas e microformas) e análise das drenagens (textura e padrões) voltadas para a identificação de possíveis estruturas associadas a falhamentos e fraturamentos (lineares) ou a deformações em domo ou bacia estrutural (curvilíneos). Após a identificação de algumas destas morfoestruturas nas imagens, serão feitas análises de detalhe para buscar elementos que a posicionem temporalmente dentro da sequência de rochas (Formação Tupanciretã, Serra Geral ou reflexos de estruturas do embasamento).

Na etapa final (4), foi realizada a junção de todas as análises feitas no conjunto dos elementos que formam a paisagem da área abrangida pela Formação Tupanciretã, bem como a interpretação desses resultados. Com a interpretação e integração dos dados foi montada a monografia de conclusão do Curso de Geologia.



Tabela 1. Estrutura do Projeto.

8. RESULTADOS

8.1 ANALISE DO RELEVO

A Formação Tupanciretã está inserida no Planalto Médio que se caracteriza por ser uma região elevada (400 a 800m) com um relevo suave. Quanto a vegetação, é considerada uma região de transição entre os campos e as florestas do Alto Uruguai. Os solos em geral são bem desenvolvidos (latossolos) com horizonte B latossólico ou textural, argila de atividade baixa e não hidromórficos (Camargo et al 1987).

A vegetação do Planalto médio está bastante modificada pela ação antrópica, fruto de uma agricultura intensiva e nem sempre bem planejada. A Formação Tupanciretã situa-se inteiramente dentro de uma região do estado com grande aptidão para a produção agrícola. A fisiografia da região, formada por terrenos planos ou pouco ondulados, permite uma mecanização intensiva da agricultura, tornando estas áreas muito produtivas e valorizadas pela agroindústria.

Na área de estudo, a análise do relevo foi realizada sobre o anaglifo (figura 9) construído a partir de imagens do Google Earth® (Silva *et. al.*, 2017) e com o auxílio do programa StereoPhoto Maker (Software StereoPhoto Maker). O relevo foi classificado como sendo evoluído a partir de um substrato formado por rochas organizadas em pacotes, reforçado pela identificação em alguns locais por microformas do tipo camada horizontal. A dificuldade do relevo em preservar feições do tipo mesa se deve a textura predominante da Formação Tupanciretã, formada por sedimentos não consolidados e normalmente por litotipos silticos argilosos. Na análise do relevo, fica caracterizado um relevo em pacote ou tabular do tipo mesa como o predominante na área de estudo, que devido a composição e ao caráter friável origina um relevo ondulado denominado de coxilhas. A textura fina das litologias da Formação Tupanciretã e o caráter friável, associado com a intensa atividade agrícola, favorece a identificação de microformas erosivas do tipo ravinhas e voçorocas. A vegetação original apresenta-se muito modificada pela ação antrópica, sendo que atualmente, impulsionado pelo intenso uso agrícola, a vegetação é formada por campos limpos (gramíneas), sendo que a vegetação arbórea, como matas e capões está limitada a zonas úmidas ou acompanhando as drenagens e restrita a mata ciliar.

Durante a saída de campo foi possível verificar a que a Formação Tupanciretã é formada por litotipos como arenitos finos e pelitos. Identificou-se conglomerados, especialmente em posições mais basais e próximo ao contato discordante com os basaltos da Formação Serra Geral. As observações iniciais em campo mostram serem conglomerados intraformacionais e com uma matriz siltico-argilosa e seixos argilosos de basalto e *clay balls*. Esta composição dificulta a separação destes litotipos em relação aos demais que formam a sequência Tupanciretã e especialmente a sua individualização com base nas interpretações baseadas unicamente em sensoriamento remoto.

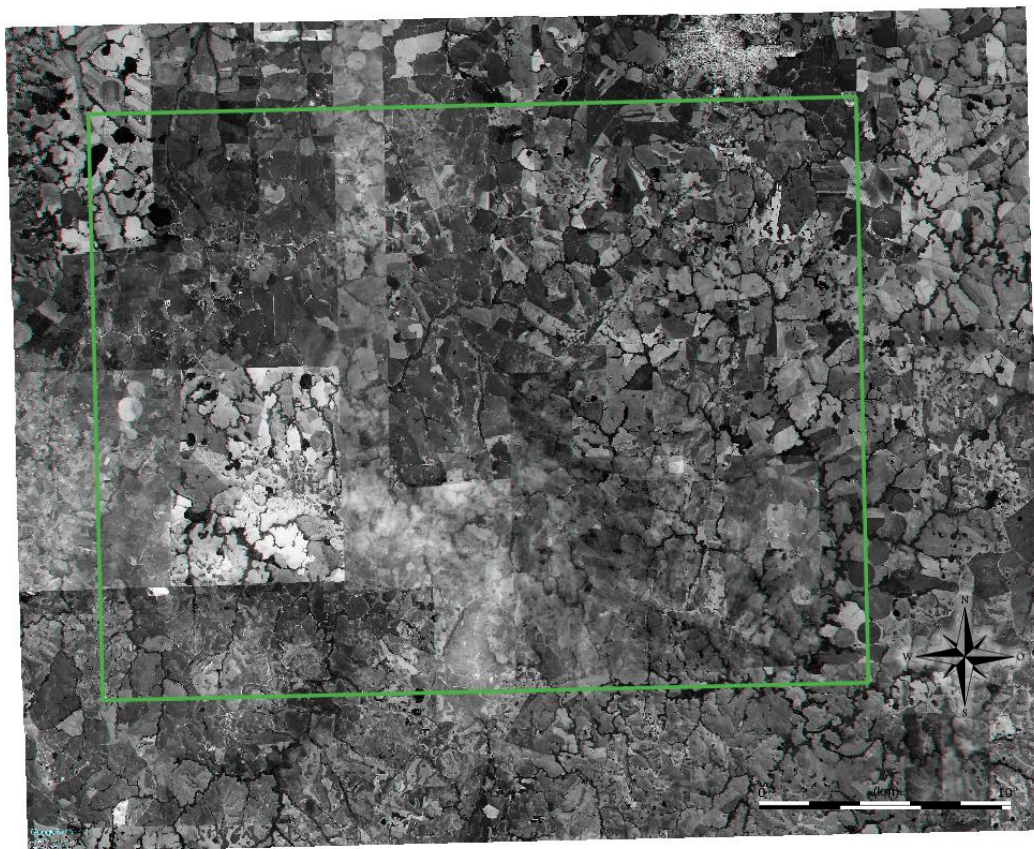


Figura 9. Anaglifo da área de estudo construído através da combinação das imagens aéreas com o uso do software StereoPhoto Maker. São observados alguns defeitos nas imagens obtidas a partir do Google Earth® como a heterogeneidade do mosaico em termos de tonalidade (geram áreas retangulares claras) e a presença de nuvens. (Extraído e modificado de Google Earth Pro)

8.2 ANÁLISE DOS LINEAMENTOS

Para analisar os lineamentos da área de estudo, utilizou-se da mesma forma o estereomodelo obtido a partir de imagens do *Google Earth Pro* (Figura 9). Na análise do relevo foram identificadas feições lineares associadas a cristas e vales. Desse modo, foi possível observar vales com orientação predominantemente NW/SE (figura 10b e 11b) e cristas com orientação NW/SE e NE/SW (figura 10a e 11a). Salienta-se que foi identificada uma crista de maior magnitude com direção NE/SW possuindo 60km de comprimento, tal crista foi utilizada como referência para subdividir a área de estudo nas regiões A e B que auxiliaram para a análise da rede de drenagem.

O comprimento médio dos lineamentos de crista e vale varia de 2km à 15km. O lineamento de crista de maior representatividade atravessa toda a área de estudo

numa direção NE/SW possuindo aproximadamente 60km de comprimento. De acordo com a classificação de Gold, D.P (1980), lineamentos com esta magnitude são fortes candidatos a serem representantes de uma zona de falha (Tabela 3). Assim, a técnica de sensoriamento remoto evidencia feições que devem ser investigadas no terreno com o objetivo de estabelecer uma estrutura geológica.

Traço Linear	Comprimento	Produtos com melhor visualização	Possível significado
Traço de juntas, camadas	Centímetros a dezenas de metros	afloramento, fotos aéreas de grande escala	diaclasses, acamadamento
Traços de fraturas	100 m a 1,6 Km	Fotos aéreas de média escala	zonas de concentração de juntas, camadas subverticais
Lineamentos	a) Pequeno porte: 1,6 a 10 Km	Fotos aéreas de pequena escala	zonas de concentração de fraturas
	b) Médio porte: 10 a 100 Km	Fotos aéreas de pequena escala, imagens orbitais	zonas de falha
	c) Grande porte: > 100 Km	Imagens orbitais	limites entre províncias geológicas, aulacógenos, rift valleys

Tabela 2. Classificação de traços lineares segundo o seu comprimento (Extraído de Gold, D.P 1980 com modificações)

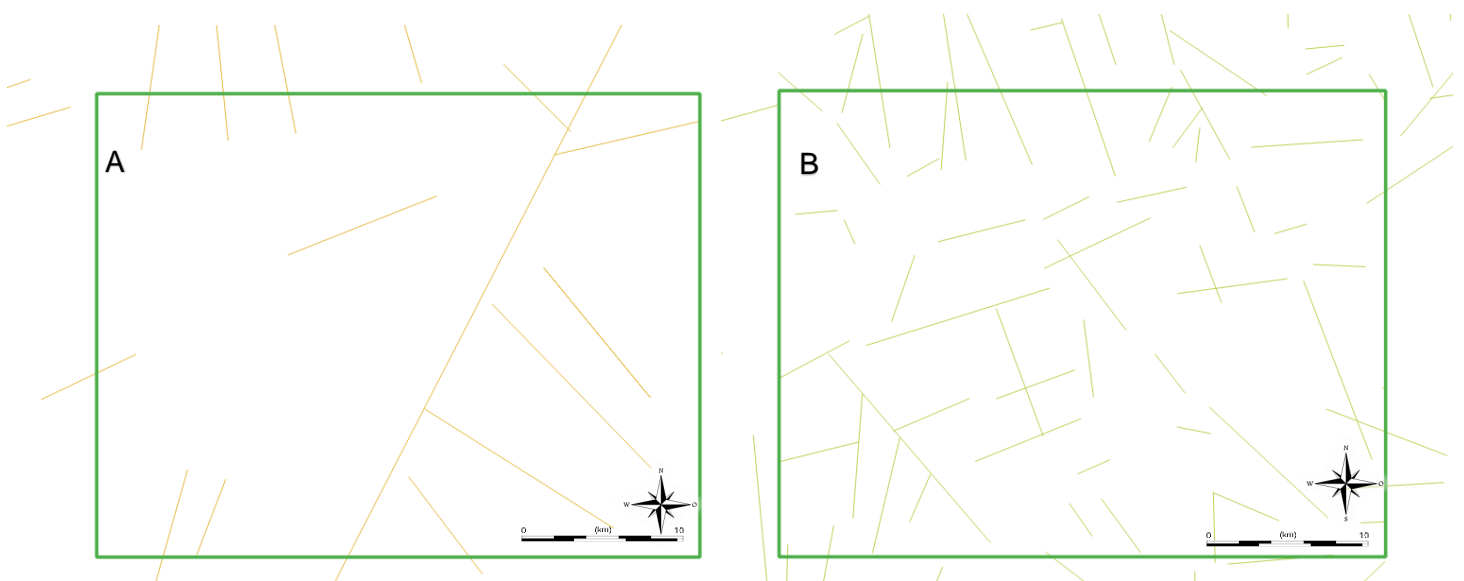


Figura 10. Traçado dos lineamentos associados com cristas no terreno (A) e com vales (B). Entre os lineamentos de crista destaca-se o lineamento de médio porte com direção NE e que atravessa a área de estudo indicativo da presença de Falhamento

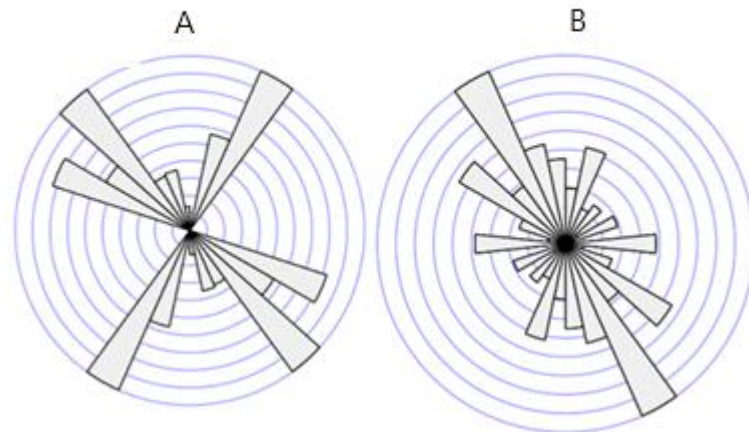


Figura 11. Orientações dos lineamentos de crista (A) e de vale (B). Observa-se várias direções, mas nos lineamentos de vale, os mais expressivos se agrupam na direção NW e nos lineamentos de crista tem-se a direções preferenciais para NE e NW.

Arcanjo (2011) observa alguns critérios para a interpretação de falhas nos produtos de sensoriamento remoto. Em **negrito** salienta-se aqueles que são observados na área de estudo e associados com a Formação Tupanciretã:

- (a) Deslocamento de marcadores (camadas, diques) ao longo do traço da falha;
- (b) súbita interrupção de camadas;
- (c) **variação no mergulho de camadas em cada lado da falha;**
- (d) repetição ou ausência de camadas;
- (e) deslocamento de fraturas ao longo de um lineamento;
- (f) escarpa de falha;
- (g) **escarpa de linha de falha;**
- (h) **contato brusco, linear e anormal entre rochas distintas;**
- (i) **contato reto entre rochas do substrato com sequências sedimentares/metassedimentares que fazem limite de bordo;**
- (j) descontinuidade de lineamento de dolinas.

8.3 ANALISE DA DRENAGEM

A área de estudo foi formalmente subdividida em duas regiões (Figura 12a e 15): Região A (a oeste do lineamento NE/SW), e região B (a leste do lineamento NE/SW). Não se identifica significativas diferenças nas características de drenagem entre as duas regiões, sendo apenas uma divisão formal baseada no lineamento de médio porte NE/SW. Todavia, há pontos de maior densidade de drenagem na área de estudo indicadas na figura 16. Verifica-se que a drenagem da região A e B pertencem a diferentes bacias, sendo que as drenagens do lado A se direcionam para a Bacia do Rio Uruguai e a do lado B pertencem a Bacia do Rio Jacuí, funcionando o lineamento como um divisor de águas (Figuras 12b e 14).

Vários elementos devem ser observados no estudo da drenagem por sensoriamento remoto (Soares & Fiori, 1976; Arcanjo, 2011), destacando-se o padrão de drenagem, o grau de integração, densidade, grau de uniformidade, orientação, grau de controle, ângulo de junção e angulosidade cujas características estão relacionadas com as estruturas geológicas, condições climáticas, características físicas do solo, variação da densidade da vegetação. Os critérios utilizados neste trabalho para a análise da rede de drenagem na área de estudo estão ilustrados na tabela 2 e seguem o seguinte modelo:

- A) Densidade: Refere-se à quantidade de drenagem por área irrigada;
- B) Sinuosidade: está relacionada com a forma (sinuosidade) da bacia hidrográfica;
- C) Angularidade: trata-se do ângulo de conexão entre as drenagens;
- D) Tropicidade: diz respeito ao arranjo da rede de drenagem;
- E) Assimetria: está relacionada com a disposição da rede de drenagem em relação a drenagem principal
- F) Formas anômalas: são padrões específicos com localização restrita.







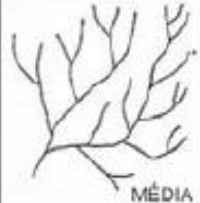



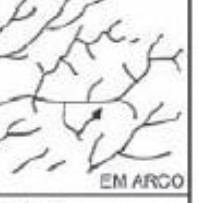
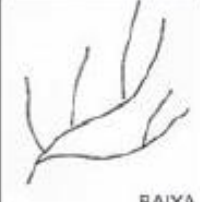




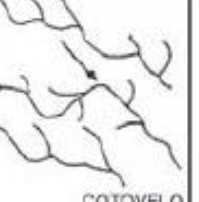

-A- DENSIDADE	-B- SINUIOSIDADE	-C- ANGULARIDADE	-D- TROPÍIA	-E- ASSIMETRIA	-F- FORMAS ANÔMALAS
 ALTA	 CURVOS	 ALTA	 UNIDIRECIONAL	 FRACA	 MÉANDROS ISOLADOS
 MÉDIA	 MISTOS	 MÉDIA	 BIDIRECIONAL		 EM ARCO
 BAIXA	 RETILINEOS	 BAIXA	 TRIDIRECIONAL	 FORTE	 COTOVELO
			 MLTIDIRECIONAL DESORDENADA		

Tabela 3. Propriedades da rede de drenagem utilizados na análise da rede de drenagem neste estudo (Modificado de Soares & Fiori, 1976).

É importante mencionar que a análise da drenagem pode fornecer dados sobre a permeabilidade da rocha, porosidade, fraturamento, estrutura (atitude, foliação, estratificação), presença de corpos ígneos intrusivos e diferenciações litológicas. Salienta-se que a estereoscopia e o exagero vertical do relevo do estereomodelo são fatores de realce das imagens ainda não superados por outras técnicas de melhoramento de imagens.

Diz-se que a drenagem treliça situa-se em áreas associadas a camadas litológicas com diferentes graus de resistência. De fato, a área de estudo desse projeto, do ponto de vista litológico, possui rochas com diferentes graus de resistência, comprovado pelo relevo em mesa, que reforça o conceito de diferentes graus de resistências litológicas da Formação Tupanciretã.

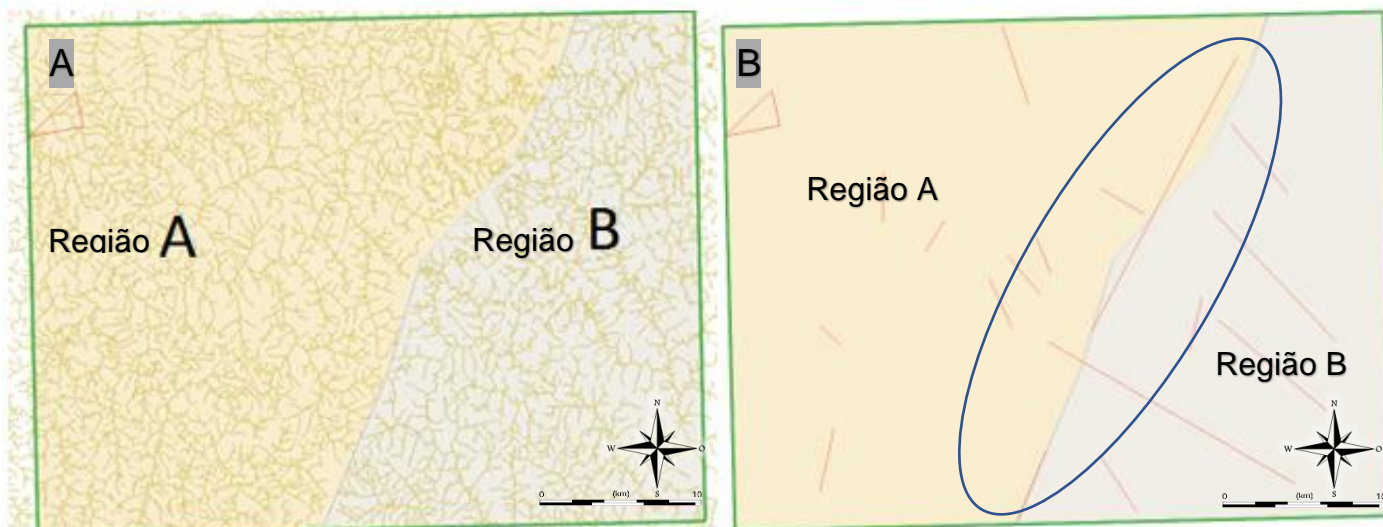


Figura 12. (a) Divisão da área de estudo em região A e B; (b) Lineamento de crista NE/SW, inscrito dentro da elipse, que divide a região em A e B.

Observa-se que os canais da área de estudo possuem uma orientação multidirecional (Figura 13) e, quando utilizamos na análise, em toda a área de estudo observa-se uma tendência de um leve destaque de dois conjuntos de canais em termos de extensão. Seria o conjunto com direção geral NW (com azimute entre 340° e 360°) e o com direção geral NE (com azimute entre 70° e 90°). Os ângulos de junção dos canais tendem a serem ortogonais e retilíneos mostrando um forte controle estrutural. Os canais principais possuem ordem 2 a 3 e são extensos. Os canais de ordem mais baixa são pouco extensos. Estas características classificam o padrão geral da drenagem como sendo do tipo treliça (Howard 1969). associada com fraturas.

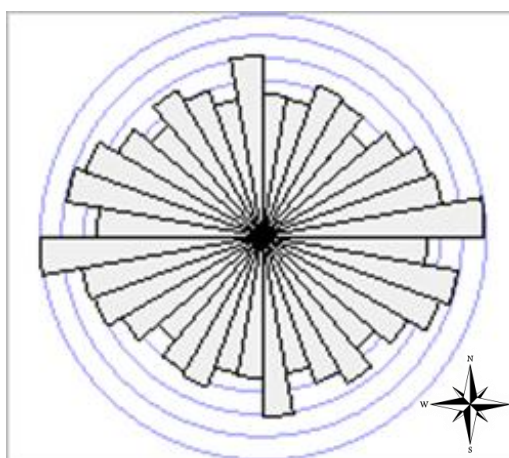


Figura 13. Diagrama obtido a partir da orientação e comprimento dos canais de drenagem na totalidade da área de estudo. As orientações são multidirecionais e característica de um padrão de drenagem em treliça. 36 segmentos com setores do diagrama com dimensão de 10° .

Além disso, a textura da drenagem varia de média a grossa. Alguns pontos apresentam maior densidade de drenagem (Figura 16). O padrão de drenagem treliça evidencia um provável controle estrutural na região e que podem estar associados com planos de falhas e diaclases. A sinuosidade da drenagem é mista, isto é, possui aspectos curvos e retilíneos. O arranjo da rede de drenagem é de tropia bidirecional com fraca assimetria no que se refere à disposição da rede de drenagem em relação à drenagem principal.

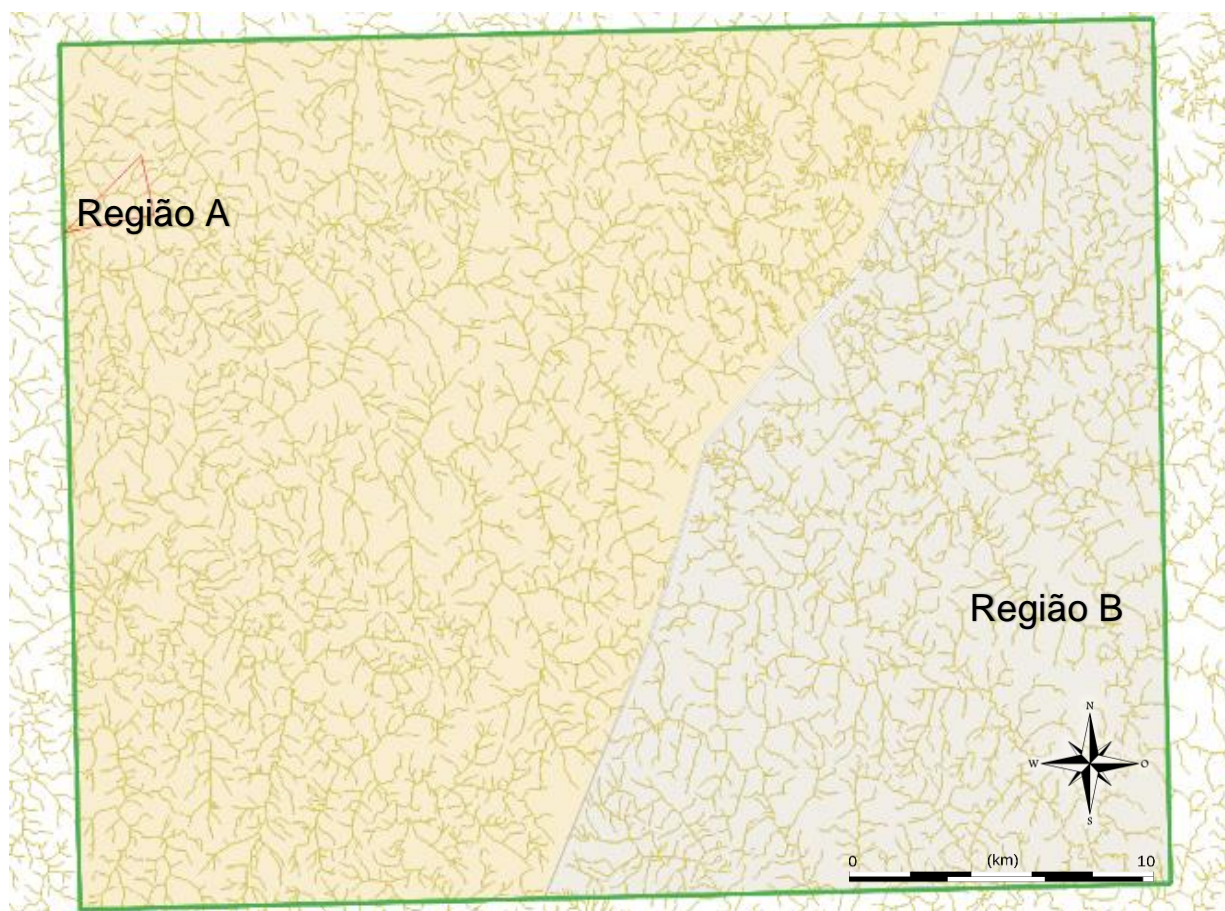


Figura 14. Disposição da drenagem da região e a função do lineamento de crista como divisor de água entre as duas regiões da área de estudo.



Figura 15. Imagem de satélite da região de estudo salientando-se as regiões A e B.

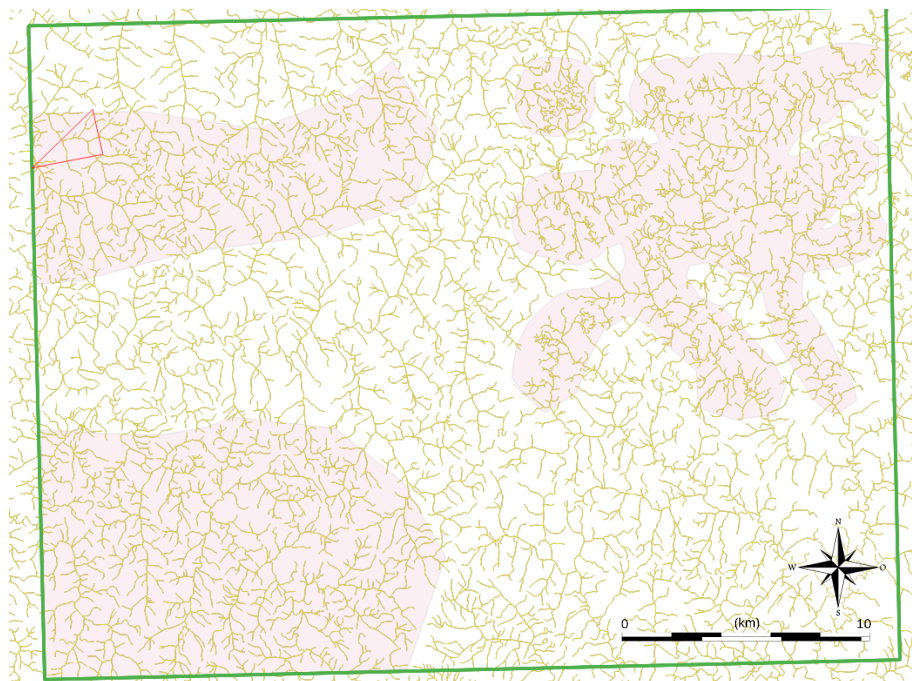


Figura 16. Realce das regiões com maior densidade de drenagem, caracterizando nestas áreas uma textura média a fina da rede de drenagem. Nos demais setores observa-se uma textura de drenagem média a grossa.

8.4 DESCRIÇÃO DE CAMPO

8.4.1 Ponto 1 (TUP – 01) Pelito

Localização: 226.811mE; 6.778.373mN; elevação 447m.

Tipo de afloramento – Voçoroca

Afloramento do tipo barranco, com dimensões de 1 metro de comprimento por 1,37 metro de altura. Apresenta, no mínimo, quatro porções estratificadas de diferentes composições. A primeira porção (Amostra TUP – 01A) medindo 5cm de espessura apresenta um material arenoso inconsolidado com níveis caulinizados (caulinitas de até 0,4cm) de granulação fina, equigranular, sem estruturas visíveis. A mineralogia é composta majoritariamente por minerais de quartzo, feldspato e caulinita. Nesse horizonte encontramos lentes caulinizadas tabulares de 0,4cm e material arredondado do mesmo material e tamanho. A segunda porção (Amostra TUP – 01B) do afloramento com 32cm de espessura apresenta sedimentos de coloração alaranjada, de granulação fina, equigranular, matriz suportado e estrutura de estratificação cruzada marcada por seixos de basalto (figura 17). Foi identificada a presença de seixos de basaltos acima do material caulinzado. A terceira porção (Amostra TUP – 01C) do afloramento medindo 40 cm de espessura, apresenta coloração rosa acinzentado, granulação fina, material inconsolidado, sem estruturas, localizado acima do nível dos seixos de basalto. E, por fim, acima de todos os outros horizontes, localiza-se a quarta porção (TUP – 01D), medindo 40cm de espessura, de coloração avermelhado, horizonte superior A em contato com o solo orgânico. Infere-se um ambiente de deposição de leque aluvial, possivelmente um fluxo de detritos devido à presença dos seixos de basalto.



Figura 17. Possível estratificação cruzada.

8.4.2 Ponto 2 (TUP – 02) - Pelito

Localização: 226807mE; 6778363mN; elevação 447m

Tipo de afloramento – Voçoroca

Perfil localizado à 10m a sul do ponto anterior. O afloramento apresenta 2m de altura por 3m de comprimento. É composto predominantemente por material de granulação fina equigranular de coloração amarronzado com níveis esbranquiçados de caulinita. Na parte basal é possível verificar a presença de estratificação cruzada acanalada de pequeno porte apresentando 30cm de espessura, truncando em uma estratificação plano paralela de caulinita (Figura 18c). Observa-se nesse perfil níveis plano paralelos bem marcados de caulinita (TUP – 02A) e feições de corrosão em material silicoso. Muito possivelmente a sílica encontrava-se em ambiente instável, que causou alterações de ágatas para caulinita. Também foi observado a presença de concreções de ferro. Ainda há poucos resquícios de material silicoso, porém há com mais abundância feições de corrosão e alteração para caulinita.

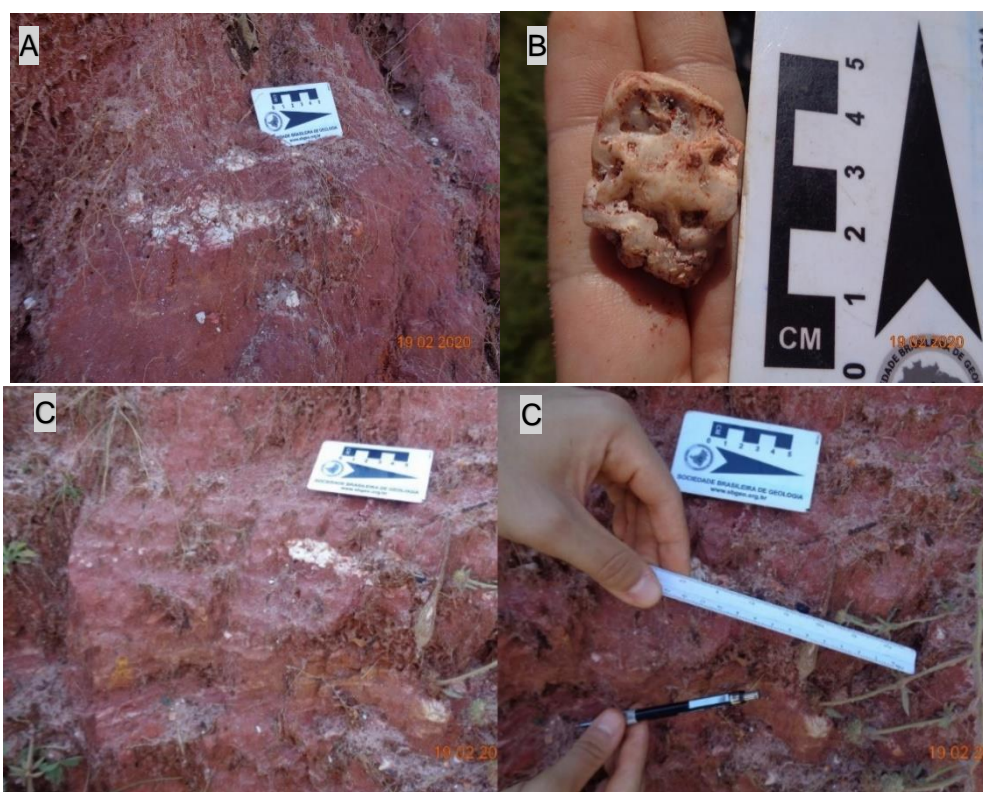


Figura 18. (a) Nível de caulinita (b) Amostra de material silicoso em estado de corrosão. (c) Estratificação cruzada truncada de pequeno porte

8.4.3 Ponto 3 (TUP – 03) - Siltito

Localização: 226765mE; 6778310mN; elevação 447m

Tipo de afloramento: Voçoroca

Afloramento em voçoroca, localizado a 100m do ponto TUP 01, a sul, com dimensões de 20 metros de altura por 2 metros de comprimento. Foi subdividido em dois perfis (A e B).

No perfil A (1m de espessura), localizado na base do afloramento, foi identificado uma rocha inconsolidada friável equigranular de coloração amarronzada a amarelada, composta por areia fina a silte. Apresenta estrutura cruzada tangencial de baixo ângulo e pequeno porte (5cm de espessura), níveis de caulinita (2cm de espessura) bem como níveis de material roxo bem selecionado não identificado com 5cm de espessura (TUP 03 – B) (Figura 19b). Além disso, foi encontrado algumas feições arredondadas de material argiloso, aparentemente uma esmectita (TUP – 03A) (Figura 20a).

No perfil B (19m de espessura), 4 metros a partir da base, há uma nível de 35cm de espessura (TUP – 03E) com gradação granodecrescente ascendente de material caulinizado, ou seja, na base desse nível há presença de uma camada de material caulinizado mais grosseiro (3cm) gradando para um material mais fino (0,5cm) ao topo do nível. Isso, aparentemente, configura um pulso. Acima desse nível encontra-se uma camada (30cm) de material homogêneo (TUP – 03D), muito bem selecionado, equigranular de areia fina sem argila com baixo teor de silte, composto por quartzo e grãos bem arredondados. Novamente, acima dessa camada de material homogêneo, encontra-se outro pulso, com 30cm de espessura, com lentes plano paralelas de material caulinizado (2cm x 40cm) e a sequência granodecrescente ascendente do material caulinizado. E, finalmente, acima desse pulso, novamente encontra-se nova camada de material homogêneo, muito bem selecionado, equigranular de areia fina sem argila com baixo teor de silte, composto por quartzo e grãos bem arredondados

A estrutura pedogenética acima possui 15m de espessura, todavia por feições diagenéticas impede a descrição.

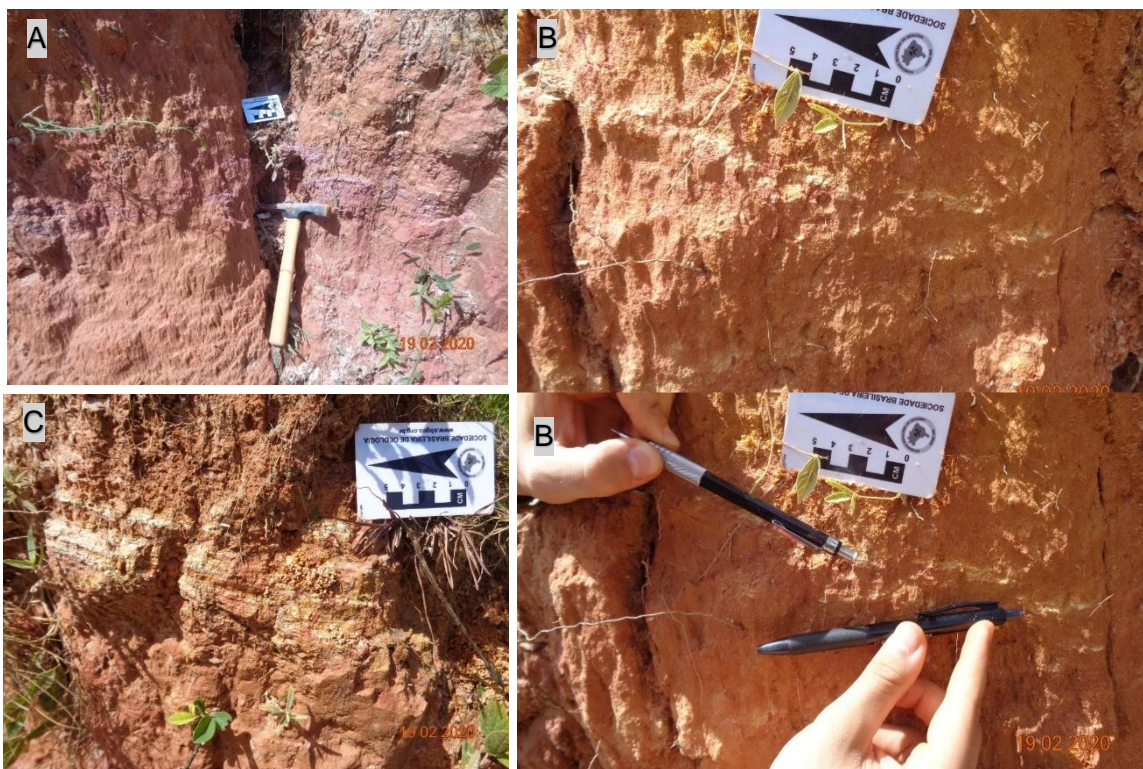


Figura 19. (a) estrutura plano paralela evidenciada por alteração arroxeada; (b) e (c) Estrutura cruzada tangencial de baixo ângulo;



Figura 20. (a) Material fino homogêneo bem selecionado acima da graduação. (b) Material caulinzado com granodrecrescência ascendente

8.4.4 Ponto 4 (TUP – 04) – Possível esmectita (requer análise)

Localização: 226759mE; 67788308mN; elevação 447m

Tipo de afloramento: Voçoroca

Alguns metros a sul do ponto anterior, paramos para coletar uma amostra de um material arredondado, presume-se ser uma esmectita in loco (TUP – 04A) em meio a material de granulometria tamanho areia, bem selecionado com presença de material caulinizado (TUP – 04B) (Figura 21a). Requer análise mineralógica, a qual não foi realizada devido a alteração do escopo do projeto.

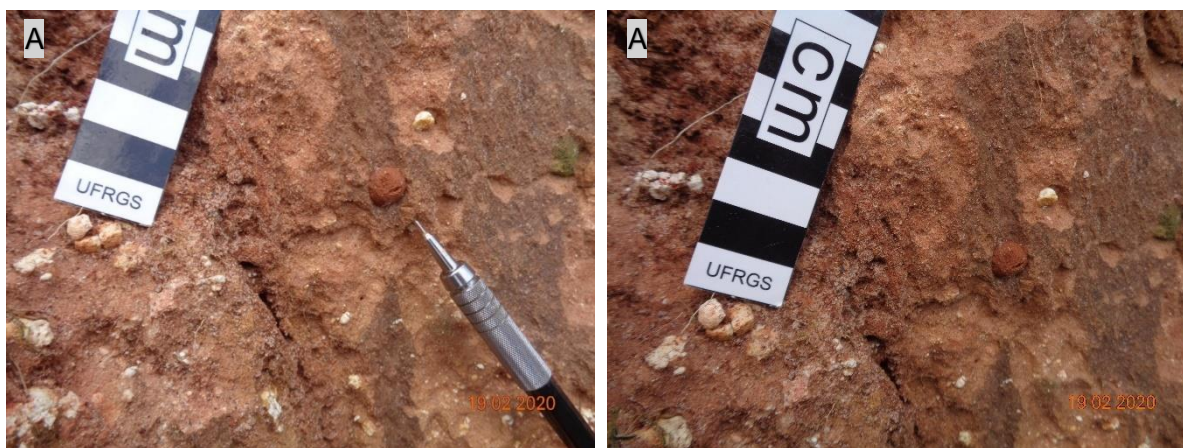


Figura 21. (a) Indicação da forma circular do material localizado.

8.4.5 Ponto 5 (TUP – 05) Arenito

Localização: 227843mE; 6776688mN; elevação 473m

Tipo de afloramento: Corte de barranco

Afloramento em um corte de trilho, com dimensões de 3m de altura por 10m de comprimento. (Figura 22a) Rocha de coloração marrom marcada por uma lente de 40cm de espessura composta de seixos ao longo de toda a camada. É possível subdividir o afloramento em duas porções (A e B).

Na base da porção A (2m de espessura), é composta por areia fina homogênea de coloração rosa esbranquiçado e não foram encontradas concreções. No topo da porção A encontra-se um horizonte de 40cm de espessura compreendendo seixos de 4 a 7cm, subarredondados tendo sua composição predominantemente de quartzo, contudo foi identificado seixos de composição arenítica também (TUP – 05A). Os

seixos são suportados por uma matriz arenosa (TUP – 05B). Aparentemente há silicificação e ferrificação dos clastos. Os seixos apresentam comportamentos diversos da sua coesão. Uns são mais coesos e outros são mais friáveis ou alterados.

Na porção B (1m de espessura), é o material mais próximo da superfície, onde encontra-se presença de solo orgânico e material bastante alterado de coloração alaranjada. É o nível logo acima dos seixos de quartzo, compreendendo material de granulometria areia, bem selecionado e homogêneo (TUP – 05C)

Tanto na porção A quanto na B, não foram identificadas as “clayballs”.

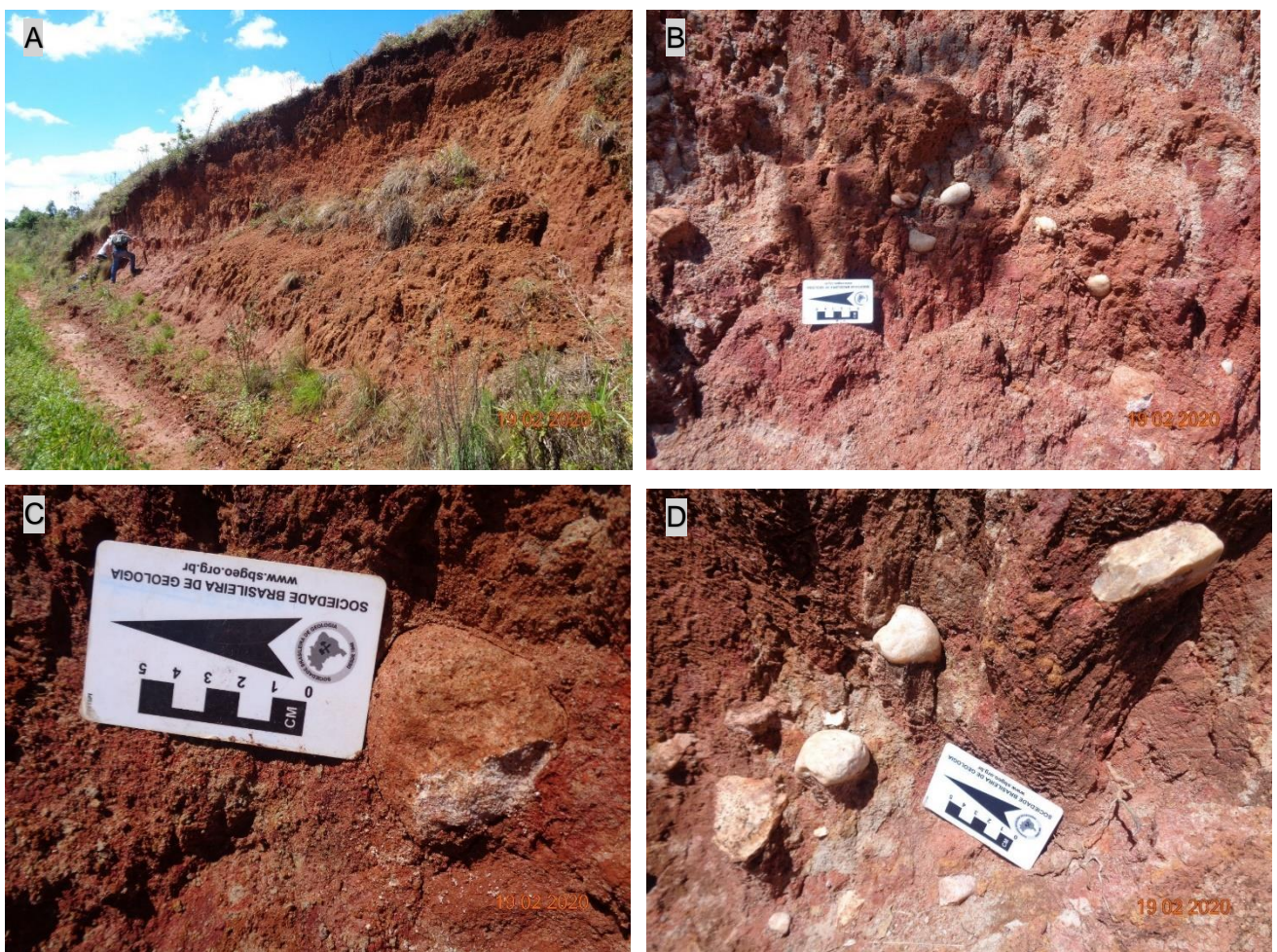


Figura 22. (a) Foto geral do ponto TUP-05; (b) detalhe dos seixos quartzosos de 4 a 7cm. (c) Seixo de composição arenítica (d) Detalhamento da linha de seixos.

8.4.6 Ponto 6 (TUP – 06) Solo de Basalto

Localização: 227058mE; 6779228mN; elevação 478m

Tipo de afloramento: Corte de estrada

Afloramento com dimensões de 100 metros de comprimento por 30 cm de altura (Figura 23a). Sedimento de tamanho silte a argila de coloração vermelha. Nenhuma estrutura preservada. Material em contato direto com solo orgânico do horizonte A (Figura 23b e 23c). Indícios de que estaríamos na base, próximo do contato com o basalto segundo o perfil estratigráfico do Menegotto.

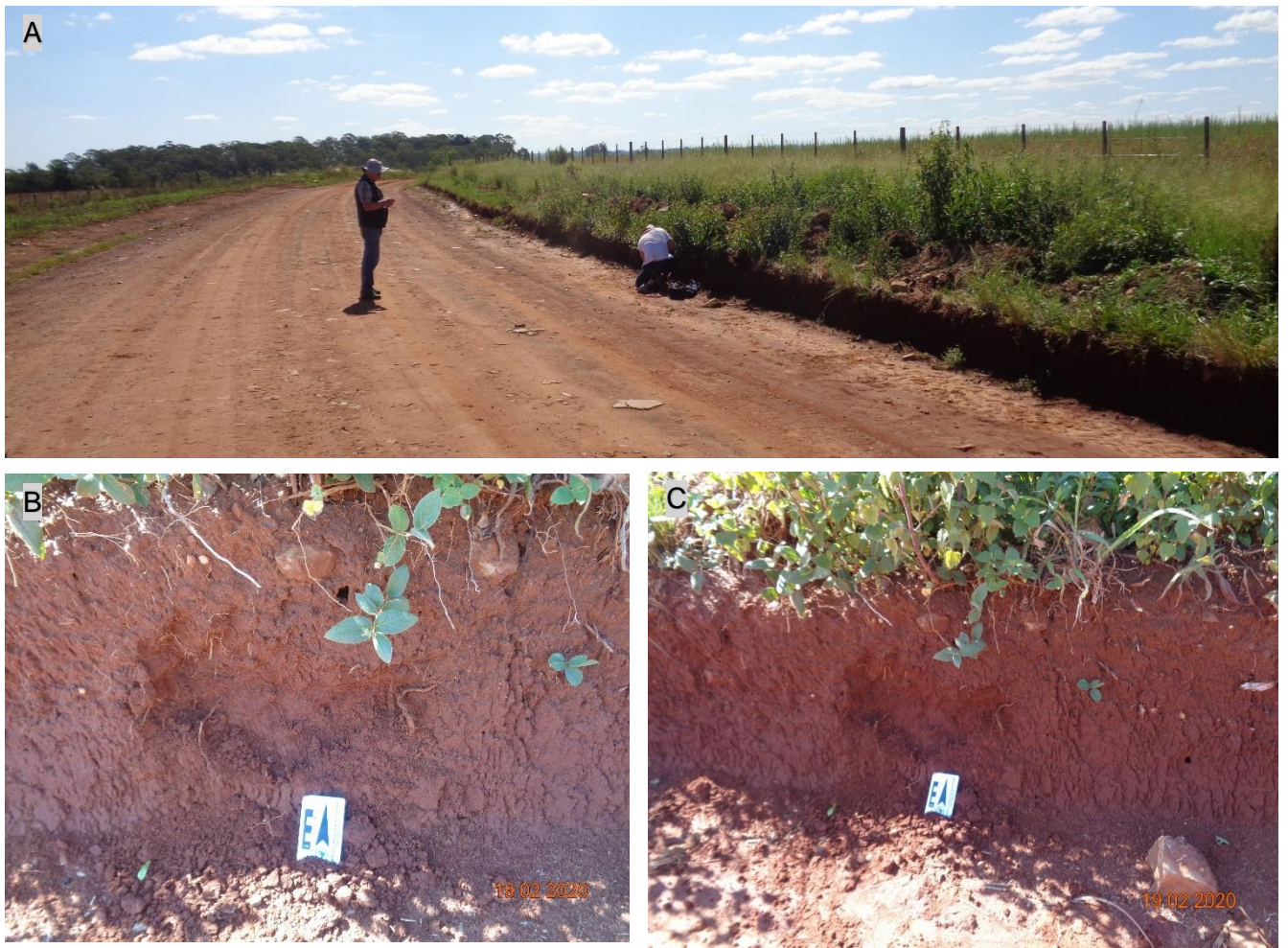


Figura 23. (a) Exposição local do ponto 6 situado em um corte de estrada; (b) e (c) perfil do solo avermelhada possuindo aproximadamente 30 cm de altura com sedimentos de tamanho silte a argila.

8.4.7 Ponto 7 (TUP – 07) Conglomerado

Localização: 227055mE; 6779191mN.

Tipo de afloramento: Arroio

Afloramento em barranco de arroio com dimensão de 1,76m de altura, compreendendo conglomerado clasto-suportado com matriz arenítica fina de coloração amarelada a avermelhada (TUP – 07A). A outra amostra refere-se a seixos de basalto subarredondados a subangulosos de até 5cm, coloração amarelada a acinzentada, bastante alterado com fratura conchoidal. (TUP – 07B) É possível verificar seixos de basalto com nível de sílica milimétrico dentro dos conglomerados.

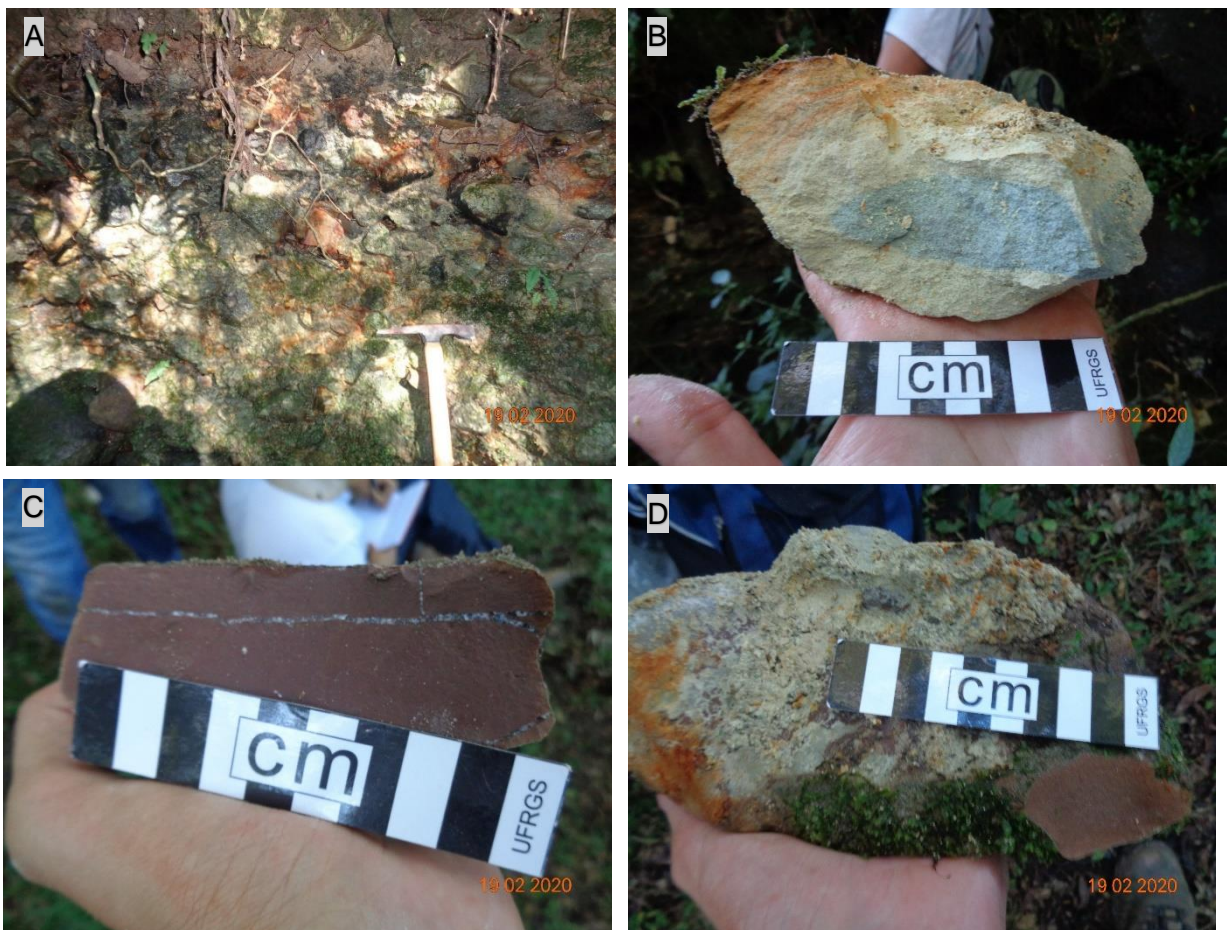


Figura 24. (a) Conglomerado clasto suportado; (b) Amostra do conglomerado com seixos de basalto; (c) Bloco de basalto com nível de sílica milimétrico. (d) Amostra de basalto dentro dos conglomerados.

8.4.8 Ponto 8 (TUP – 08) Silte

Localização: 223525mE; 6781492mN

Tipo de afloramento: leito de rio

Silte de coloração cinza avermelhado perfazendo todo o leito do arroio. Presença de feições de arrancamento de material arredondado, podendo ser *clayball* ou seixo arredondado (Figura 25c). Deposição plano-paralela em camadas milimétricas a centrimétricas. Ao norte desse ponto, próximo à linha férrea, encontra-se o contato com o basalto (visualizado in loco).

Infere-se um ambiente de baixa energia com estruturas plano-paralelas, possivelmente representando a feição distal da Formação Tupanciretã, estando no topo da sequência. Há uma pequena quantidade de areia quartzosa fina.

Há a presença de bolas de argila as quais indicam que o ambiente não estava estagnado, havia pulsos de energia de maior intensidade que as traziam. (Tup-08B)

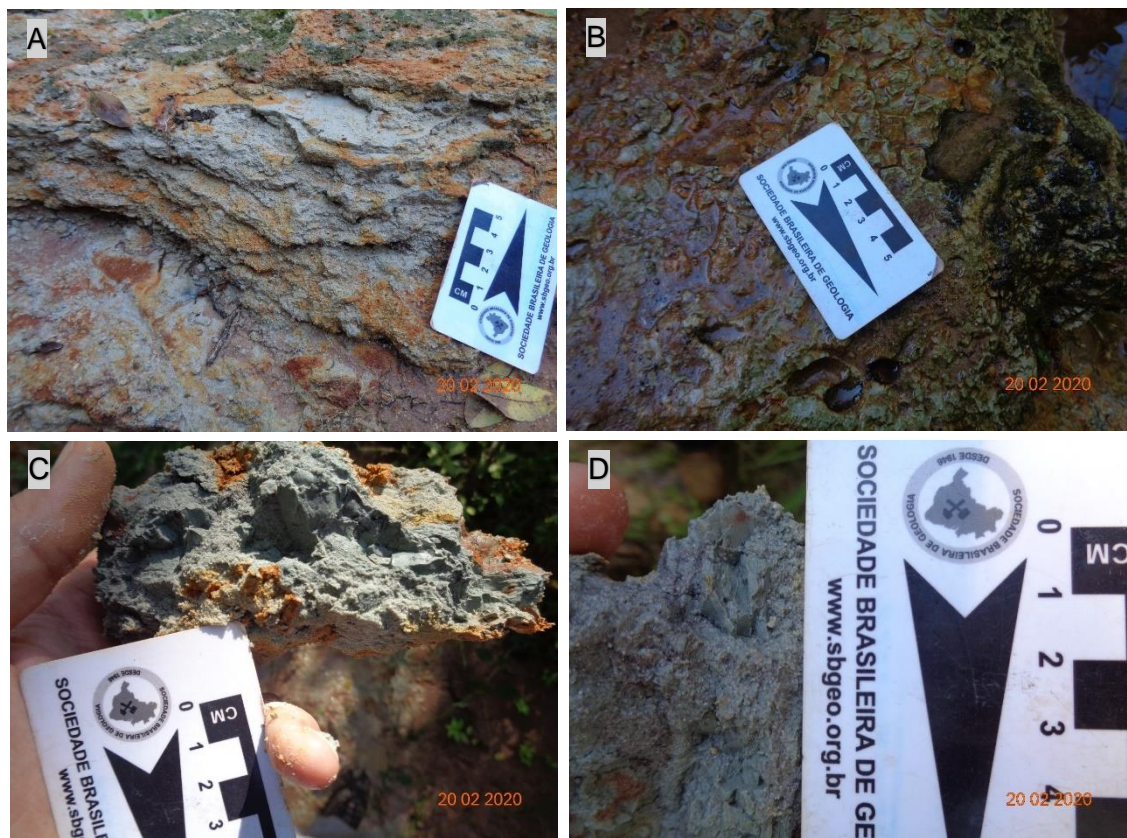


Figura 25. (a) Camada Plano Paralela da porção superior. (b) Feições de arrancamento (seixos ou clayballs); (c) Níveis de feições arredondadas de argila; (d). Porções de areia fina envolvendo um lóbulo de material argiloso

8.4.9 Ponto 9 (TUP –9) Silte Alterado

Localização: 220796mE ; 6780048mN ; 463m

Tipo de afloramento: Bancada em terreno

Afloramento de material fino siltoso, argiloso alterado, em bancada em terreno ao lado da estrada. (Figura 26a) Apresenta algumas estruturas incipientes plano paralelas (Figura 26c). Estima-se ser o topo da seção-tipo descrita por Menegotto.

AMOSTRAS

TUP – 9A: Material argiloso retirado abaixo do nível de argila.

TUP – 9B: Material argiloso retirado no nível de argila.



Figura 26. (a) Visão geral do ponto TUP-09; (b) Visão aproximada do ponto TUP-09 (c) Estrutura Incipiente Plano paralela.

8.4.10 Ponto 10 (TUP – 10) Argila

Localização – 227829mE; 6782498mN; Altitude: 404m

Tipo de afloramento: Corte de Estrada

Afloramento em corte de estrada (RS-392) com dimensão de 50m por 4m de altura, apresentado por um perfil de alteração de basalto, composto por argila avermelhada, permeada por fragmentos de quartzo e sílica, o veio em si possui 1m de comprimento, com sílica placoidal. Presença de geodos (até 5cm) alterados (Figura 27c).



Figura 27. (a) Perfil do ponto TUP-10; (b) Veio de quartzo perfazendo a porção basal; (c) Detalhe do placoide do veio.

8.4.11 Ponto 11 (TUP – 11) Arenito fino

Localização: 229400mE; 6787932mN; altitude: 408m

Tipo de afloramento: Ravina

Afloramento em ravina com lajeados de material arenoso, apresentando “tubos”, concreções de ferro de tamanho areia fina, localmente apresentando uma forma de “tubulação oca” formada por concreção (ferrificação), em que se presume que essa forma estava preenchida por algum material argiloso que sofreu erosão posteriormente deixando com a aparência supracitada. No mesmo afloramento foi possível identificar feições plano paralelas muito bem preservadas (Figura 28a). À uma distância de aproximadamente 20m a sul, verificou-se a presença de nódulos de argila de até 5cm, envolvidas em uma camada ferrificada. Muito provavelmente essas argilas são oriundas da parte interna das estruturas ferrificadas de forma tubular. Foliação $15^{\circ}/120^{\circ}$ plano paralela (trama).



Figura 28. (a) Estrutura plano paralela; (b) estrutura ferrificada em forma de tubo. (c) Visão geral do afloramento; (d) detalhamento da estrutura ferrificada.

8.4.12 Ponto 12 (TUP – 12) Basalto

Localização: 230053mE; 6787951mN; altitude: 417m

Tipo de afloramento: Monte de basalto

Afloramento de corte para remobilização mecânica. Dimensão de 15m de comprimento por 2,5m de altura. Rocha afanítica de coloração acinzentada, apresentando uma composição quase vítrea (Figura 29b). Este ponto provavelmente encontra-se próximo ao contato. Realizou-se teste com ácido clorídrico (HCl) e verificou-se a presença de carbonato no basalto. Há presença de vesículas preenchidas por ágata. Como este ponto situa-se em zona de contato entre o basalto e a formação Tupanciretã, é possível que as ágatas supracitadas sejam fonte dos seixos silicosos na Formação Tupanciretã.



Figura 29. (a) Foto geral do ponto TUP-12; (b) Rocha afanítica de coloração escura (basalto) com vesículas preenchidas e vazias; (c) Ágatas preenchendo vesículas no basalto; (d) exposição de pilha de basalto.2

9. DISCUSSÃO

Diversos elementos da drenagem levam a interpretar que os lineamentos morfoestruturais da área de estudo são relacionados com estruturas tectônicas. Entre estes elementos, cita-se: 1. Domínio de padrões em treliça, com ângulo de junção chegando a 90°; 2. rápidas mudanças de curso em ângulos de 90°; 3. súbito alargamento de canais. Vários autores relacionam essas feições de drenagem com estruturas tectônicas (p.e., Doornkamp 1986, Deffontaines & Chorowicz 1991, Berger 1994, Potter 1997).

Além disso, uma drenagem treliça é composta por rios principais recebendo afluentes com ângulos de junção em posição perpendicular aos principais. Tal drenagem acaba sendo fator indicativo de regiões possivelmente afetadas por processos tectônicos. Portanto, a drenagem dessa área a caracteriza como sendo uma área provavelmente afetada por atividade tectônica. Não se sabe a abrangência, nem a magnitude desta atividade, por isso, recomenda-se, para maior consistência da informação, a identificação de feições tectônicas em atividades de campo. Infelizmente, durante a atividade de campo realizada neste trabalho não se priorizou a obtenção dessa informação, visto que o enfoque inicial desse trabalho era a mineralogia e geoquímica das rochas da Formação Tupanciretã. Com o advento da pandemia e impossibilidade de concluir esta monografia devido às restrições de acesso ao uso do Laboratório de Difractometria de Raios-X (LDRX) e do Laboratório de Fluorescência de Raios-X (LFRX), optou-se por alterar o escopo deste projeto, visando, assim, uma identificação dessas possíveis estruturas tectônicas através das técnicas de sensoriamento remoto.

Baseado na distribuição espacial dos depósitos, bem como nas propriedades sedimentológicas e mineralógicas das litologias, Menegotto (1971, p. 48) conclui que a Formação Tupanciretã teria sido depositada por rios meandantes, em que as nascentes estariam localizadas na escarpa do Planalto Meridional e pela Depressão Periférica, ou no Escudo Sul-Rio-Grandense. O eixo de orientação da antiga rede fluvial, de sul para norte, é diferente do que é apresentado pela drenagem hodiernamente. Tal inversão indicaria uma possível atividade tectônica regional durante o período Terciário, em que teriam sido depositados os sedimentos da Formação Tupanciretã (MENEGOTTO, 1971, p. 50-52).

Quanto à análise litológica, no Mapa Geológico do Rio Grande do Sul é possível identificar pelo menos duas litologias com diferentes graus de resistência (figura 30), isto é, a Formação Tupanciretã (ENtp – composto por arenito fino, quartzoso, paraconglomerado e arenito conglomerático, ambiente continental) e a Formação Serra Geral (K1βgr – composta por derrames basálticos finos a médio, melanocráticos cinza, horizontes vesiculares preenchidos por zeolitas, carbonatos, apofilitas e saponita, estruturas de fluxo e comuns, intercalações com os arenitos Botucatu). Em atividade de campo identificou-se as litologias correspondentes da Formação Tupanciretã, identificadas como pelitos, siltitos, conglomerados e arenitos finos.

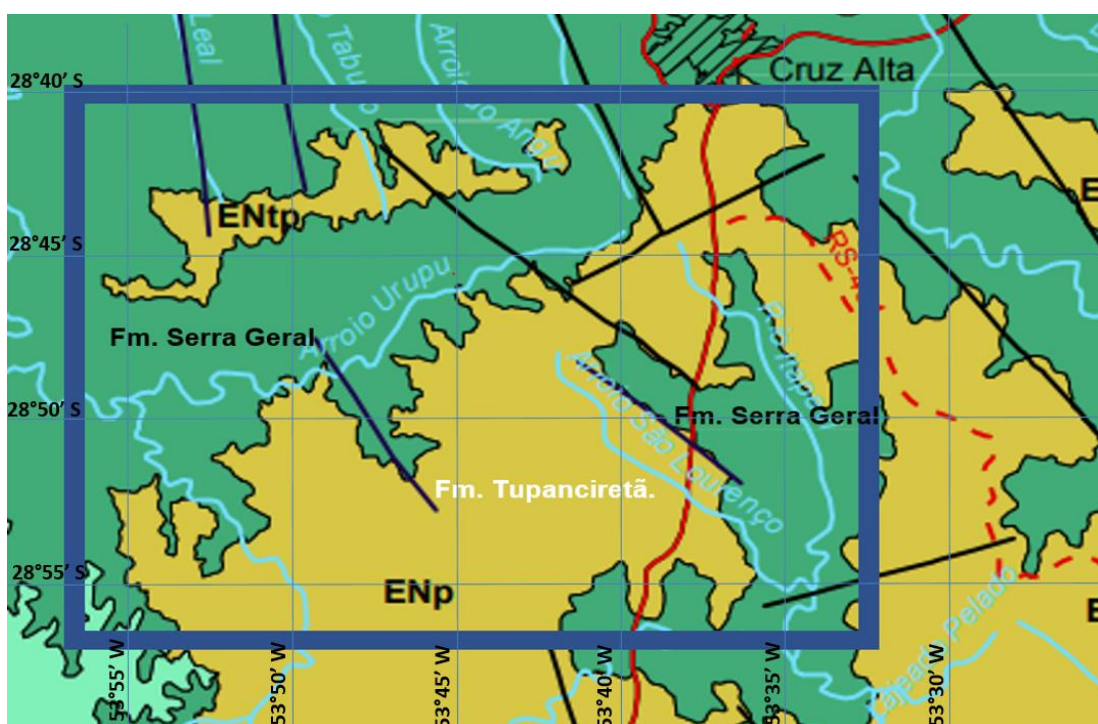


Figura 30. Representação dos diferentes tipos de litologia da área de estudo (retângulo azul). É possível identificar pelo menos duas formações em contato (Fm. Tupanciretã e Fm. Serra Geral) com diferentes graus de resistência. (Modificado de Mapa Geológico do Rio Grande do Sul, CPRM, WILDNER, W; RAMGRAG, G. E.; LOPES, R. C.; IGLESIAS, C. M. F., 2006).

O trabalho em questão possui significativa importância para os geocientistas que visam mapear e identificar feições morfoestruturais no relevo da formação Tupanciretã a fim de localizar, em atividade de campo, os principais pontos para coleta de amostras que provavelmente possuirão algum indicativo de tectônica local, para, talvez, desvendar a provável idade relativa da Formação Tupanciretã (que ainda é uma incógnita na comunidade científica) e correlações com as unidades da Bacia do Paraná, em especial com a Formação Serra Geral e a Formação Botucatu. Assim, a

idade, a proveniência e as relações com outras unidades geológicas são as principais características que carecem de informações na literatura sobre a Formação Tupanciretã.

Uma forte recomendação deste trabalho para as atividades de campo que venham a ser desenvolvidas nessa região para identificar feições tectônicas é mapear a área próxima do lineamento de médio porte NE/SW (60km) descrito neste trabalho, pois sua dimensão é bastante representativa no mapa, e diversos autores que mapearam o Rio Grande do Sul (RS) não identificaram tal lineamento em seus mapas. Observa-se que no Mapa Geológico do Rio Grande do Sul (figura 30), dentro da área de estudo deste trabalho, inscrita no retângulo azul, não foi identificado pelos autores do mapa geológico o lineamento de médio porte descrito aqui neste trabalho (figura 31). Sendo, assim, uma recomendação aos geocientistas que por ventura venham a desenvolver um trabalho de identificação de feições tectônicas em atividade de campo na Formação Tupanciretã.

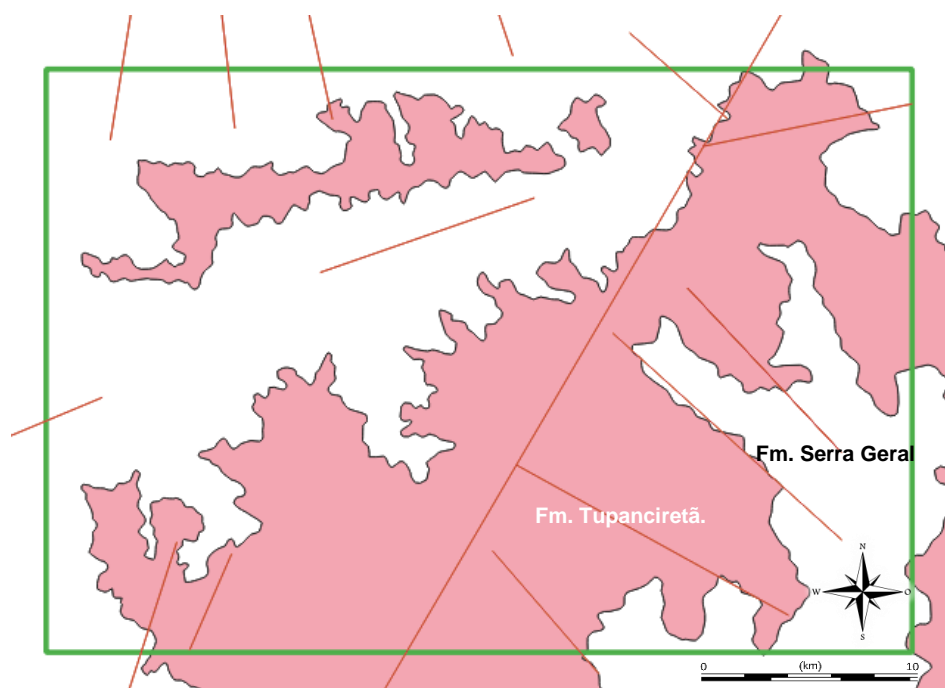


Figura 31. Distribuição dos lineamentos de crista identificadas nesse trabalho na área de estudo.

Ainda, observa-se uma forte tendência de haver contatos retilíneos entre diferentes litologias em alguns lineamentos da área de estudo. Veja que nas figuras 30 e 31, as análises dos autores do Mapa Geológico do Rio Grande do Sul e deste projeto de conclusão de curso, em alguns locais onde foram traçados os lineamentos há um contato reto entre as litologias da Fm. Serra Geral e Tupanciretã. Esses

processos indicam possivelmente um controle estrutural na Formação Tupanciretã. Além disso, a orientação dos rios na parte noroeste também indica um possível controle pelos lineamentos da região.

No que se refere à atividade de campo, os dados obtidos permitiram identificar as principais litologias encontradas na Formação Tupanciretã, corroborando as litologias encontradas por Menegotto. Em termos litológicos, Menegotto *et al.*, (1968), organizou as rochas da Formação Tupanciretã da seguinte forma na coluna estratigráfica: base constituída por arenitos e conglomerados, seguidos por arenitos conglomeráticos e arenitos, e no topo por intercalações de argilitos (Figura 32).

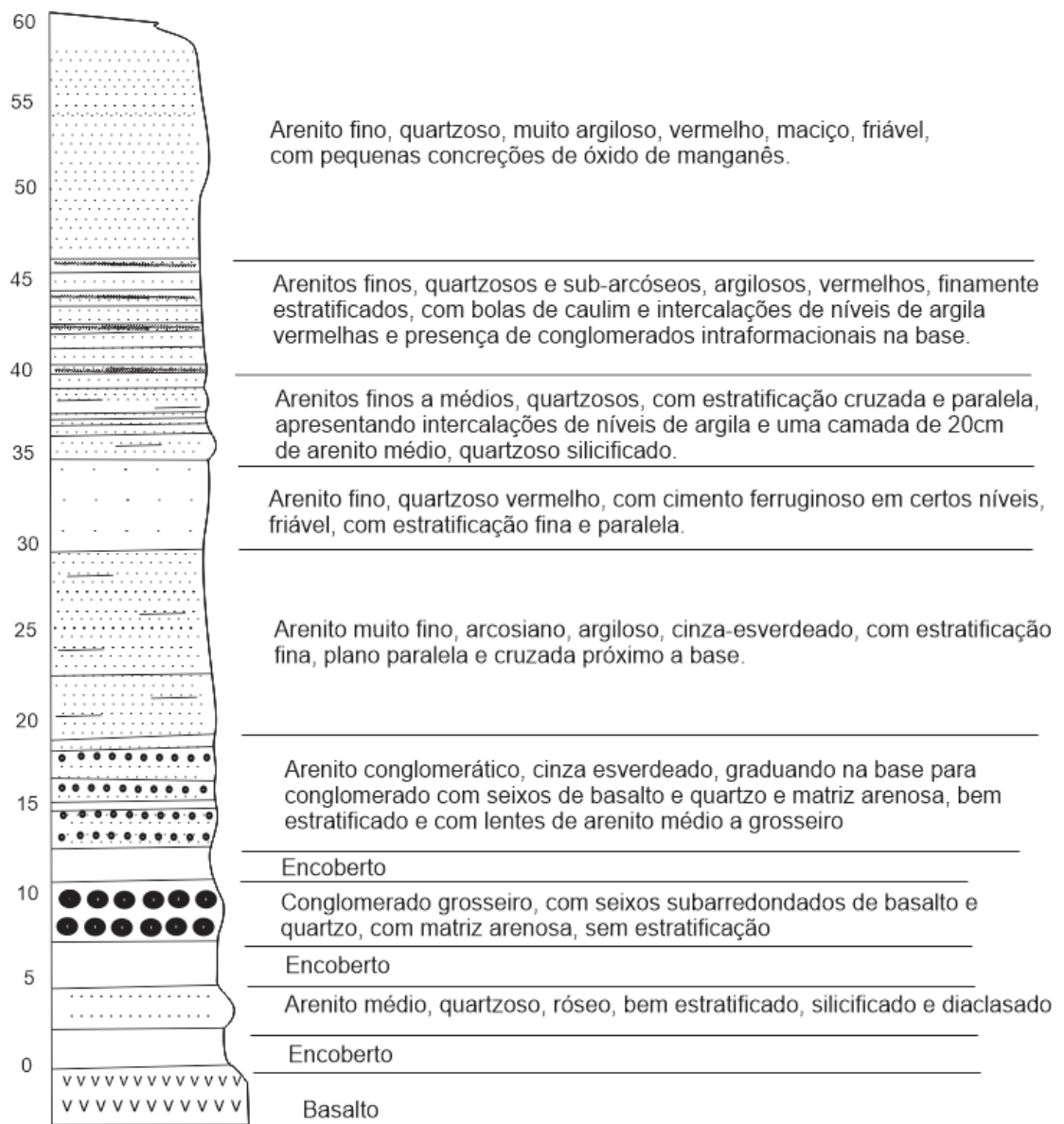


Figura 32. Coluna estratigráfica da Formação Tupanciretã proposta por Menegotto. (Modificado de Menegotto et al., 1968).

10. CONCLUSÕES

A partir das técnicas de sensoriamento remoto, construiu-se um anaglifo da área de estudo para realizar as análises de interpretação com uma base estereoscópica dos lineamentos regionais, bem como do tipo de drenagem e da macroforma e microforma do relevo da Formação Tupanciretã. Tal técnica foi fundamental para compreender os aspectos morfoestruturas da região e relacionar tais aspectos a comportamentos tectônico:

Assim sendo, citam-se as principais características que foram possíveis identificar na área de estudo: (a) Foi possível identificar diversos lineamentos de crista com direções NE/SW e NW/SE medindo de 2km à 15km marcado pelo relevo levemente elevado através da análise do anaglifo com óculos 3D. (b) Foi possível identificar um importante lineamento de médio porte com direção NE/SW medindo 60km de comprimento. Inclusive é possível inferir que tal lineamento separa a drenagem das regiões A e B, visto que conforme a figura 14, há incomunicabilidade de drenagens entre essas duas regiões através da análise por sensoriamento remoto, isto é, não há contato entre a drenagem da região A com a da região B, justamente pelo fato do lineamento de médio porte representar um alto topográfico pela análise tridimensional do terreno. Além disso, é possível inferir que tal lineamento é classificado como uma possível zona de falha com base na classificação de Gold, D.P 1980, sendo um forte argumento para indicar um controle tectônico na região. (c) Foi possível identificar lineamentos de vale com direções predominantemente NW/SE. (d) Na área de estudo, foi possível classificar a drenagem como treliça, de textura média a fina e comportamento bidirecional com ângulos de junção de 90°. (e) Foi possível identificar regiões com maior densidade de drenagem.

Nas atividades de campo, foi possível identificar a presença de rochas sedimentares, como pelitos, siltitos e arenitos finos e conglomerados, típicos da Formação Tupanciretã e conforme as descrições de Menegotto (1968).

Utilizando-se as técnicas de sensoriamento remoto observa-se: a) variação no mergulho de camadas em cada lado de lineamentos (medidas feitas no terreno); b) escarpas de linha de falha marcados pelos contatos da Formação Tupanciretã com a Formação Serra Geral; c) contato brusco, linear retilíneo entre a Formação Tupanciretã e a Formação Serra Geral; d) limites retos entre rochas da Formação

Serra Geral (substrato) e Formação Tupanciretã. Desta forma, conclui-se que na área de estudo desse projeto, a Formação Tupanciretã possui fortes indicativos de ter os seus contatos controlados por processos tectônicos desenvolvidos num período pós-deposicional. A análise conjunta dos lineamentos, das características da rede de drenagem, bem como da análise das micro e macroformas de relevo é possível concluir que a hipótese inicial da Formação Tupanciretã possuir evidências de controle tectônico pode ser aceita.

11. BIBLIOGRAFIA

ANDRADES FILHO, C. O.; RIBEIRO, B. M. G.; ALVES, F. C., CREMON, E. H.; SOARES, R. D. In: R. G.XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 18 (SBSR), 2017, Santos, Brasil. Anais. p. 3247-3254.

ARCANJO, J. B. A. 2011. Fotogeologia. Conceitos, métodos e aplicações. CPRM/SGB, Salvador, 144p.

BAKER, C. L. 1923. The Lava Field of the Paraná Basin, South America. The Journal of Geology. Vol. 31, No. 1, pp.66-79. Illinois.

BERGER, Z. 1994. Satellite Hydrocarbon Exploration: Interpretation and Integration Techniques. Berlin: SpringerVerlag-Heidelberg, 319p.

CALDASSO, A.L.S.; FAVILLA, C.A.C.; GRAZIA, C.A.; PERUFFO, N.; ROMANINI, S.J. e WILDNER, W., 1998. Mapeamento Geológico Integrado da Bacia Hidrográfica do Guaíba. Escala 1:500.000. CPRM /FEPAM. Mapa Preliminar.

CAMARGO, M.N.; KLAMT, E.; KAUFFMAN, J.H. Classificação de solos usada em levantamento pedológico no Brasil. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência de Solo, 12(1): 11-33, 1987

CORDANI, V. G. and VANDOROS, P. Basaltic rocks of the Paraná Basin —*Problems in brazilian gondwana geology* - I Int. Symp. On The Gondwana Strat. And Paleont. pp 207 -229. (1967)

COULON, F. K.; GAMERMANN, N. G.; FORMOSO, M. L. L. Considerações sobre a gênese da Formação Tupanciretã. Pesquisas, Porto Alegre, 2(1):79-89, dez. 1973.

CURKENDALL, D.; FIELDING, E. J.; CHENG, T.; POHL, J. M. A. Computational-Grid based system for continental drainage network extraction using SRTM digital elevation models. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PARALLEL PROCESSING WORKSHOPS, 3., 2003, Proceeding... Kaohsiung, Taiwan: IEEE Computer Society, 2003. p. 181.

DOORNKAMP J.C. 1986. Geomorphological approaches to the study of neotectonics. J. Geol Soc, 143:335-42.

DEFFONTAINES, B.; CHOROWICZ, J. 1991. Principles of drainage basin analysis from multisource data: Application to the structural analysis of the Zaire Basin. Tectonophysics, 194:237-263.

FÚLFARO, V. J.; GAMA JÚNIOR, E. G.; SOARES, P. C. Revisão estratigráfica da bacia do Paraná. São Paulo, Paulipetro, 1980. 155p. (Relatório BP-008/80).

GAMERMANN, NATÁLIO et al. Geotransversal Brasileira Norte-Sul (Parcial) Projeto Internacional do Manto Superior - Rio Grande do Sul. Pesquisas em Geociências, Porto Alegre, v. 2, n. 2, p. 49-60, dez. 1973. ISSN 1807-9806.

GOLD, D. P. 1980. Structural Geology. In: SIEGAL, D. S. Remoto Sensing in Geology. New York 1980, p. 419-483

GOOGLE EARTH (2020). Google Earth website. <http://earth.google.com/>,2009.

HORBACH, R. Folha SH-22 - Porto Alegre e parte das folhas SH-21 – Uruguaiana e SI-22 – Lagoa Mirim. In: Projeto RADAMBRASIL (Levantamento de Recursos Naturais), 1986. Rio de Janeiro, v. 33, p. 242

HOWARD, A.D. (1967) Drainage Analysis in Geologic Interpretation: A Summation. American Association of Petroleum Geologist Bulletin, 51, 2246-2259.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Brasileiro de 2020. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

JENSON, S; DOMINGUE, J. (1988) Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information System Analysis. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 54, 1593-1600.

JORDAN, G.; SCHOTT, B. Application of wavelet analysis to the study of spatial pattern of morphotectonic lineaments in digital terrain models. Remote Sensing of Environment, New York, v.94, n.1. p.31-38, 2005.

MARTZ L. W.; GARBRECHT, J., “Numerical Definition of Drainage Network and Subcatchment Areas from Digital Elevation Models,” Computers & Geosciences, Vol. 18, No. 6, 1992, pp. 747-761.

MANTESSO-NETO, Virgínio; BARTORELLI, Andrea; CARNEIRO, Celso Dal Ré; BRITO NEVES, Benjamim Bley de. Geologia do continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo: Beca, 2004.

MENEGOTTO, E. 1980. Análise textural da Formação Tupanciretã. Ciência e Natura, Santa Maria, 2:91-103.

MENEGOTTO, E., 1971. Sedimentologia da Formação Tupanciretã. Dissertação de Mestrado em Geociências. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 58p.

MENEGOTTO, E.; SARTORI, P. L. P.; MACIEL FILHO, C.L. 1968. Nova sequência sedimentar sobre a Serra Geral no Rio Grande do Sul. Publicação Especial do Instituto de Solos e Culturas, Seção Geologia e Mineralogia, Santa Maria, 1:1-19, ago. 1968.

MELFI, A. J.; PICCIRILLO, E. M.; NARDY, A. J. R. (1988). Geological and magmatic aspects of the Paraná Basin: an introduction. In: Piccirillo E. M., Melfi A. J. (eds.) The Mesozoic flood volcanism of the Paraná Basin: Petrogenetic and Geophysical Aspects. IAG-USP, p. 1-13.

MILANI, E. J.; GONÇALVES DE MELO, J. H.; 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

NORTHFLEET, A. A.; MEDEIROS, R. A.; MÜHLMANN, H. Reavaliação dos dados geológicos da Bacia do Paraná. Boletim Técnico da PETROBRAS, Rio de Janeiro, v.12,n.3, p. 291-346, jul./set. 1969

NOWATZKI, C. H.; DUTRA, T. L.; FLECK, A. Novas observações sobre a Formação Tupanciretã. Acta Geologica Leopoldensia, v. 23, n. 48, p. 39-52, 1999.

POTTER, P.E. 1997. The Mesozoic and Cenozoic paleodrainage of South America: a natural history. J. South Am. Earth Sci., 10:331-334.

REIS, M. S. Caracterização Morfoestrutural dos Depósitos Sedimentares da Formação Tupanciretã, no Planalto Meridional do Rio Grande do Sul, Brasil. 2020. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Sustentabilidade), Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), p. 77.

REIS, M. S.; ANDRADES FILHO, C. O.; BERRETA, M. S. R. B; OLIVEIRA, L. G. O papel da tectônica na paisagem atual: estudo sobre a Formação Tupanciretã no Planalto Meridional do Rio Grande do Sul, Brasil. In: XVII Simpósio de Nacional de Estudos Tectônicos, XI International Symposium on Tectonics, XI Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia, 2019, Bento Gonçalves. Anais do XVII Simpósio de Nacional de Estudos Tectônicos, International. Bento Gonçalves: Sociedade Brasileira de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2019. v. 17. p. 163-163.

RENNE, P.R.; ERNESTO, M.; PACCA, I.G.; COE, R.S.; GLEN, J.M.; PRÉVOT, M.; PERRIN, M. 1992. The Age of Paraná Flood Volcanism, Rifting of Gondwanaland, and the Jurassic Cretaceous Boundary. Science, v. 258, p. 975-979.

RENNE, P.R.; DECKART, K.; ERNESTO, M.; FÉRAUD, G.; PICCIRILLO, E.M. 1996. Age of the Ponta Grossa dike swarm (Brazil), and implications to Paraná flood volcanism. Earth and Planetary Science Letters, 144, p. 199-211.

RICCOMINI, C., et al. (2016). "The Early Cretaceous Jacuí Group, a newly discovered volcanoclastic–epiclastic accumulation at the top of the Paraná Basin, southern Brazil." Cretaceous Research 59: 111-128.

SCHNEIDER, A.W — Contribuição à Petrologia dos Derrames Basálticos da Bacia do Paraná — Publ. Avulso nº 1. Esc. Eng. — UFRGS (1964).

SILVA, A. Q.; DOMINGOS, F. H. G.; SILVA JUNIOR, A. G. CONCEIÇÃO, R. A. C. SOUZA, J. J. Uso de estereoscopia digital no ensino de mapeamento geológico nos cursos de formação em geociências. In. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 2017, Santos, Anais... São José dos Campos: INPE, 2017, On-line. ISBN 978-85-17-00088-1.

SOARES P.C.; FIORI, A. 1976. Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. Notícias Geomorfológicas, Campinas,16(32): 71-104.

SOFTWARE STEREOPHOTO MAKER. Disponível em:
<http://stereo.jpn.org/eng/stphmkr/>

WEBER, E.; HASENACK, H.; FERREIRA, C.J.S. 2004. Adaptação do modelo digital de elevação do SRTM para o sistema de referência oficial brasileiro e recorte por unidade da federação. Porto Alegre, UFRGS Centro de Ecologia.

WILDNER, W; RAMGRAG, G. E.; LOPES, R. C.; IGLESIAS, C. M. F., 2006. Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul. Serviço Geológico do Brasil, scale 1:750.000.