

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

ALISSON PEREIRA LOPES

**USO DE UM SIG NO RECONHECIMENTO GEOLÓGICO EM UMA ÁREA DE
OCORRÊNCIA FOSFÁTICA NA REGIÃO DA BODOQUENA - MS**

CAÇAPAVA DO SUL

2020

ALISSON PEREIRA LOPES

**USO DE UM SIG NO RECONHECIMENTO GEOLÓGICO EM UMA ÁREA DE
OCORRÊNCIA FOSFÁTICA NA REGIÃO DA BODOQUENA - MS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Geologia da
Universidade Federal do Pampa, como
requisito parcial para obtenção do Título de
Bacharel em Geologia.

Orientador: Maximillian Fries

CAÇAPAVA DO SUL

2020

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

L864u Lopes, Alisson Pereira

USO DE UM SIG NO RECONHECIMENTO GEOLÓGICO EM UMA ÁREA DE
OCORRÊNCIA FOSFÁTICA NA REGIÃO DA BODOQUENA - MS / Alisson
Pereira Lopes.

55 p.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Pampa,
GEOLOGIA, 2020.

"Orientação: Maximilian Fries".

1. Prospecção. 2. Fosfato. 3. Dados Indiretos. I. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal do Pampa

ALISSON PEREIRA LOPES

**USO DE UM SIG NO RECONHECIMENTO GEOLÓGICO EM UMA ÁREA DE
OCORRÊNCIA FOSFÁTICA NA REGIÃO DA BODOQUENA - MS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Geologia da
Universidade Federal do Pampa, como
requisito parcial para obtenção do Título de
Bacharel em Geologia.

Orientador: Maximilian Fries

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 09 de dezembro de 2020.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Maximilian Fries
Orientador
UNIPAMPA

Prof. Dr. Igor Magalhães Clemente
UNIPAMPA

Prof. Dr^a. Cristiane Heredia Gomes
UNIPAMPA



Assinado eletronicamente por **CRISTIANE HEREDIA GOMES, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 16/12/2020, às 14:16, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **MAXIMILIAN FRIES, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 16/12/2020, às 14:55, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **IGOR MAGALHAES CLEMENTE, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 16/12/2020, às 15:11, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [h](https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0)

[https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?](https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0)

[acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0](https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0428780** e o código CRC **9925B288**.

Ao meu pai,
João Tertuliano Silveira Lopes.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aqui primeiramente ao meu orientador Prof. Dr. Maximilian Fries, a quem tenho uma grande admiração, por todo o apoio e confiança a realizar este trabalho, pelos ensinamentos, paciência e compreensão, o meu muito obrigado.

Agradeço, ao meus familiares por toda ajuda possível.

E, grato a todos os professores deste curso, por transmitir conhecimento com dedicação e competência, junto com dificuldades e alegrias, contribuíram para chegar até aqui.

RESUMO

O crescente consumo mundial de alimentos em todos os países exige uma otimização constante na produção agrícola por meio do uso de fertilizantes que tem como elemento base o fosfato. Este assume grande importância no cenário da exploração mineral atualmente, considerando que a maior parte deste elemento é destinado a insumos agrícolas. Descobertas recentes de depósitos de fosfato no Brasil vêm contribuindo significativamente na redução do custo de produção, diminuição das importações e conseqüente menor custo ao produtor. Recentemente, na região de Bodoquena, estado do Mato Grosso do Sul, mapeamentos geológicos de detalhe, sondagens e análises de solo definiram de forma preliminar altas concentrações de P_2O_5 associados a rochas carbonáticas das formações do Grupo Corumbá. Neste sentido, a proposta deste trabalho foi de integrar informações diretas obtidas em mapeamento geológico de campo a dados indiretos como imagens de satélite e modelos digitais de terreno com resolução de 12,5m do sensor Alos palsar. A área situa-se na região da fazenda Veneza, entre o município de Bonito e Bodoquena, estado do Mato Grosso do Sul. A partir da geração de um banco de dados, análise das informações em um SIG foi possível gerar mapas integrados, visualizações 3D e um perfil geológico seccionando uma área de interesse. Os resultados apresentados representam importante contribuição no detalhamento geológico do local e, considerando a escala de detalhe, os métodos indiretos aplicados em um SIG agregaram significantes informações para o conhecimento do local. Adicionalmente, fornecem importantes subsídios à definição de “áreas alvo” (*targets*) para estudos posteriores.

Palavras-Chave: Prospecção, Fosforito, Dados indiretos.

ABSTRACT

The growing world consumption of food in all countries requires a constant optimization of agricultural production through the use of fertilizers based on phosphate. This assumes great importance in the mineral exploration scenario nowadays, considering that most of this element is destined for agricultural inputs. Recent discoveries of phosphate deposits in Brazil have contributed significantly to reducing production costs, decreasing imports, and consequently lower costs for producers. Recently, in the Bodoquena region, state of Mato Grosso do Sul, prospective surveys applying detailed geological mapping, drilling, and soil analysis have preliminarily defined high concentrations of P_2O_5 associated with carbonate rocks in the Corumbá Group formations. In this sense, the purpose of this study is to integrate direct information obtained in geological field mapping with indirect data such as satellite images and digital terrain models with 12,5m resolution from the Alos palar sensor. The area is located in the region of Fazenda Veneza, between the municipality of Bonito and Bodoquena, Mato Grosso do Sul state. With a consistent database and analysis of the information in a GIS, it was possible to generate integrated maps, 3D visualizations, and a geological profile sectioning an area of interest. The presented results represent an important contribution to the geological detailing of the site and, considering the scale of detail, the indirect methods applied in a GIS added significant information to the local reconnaissance. Additionally, the results provide important support for the definition of targets for further studies.

Keywords: Prospection, Phosphorite, Indirect data.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização (A), mapa de situação (B) e área de estudo.	9
Figura 2 - Mapa geológico regional da Faixa Paraguai e localização da área de estudo.	12
Figura 3 - Mapa geológico com estruturas e drenagens entorno da área de estudo.	13
Figura 4 - Geologia local da área de estudo.....	17
Figura 5 - Coluna Estratigráfica proposta para as litologias da área do Grupo Corumbá, segundo Boggiani (1998).	19
Figura 6 - Esquema do modelo genético proposto para a ocorrência de rocha fosfática da distribuição das fácies na zona interna, em provável plataforma carbonática.	24
Figura 7 - Fluxograma de atividades.	26
Figura 8 - Mapa de declividade na região que abrange a área de estudo, conforme (Embrapa 1979), área de estudo classificada como suave ondulado.	28
Figura 9 - Modelo digital de elevação com relevo sombreado e lineamentos estruturais.	29
Figura 10 - Área de estudo e pontos amostrados/descritos no estudo.	31
Figura 11 - Visualização 3D da área de estudo (exagero vertical de 5x), variação altimétrica local e pontos.....	32
Figura 12 - Área de estudo e curvas de nível associadas à variação do terreno no local de estudo.....	33
Figura 13 - Visualização 3D da região.....	34
Figura 14 - Modelo digital de terreno, com ênfase na área de estudo com relevo sombreado, lineamentos e domínios geomorfológicos e linha do perfil A-A'.....	35
Figura 15 - Perfil NE - SW gerado para a área de estudo.....	36
Figura 16 – Mapa integrado (MDE) com informações de geologia e tendência (trend) da ocorrência dos valores fosfáticos elevados. Informações gentilmente cedidas por EDEM 2018.	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição das classes de declividade.....	27
Tabela 2 – Principais litologias identificadas no local.....	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BPL – *Bone Phosphate of Lime*

CPRM – Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral

EDEM – Empresa De Desenvolvimento em Mineração e Participações Ltda

GPS - *Global Positioning System*

IFC – Industria de Fosfatados Catarinense

MDE – Modelo Digital de Elevação

MT – Milhões de Toneladas

SIG – Sistemas de Informações Geográficas

SRTM – *Shuttle Radar Topographic Mission*

USGS – *United States Geological Service*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 OBJETIVOS	8
2.1 Gerais	8
2.2 Específicos	8
3 JUSTIFICATIVA	8
4 ÁREA DE ESTUDO	9
4.1 Geologia Regional	10
4.2 Geologia Local	14
5 O ELEMENTO FOSFATO E SUA IMPORTÂNCIA	20
5.1 Gênese e Ocorrência No Mundo	20
5.2 No Brasil	22
5.3 Ocorrência na Área de Estudo	24
6 MATERIAL E MÉTODOS	24
7 RESULTADOS	26
7.1 – Geomorfologia da Área	27
7.1.1 - Modelo Digital de Elevação (MDE)	28
7.1.2 – Litologias descritas na área	29
7.2 Análise dos Dados em Ambiente Sig e Geologia Local	31
7.2.1 Visualização 3D e variação altimétrica	31
7.2.2 Variação de relevo local – Mapa de Curvas de Nível	32
8. INTEGRAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS	33
8.1 Visualização 3D	33
8.2 Perfil Geológico	34
9 DISCUSSÕES E CONCLUSÕES FINAIS	37
REFERÊNCIAS	39
APÊNDICE A	43

1 INTRODUÇÃO

A população do nosso planeta cresce em 83 milhões anualmente. Caso isso se mantenha, em 2050 haverá 9 bilhões de pessoas no mundo, e até o final do século serão mais de 10 bilhões (KINKARTZ, 2012). Esse acréscimo exige uma demanda de alimentos que necessita triplicar a produção agrícola nos próximos 40 anos, trazendo mudanças na dinâmica de renda e produção de alimentos. À medida que a renda cresce, mudam os hábitos de compra de alimentos em termos de quantidade, tipo e motivação em alimentos específicos.

Os produtos agrícolas constituem a base da subsistência humana, contudo, com os avanços das técnicas e da tecnologia. A agricultura tem servido, também, para o fornecimento de gêneros para a produção de fibras, energia, matéria-prima para roupas e outros produtos derivados, combustível, construções, medicamentos, ferramentas e inúmeras outras finalidades (RIBEIRO, 2018).

A utilização de defensivos agrícolas e fertilizantes do solo, como os fosfatados, são exemplos de técnicas de modernização da agricultura especialmente, no incremento da produção (crescimento mais acelerado). Avanços nas pesquisas e na criação de novas técnicas e tecnologias aplicadas à agricultura permitiram um aumento na produtividade agrícola a partir da segunda metade do século passado (RIBEIRO, 2018).

A corrida pelo fosfato, no final do século XIX, com a utilização das fezes das aves marinhas como adubo para a agricultura é conhecida de longa data, desde os períodos pré-colombianos (ROSTAN, 2012). Esse fertilizante que comportava todos os tipos de materiais provenientes do animal vivo, e principalmente ossadas de animais, era muito utilizado, até que um geólogo inglês descobriu, no início dos anos 1850, a possibilidade de utilizar também os fosfatos minerais (ROSTAN, 2012).

A exploração deste produto teve início na Europa, com a descoberta dos depósitos de fosfatos antilhanos, e com as explorações se desenvolvendo a ilha se tornou a sede de uma intensa atividade mineira entre os anos 1882 e 1913 (ROSTAN, 2012). Uma série de empresas americanas exportava os produtos para a Europa (França e Inglaterra) e para os Estados Unidos da América, mudando, assim, completamente o aspecto da ilha por 30 anos de exploração e a quase totalidade de sua morfologia atual resultante de uma estruturação antrópica relacionada à atividade mineira (ROSTAN, 2012). Contudo, a utilização do fósforo como fertilizante foi

inicialmente proposta em 1840 pelo químico alemão J. Liebig, mas foi J. Lawes que, baseado em fosfatos, desenvolveu o primeiro fertilizante em 1842, a partir da dissolução de fosforitos em H_2SO_4 (LUZ, 2008).

O fósforo na forma de fosfato é um elemento primordial na natureza, pois, possui uma alta potencialidade para efetuar ligações químicas. Este elemento é capaz de transferir energia entre os diferentes níveis de vida, bem como, as partes não vivas. As principais fontes de fosfato primário estão relacionadas à atividade hidrotermal e a alteração de basaltos submersos nas zonas adjacentes às dorsais meso-oceânicas. No entanto, este fósforo é em grande parte, assimilado por óxidos/hidróxidos de ferro gerados na própria atividade hidrotermal e na alteração dos basaltos (FOLLMI, 1996).

A prospecção de fosfato atualmente é feita a partir de três fontes naturais, como; i) ígnea, encontrado maior parte em rochas alcalinas, com presença acentuada de rocha carbonatítica e minerais micáceos com baixo teor de P_2O_5 ; ii) sedimentar, onde a maioria dos minérios de fósforo dessas rochas pertencem ao grupo da apatita, e estão relacionadas com siltitos e folhelhos calcíferos; iii) outra fonte deste elemento é a denominada Guano, que constitui uma concentração de fezes de aves.

As ocorrências de origem sedimentar constituem as maiores ocorrências conhecidas de fosfato. São encontradas em todos os continentes exceto na Antártica, desde o Arqueano até o recente, respondendo por mais de 80% da produção de rocha fosfática no mundo, tendo assim, uma enorme importância econômica. No Brasil são conhecidos jazimentos deste tipo em Minas Gerais, Pernambuco, Bahia, e ocorrências importantes no Mato Grosso do Sul foco deste estudo (LORENZO, 2000).

A partir da relevância da exploração e otimização das reservas, o estudo aqui proposto visa estudar ocorrências fosfáticas na região denominada fazenda Veneza, entre os municípios de Bonito e Bodoquena – MS. Especificamente, a proposta é de integrar informações diretas obtidas em mapeamento geológico de campo e de dados indiretos como imagens de satélite e modelos digitais de terreno, reconhecer em escala de detalhe as principais estruturas e litologias a partir de mapas integrados, definir concentrações fosfáticas e propor limites de concentração ao longo do local.

Este estudo teve o apoio da Empresa de Desenvolvimento em Mineração e Participações LTDA (EDEM), onde vem sendo analisadas alvos prospectivos com significantes ocorrências fosfáticas.

2 OBJETIVOS

2.1 Gerais

Integrar informações geológicas de detalhe a informações indiretas por meio de um SIG de uma área na região da fazenda Veneza na região entre Bonito/Bodoquena Mato Grosso do Sul, MS.

2.2 Específicos

- Gerar mapa com visualização 3D das variações altimétricas (MDE) na região como subsídio a geração de perfil geológico A - A' no local;
- Gerar um perfil geológico seccionando as principais litologias, pontos de descrições (mapeamento geológico) e análises da ocorrência dos valores fosfáticos elevados (*trend* fosfático).
- Integrar informações diretas (geologia) e indiretas (SIG) na elaboração de um mapa contendo os principais limites, direções e geometrias dos fosforitos no local (*trend* fosfático).

3 JUSTIFICATIVA

A intensa expansão da população mundial e a necessidade crescente de demanda de produtos alimentícios, conforme citado anteriormente, justifica a necessidade de intensificação na exploração e descoberta de novas jazidas no país. Considerando a necessidade de importação de P_2O_5 de outros países, o incentivo na procura de novos depósitos ou a revitalização dos existentes faz-se necessário o constante aprimoramento dos métodos e técnicas empregadas na exploração sem excluir, no entanto, os estudos geológicos tradicionais como mapeamento geológico.

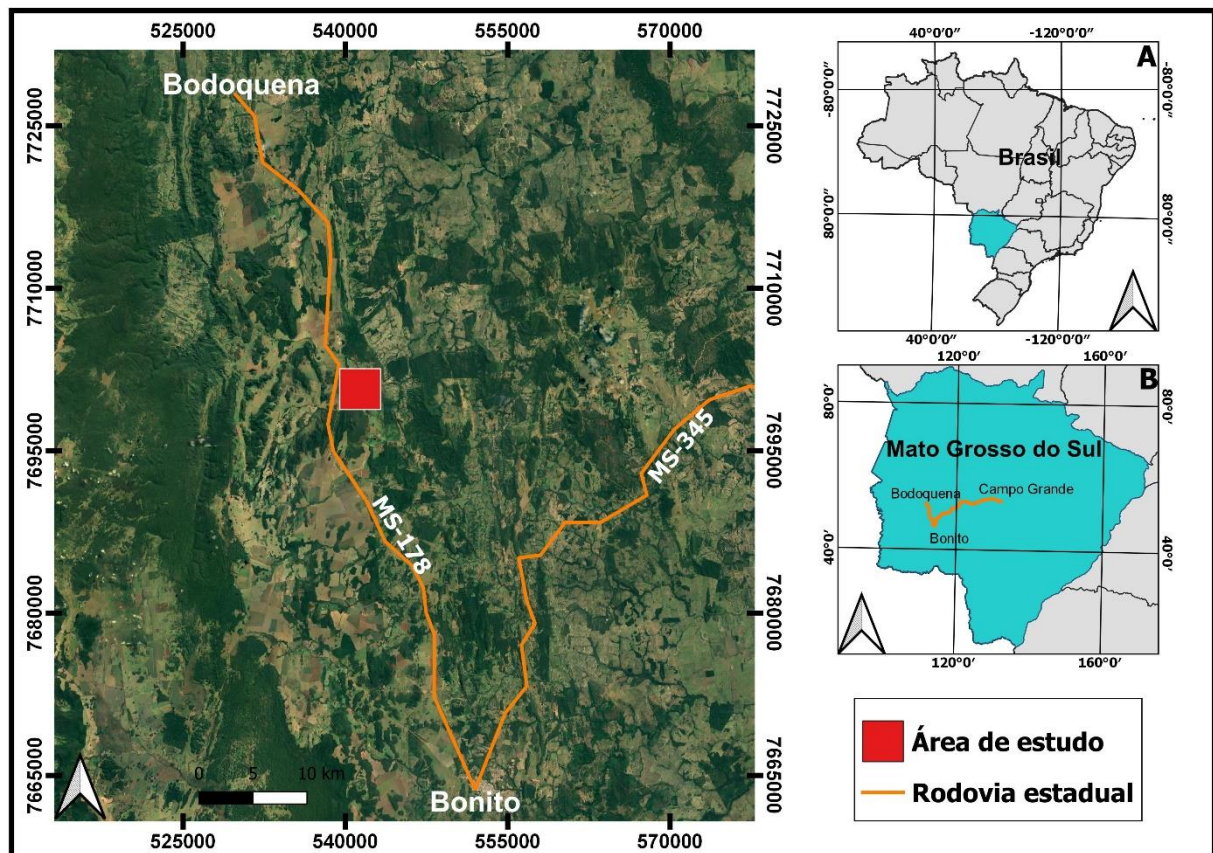
Das geotecnologias aplicadas ao processo, a que tem se mostrado mais decisiva é a SIG, que viabiliza armazenamento de um maior número de informações possíveis e tem alto destaque em função da crescente necessidade de armazenar, processar e manipular grande volume de dados. Com a associação de imagens de alta resolução e a integração destas, pode proporcionar um aperfeiçoamento às

atividades de mapeamento geológico, na aquisição de dados e nas campanhas de campo e na análise, discussão e geovisualização dos resultados do processo. Levando-se em conta estes elementos, este trabalho e a proposta metodológica é justificada.

4 ÁREA DE ESTUDO

A região situa-se a 270 km da capital do estado do Mato Grosso do Sul, Campo Grande o acesso principal dá-se pela rodovia estadual MS-345, seguindo em direção a sudoeste pela rodovia estadual MS-178. A área de estudo compreende a região conhecida como Fazenda Veneza, sendo o principal acesso na rodovia MS-178 em um trecho vicinal de estrada de chão, localizada a 20 km do município de Bonito e a 50 km do município de Bodoquena (Figura 1).

Figura 1 - Mapa de localização (A), mapa de situação (B) e área de estudo.



Fonte: Adaptado CPRM - Serviço geológico do Brasil (2010).

4.1 Geologia Regional

No contexto geotectônico estão representadas litologias com idades que vão desde o Arqueano até o Recente. A Faixa Paraguai no qual se encontra a área de estudo, representa uma seqüência de sedimentos e meta sedimentos deformados e metamorfizados durante o evento tectônico Brasileiro (~600 Ma), a deformação e o grau de metamorfismo sofrem variações em direção ao Cráton Amazônico, tendo sido desenvolvida no final do Neoproterozóico, na borda sudeste do mesmo (Figura 2). Esta faixa constitui uma unidade geotectônica de destaque na região central do continente sul-americano, estendendo-se no Brasil pelos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, e por países como Bolívia e Paraguai, bordejando pelo lado oriental, o Cráton Amazônico e o Bloco Rio Apa (Boggiani e Alvarenga 2004).

As rochas mais antigas são gnaisses, granito-gnaisses e anfibolitos, interpretadas em nível regional como sendo uma extensão do Cráton do Guaporé, fazendo parte do desenvolvimento de uma crosta siálica primitiva, evoluindo e sofrendo remobilizações sucessivas nos eventos subseqüentes (Martins, 1986). As exposições dessas rochas, assim como os xistos, quartzitos e anfibolitos, mais recentemente reunidos na Associação Metamórfica do Alto Tererê (Corrêa *et al.*, 1976), concentram-se na porção sudeste da área. Essas unidades antigas foram intrudidas por corpos ácidos e básicos, metamorfizados, representados, respectivamente, por granitos e anfibolitos. Cobrindo parcialmente essas rochas e estendendo-se no setor oeste da folha, afloram os sedimentos detríticos e carbonáticos do Grupo Corumbá (Almeida, 1965), representados pelas formações Puga, Cerradinho e Bocaina, constituindo a serra da Bodoquena.

No sudeste da folha, em contato discordante com os metassedimentos do Grupo Cuiabá, ocorrem os sedimentos da Bacia do Paraná, representados pelos grupos Paraná (Formação Furnas), Tubarão (Formação Aquidauana) e São Bento (formações Botucatu e Serra Geral). Na área, o final do processo sedimentar é marcado pelos sedimentos recentes da Formação Pantanal, aflorante a norte de Aquidauana e noroeste de Miranda, e, por último, as aluviões como depósitos atuais constituídos por cascalhos, areias, siltes e argilas, que ocorrem nos rios principais.

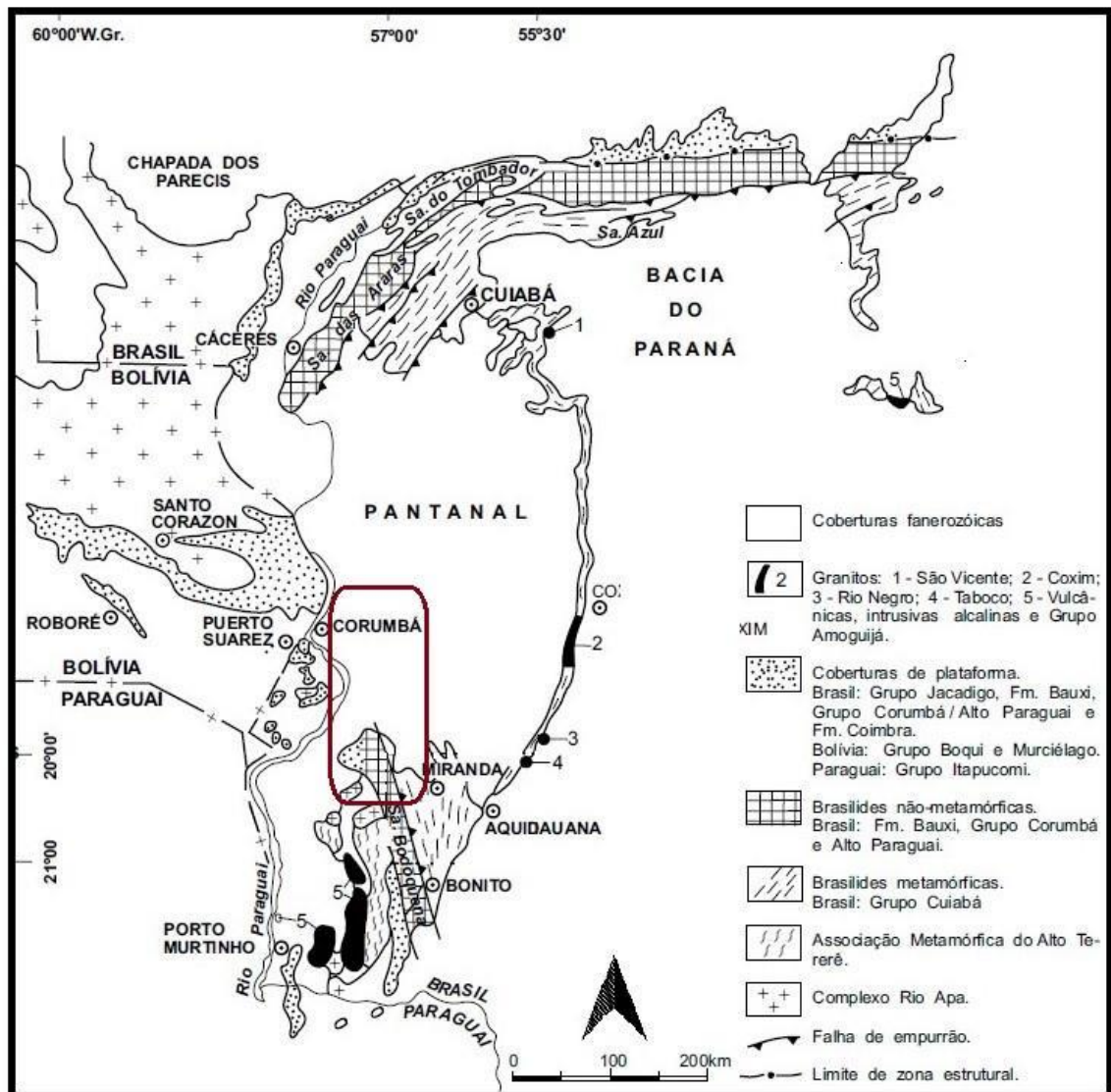
Devido diferenças em composições faciológicas e paleontológicas, esta faixa é subdividida em Meridional e Setentrional, sendo ao norte exposições do Grupo Araras e ao sul o Grupo Corumbá (BOGGIANI; ALVARENGA, 2004).

É composta por metassedimentos terrígenos, nas fácies xisto verde, e carbonáticas, com baixo grau de metamorfismo, possuindo longos falhamentos inversos e/ou empurrão, com ausência de rochas vulcânicas aflorantes (BOGGIANI; ALVARENGA, 2004).

Almeida (1984) subdivide em três domínios estruturais individualizados e separados por falhas inversas subverticais, como Zona Estrutural Interna, intensamente dobrada e metamorfizada na fácies xisto verde, com intrusões graníticas; Zona Estrutural Externa, dobrada com pouco ou nenhum metamorfismo; e Coberturas sedimentares de plataforma, estruturalmente onduladas e falhadas, mas não metamorfizada.

A primeira proposta de uma divisão estratigráfica para as rochas da Faixa Paraguai foi elaborada por Evans (1894), que caracterizou as Ardósias (filitos) Cuiabá, Calcários Araras e Arenitos Raizama. Diversos trabalhos posteriores foram realizados, porém em âmbito local, em partes da cobertura cratônica e em partes da faixa, como Almeida 1945, 1954, Maciel 1959, Oliveira 1964 e Vieira 1965. Almeida (1964, 1965, 1968) propôs as primeiras idéias concernentes à estratigrafia e à evolução orogênica de todas as rochas da Faixa Paraguai, estabelecendo novas unidades (Formação Puga, Grupo Jangada, Formação Bauxi e Formação Diamantino). Trabalhos de mapeamento geológico sistemático executados pelo DNPM e pela CPRM (Figueiredo & Olivatti 1974, Ribeiro Filho & Figueiredo 1974, Ribeiro Filho et al. 1975, Nogueira & Oliveira 1978, Corrêa et al. 1979, Luz et al. 1978, 1980), geraram um importante arquivo de dados geológicos regionais.

Figura 2 - Mapa geológico regional da Faixa Paraguai e localização da área de estudo.



Fonte: Situação da Folha Aquidauana no contexto geológico regional (modificado de Zaine, 1991).

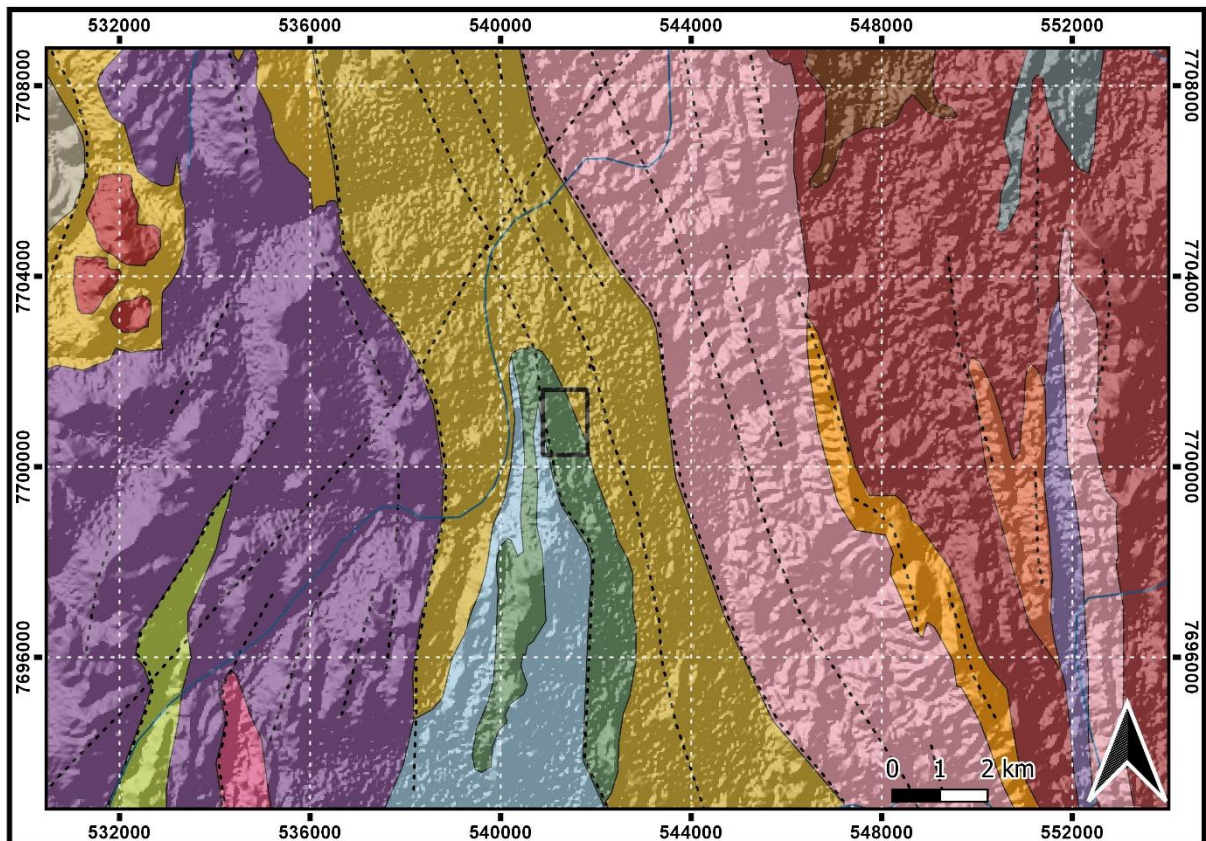
A área de estudo se situa na Serra da Bodoquena com cerca de 270 km na direção norte-sul e com aproximadamente 800 m de altitude, a sudoeste da Planície do Pantanal. Localiza-se a uma latitude 20°32'19" sul e a uma longitude 56°42'54" oeste.

A Serra da Bodoquena (ALMEIDA, 1965) compreende essencialmente um planalto denominado de "Planalto da Bodoquena", como corpo principal de um conjunto de serras dispostas na direção norte-sul, denominadas de Serras Residuais do Rio Paraguai (ROSS, 2000). A oeste a Serra da Bodoquena limita-se por discordâncias erosivas com gnaisses e xistos do Complexo Metamórfico Alto Tererê,

e a leste por contatos tectônicos e unidades da zona interna, onde apresenta deformação mais intensa (BOGGIANI, 1998).

O Grupo Corumbá (ALMEIDA, 1965; BOGGIANI, 1998) (Figura 3), é representado por rochas siliciclásticas na base conglomerados, tilitos, conglomerados e arenitos das formações Puga, Cadiueus e Cerradinho, recobertas por uma sucessão carbonática de água rasa na formação Bocaína e Tamengo, na qual se encontram depósitos fosfáticos, calcários e folhelhos carbonosos depositados em evento transgressivo, e sobre este encontram-se folhelhos, xistos e filitos da formação Guaicurus.

Figura 3 - Mapa geológico com estruturas e drenagens entorno da área de estudo.



Legenda			
	Área de estudo		Formação Cuiabá - Mármore dolomítico
	Drenagem		Formação Puga - Tilito
	Lineamentos estruturais - falhas ou fraturas		Formação Cuiabá - Quartzito conglomerático
	Formação Bocaina - Dolomito		Formação Cuiabá - Quartzito
	Formação Tamengo - Calcário calcítico		Formação Cerradinho - Siltito
	Formação Puga - Arenito		Formação Bocaina - Dolomito silicoso
	Formação Bocaina - Calcário dolomítico		Formação Bocaina - Calcário calcítico
	Formação Cerradinho - Calcário dolomítico		Depósitos Aluvionares
	Formação Cuiabá - Mármore calcítico		Formação Cuiabá - Xisto
	Formação Cuiabá - Filito		

Fonte: Modificado CPRM - Serviço geológico do Brasil (2010).

4.2 Geologia Local

Na região, as primeiras evidências de rochas do Grupo Corumbá encontram-se as margens do rio Paraguai e são observações, relatos e citações feitas tanto por naturalistas ou viajantes. Evans (1894) designou os calcários da região de Corumbá *Limestones*, onde relacionou com as regiões de Nobre e Forte Coimbra. Em 1909, LISBOA correlacionou os calcários da Serra da Bodoquena aos de Corumbá, assim reunindo todas as sequências carbonáticas da região. Em 1939, PAIVA & LEINZ, consideraram os calcários da Serra da Bodoquena como única formação geológica da região com requisito para prospecção de petróleo, contudo nenhum estudo a este foi elaborado.

Estudos realizados sobre jazidas de ferro e manganês no Grupo Jacadigo em Corumbá na década de 1940, resultaram em trabalhos de oliveira & leonardos (1943), oliveira & moura (1944), dorr (1945) e barbosa (1949), contribuíram da mesma forma para novas descobertas do Grupo Corumbá e região.

As formações e rochas representantes do Grupo Corumbá representam um conjunto de unidades sedimentares e metassedimentares siliciclásticas e carbonáticas de idade Ediacarana, afloram na porção oeste do estado do Mato Grosso do Sul, particularmente na porção leste da Serra da Bodoquena e nas adjacências do município de Corumbá.

A geologia da área teve destaque na década de 40 devido ao interesse econômico nos depósitos de ferro e manganês do Maciço do Urucum, já conhecidos desde o início do século XX (ALMEIDA, 1965). Almeida 1965, definiu a Serra da Bodoquena, subdividindo nos grupos bocaina, basal, composto por dolomitos, e Tamengo, superior, caracterizado por calcários escuros, folhelhos, siltitos e arenitos. Em 1965, Almeida reuniu as exposições carbonáticas da Serra da Bodoquena com as encontradas em Corumbá, em um único grupo, mantendo a denominação original de Grupo Corumbá. Posteriormente, diversas propostas estratigráficas foram definidas para o Grupo Corumbá, sendo, neste estudo, adotado a descrição de acordo com os estudos de Boggiani (1998), ilustrado na coluna estratigráfica na Figura 5.

Formação Puga:

De acordo com Maciel (1959), situado à margem direita do rio Paraguai nas proximidades de Porto Esperança, no município de Corumbá, é definida com a ocorrência de tilitos, subjacentes aos dolomitos da Formação Bocaina. É formada da base para o topo por arenitos que transicionam de arcoseanos a orto-quartzíticos, quase sempre alterados, de cor amarelada, contendo, por vezes, intercalações centimétricas a métricas de arenitos de cor cinza, e granulação fina em matriz silto-argilosa. Acima dessa sequência, geralmente, assentam-se paraconglomerados cinza, contendo predominantemente clastos de quartzo, gnaisses e carbonatos, em matriz argilo-silto-arenosa.

Formação Cadiuéus:

Almeida (1965) definiu esta formação como um conjunto de sedimentos conglomeráticos e arcoseanos com uma estimada espessura desta formação em pelo menos 300m, e demonstrou a existência de dois grandes ciclos de sedimentação

conglomerática. Na base contendo conglomerados polimíticos, clastos angulosos de granito, gnaiss, biotita-xisto, quartizito, anfibolito e outras rochas que compõe o embasamento. Para o topo os conglomerados transicionam para camadas mais espessas de arenitos e passam para folhelhos roxos. Três fácies foram identificadas por Boggiani (1998), conglomerados polimíticos, arcóseos grossos e folhelhos roxos. O contexto observado de variação lateral e vertical das fácies na Formação Cadiueus permite associá-la a depósitos de leques aluviais (BOGGIANI, 1998).

Formação Cerradinho:

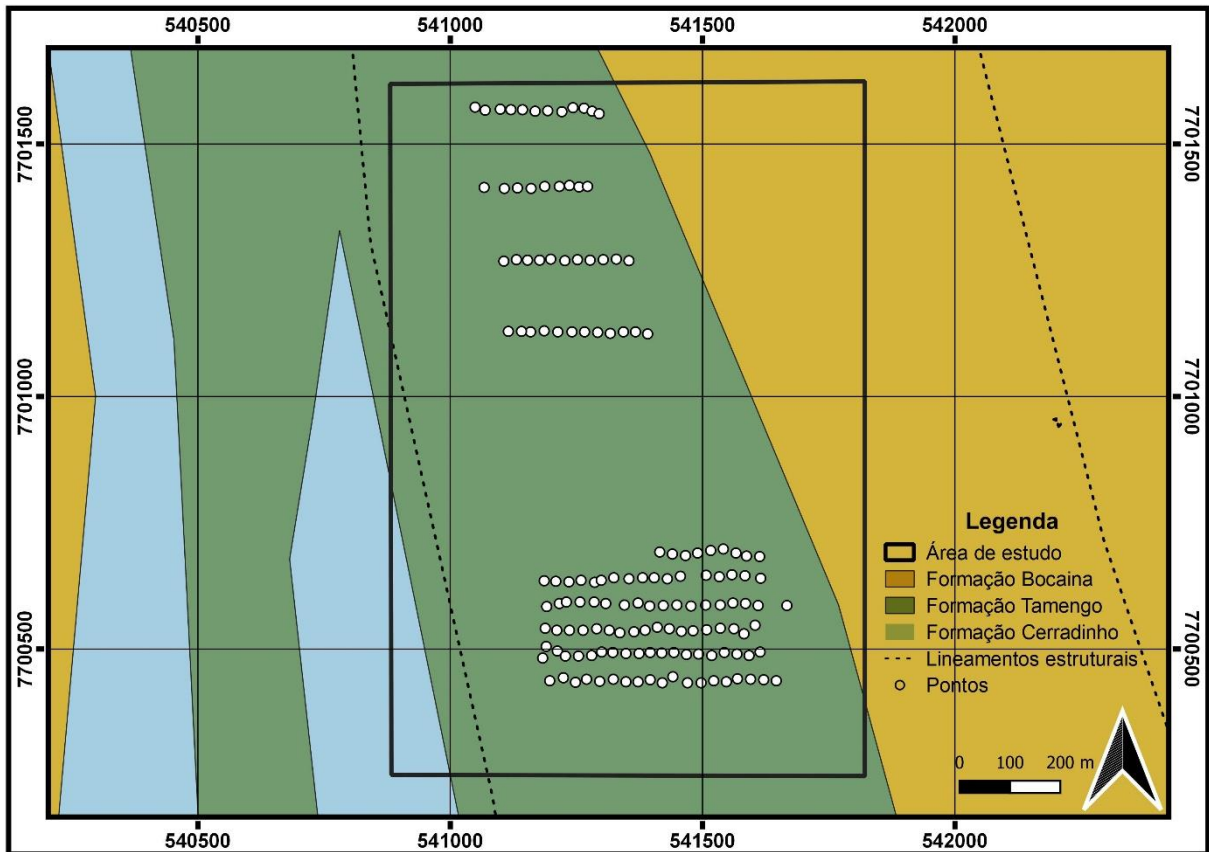
Almeida (1965) caracterizou essa formação como sendo constituída de arenitos, siltitos, argilitos, calcários, dolomitos e camadas de silexites, podendo apresentar arcóseos e também conglomerados.

A Formação Cerradinho apresenta *grainstones* com laminações cruzadas. Esta unidade é constituída pela fácies de arcóseos finos a médios e de folhelhos transicionando para o topo para as fácies de *grainstones* com laminações cruzadas, com variação lateral das fácies. Nos fan-deltas do Grupo Corumbá, os leques aluviais são representados pelas fácies da Formação Cadiueus, com depósitos constituídos por sedimentos resultantes de fluxos gravitacionais na base e por suspensão no topo, enquanto que as fácies subaquosas, incluindo as de planície de maré, constituem a Formação Cerradinho.

Formação Bocaina e Tamengo:

As formações Bocaina e Tamengo correspondentes às unidades de estudo deste trabalho (Figura 4). A formação Bocaina foi caracterizada por Almeida (1945), composta por dolomitos com estromatólitos, oncólitos, oóides, estratificações cruzadas, brechas intraformacionais, estruturas teppes, além de rochas fosfáticas. As melhores exposições encontram-se na região de Corumbá e arredores. No planalto da Bodoquena, os dolomitos apresentam-se dobrados, intensamente marmorizados e parcialmente silicificados nas exposições da Faixa Paraguai, horizontalizados a oeste, na cobertura cratônica (BOGGIANI, 1998).

Figura 4 - Geologia local da área de estudo.



Fonte: Modificado CPRM - Serviço geológico do Brasil (2010), Datum WGS 84.

A Formação Bocaina é marcada pela variação lateral de fácies, dispostas por grandes extensões. É interpretada como depositada em planície de maré com transição a leste para plataforma marinha, na qual teriam se originado as rochas fosfáticas associadas a eventos de ressurgência, este ambiente de águas rasas e bem iluminado permitiu a ploriferação microbina, destacada pela presença de estromatólitos (BOGGIANI, 1998).

A Formação Tamengo, é caracterizada por calcários calcínicos carbonosos, por vezes dolomíticos. É constante a intercalação de folhelhos carbonosos, alternados em sucessões rítmicas. Em sua base estão posicionados quartzos arenitos e brecha sedimentar com clastos de litologia diversificada (calcário, dolomito, silexito, fosforito) (BOGGIANI, 1998).

A Formação Tamengo exibe variação faciológica lateral, entre as exposições sobre o cráton e as deformadas na faixa de dobramentos. Boggiani (1998) interpretou que a brecha intraformacional da base da Formação Tamengo representa intenso




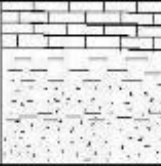
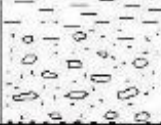
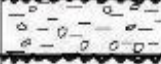
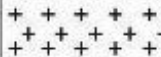
rebaixamento do nível do mar que teria possibilitado a formação da plataforma com quebra de talude, onde a brecha teria se depositado. Imediata elevação do nível do mar teria propiciado deposição de espessos pacotes de ritmitos fossilíferos, com intercalações de camadas de fosforitos.

Formação Guaicurus:

Correspondente ao topo da sequência estratigráfica, originalmente descrita por Almeida (1965), sendo constituída por pacotes de folhelhos posicionados no topo do Grupo Corumbá. Suas exposições ocorrem à leste do Planalto da Bodoquena, onde o relevo aplainado e a cobertura detrítica dificultam a análise estratigráfica. Já Boggiani (1998) destaca a ocorrência de apenas uma fácies sedimentar, constituída por folhelhos, xistos e filitos. Apesar de ser a única litologia identificada, esta unidade é diferenciada entre as demais que constituem o Grupo Corumbá, pela sua espessura de centena de metros. Esse espesso pacote pelítico que recobre os calcários indica que não existiam mais as condições necessárias para a formação de rochas carbonáticas. Tal mudança pode ser explicada pela ocorrência de maior aporte terrígeno na bacia.

As unidades relacionadas a este trabalho, correspondem a uma zona de transição da Formação Bocaina (topo) com a Formação Tamengo (base), relacionadas tanto à rochas dolomíticas quanto rochas calcárias.

Figura 5 - Coluna Estratigráfica proposta para as litologias da área do Grupo Corumbá, segundo Boggiani (1998).

UNIDADE	SIMBOLOGIA	FÂCIAS LITOLÓGICAS	AMBIENTE	IDADE
Grupo Corumbá		<i>folhelhos, xistos e filitos</i>	<i>plataforma afogada</i>	
		<i>rudstones</i> <i>oncoid rudstone</i> <i>ooid rudstone</i> <i>rimitos (mudstones/folhelhos)</i> <i>margas carbonosas</i> <i>mudstones calcíticos</i> <i>rudstones com clastos arred.</i> <i>brechas intraformacionais</i> <i>quartzo arenitos</i>	<i>evento transgressivo</i>	Neoproterozóico/ Cambriano
		<i>psoid rudstones</i> <i>rochas fosfáticas</i> <i>dolomitos estromatolíticos</i> <i>mudstones</i> <i>flakestones</i> <i>mudstones dolomíticos</i> <i>estromatólitos</i>	<i>planície de maré sujeita a upwellings (ressurgências)</i>	
		<i>grainstone com laminação cruzada</i> <i>folhelhos, margas e ardósias</i> <i>arenitos com lâminas de argilitos arcóseos finos e médios</i>	<i>retrabalhamento, em planície de maré, de borda de leque aluvial (fan-delta)</i>	
		<i>folhelhos roxos</i> <i>arcóseos grossos</i> <i>ortoconglomerados polimíticos</i>	<i>leques aliviais</i>	
		<i>paraconglomerados</i>	<i>glacial</i>	
	Em basamento		<i>granito-gnaisses</i>	<i>cratônico</i>

Fonte: Boggiani (1998).

5 O ELEMENTO FOSFATO E SUA IMPORTÂNCIA

5.1 Gênese e Ocorrência No Mundo

O fósforo (P) elemento não metálico, pertencente ao grupo dos metalóides, integrante do grupo V da Tabela Periódica dos Elementos, com número atômico 15, é encontrado em abundância no globo terrestre, mas não pode ser encontrado livremente na natureza. Ocorre sob única forma estável, como íon ortofosfato (PO_4^{3-}), e com oxidação mais estável, como pentavalente, visto através de diversos compostos, mais comumente na forma de sais, denominados fosfatos, sendo estes compostos ativos, mesmo a baixas temperaturas (ABREU, 2014).

Este elemento recebe a denominação de fosfato natural, rocha fosfatada e também concentrado fosfático, caso sejam passíveis de serem aproveitados quer seja como fertilizante, insumo básico da indústria do fósforo e de seus compostos ou após os minérios sofrerem concentração por meios físicos nas usinas de beneficiamento (ABREU, 2014).

Sua principal fonte é relacionada ao grupo da apatita, representado pela fórmula $\text{Ca}_5(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})(\text{PO}_4)_3$, onde fosforita é o nome dado à apatita impura. Os concentrados fosfáticos são usualmente expressos em função de seu percentual em pentóxido de fósforo (P_2O_5), principalmente nos meios técnicos e científicos, no comércio e na indústria, porém é mais comum expressá-lo em termo de seu conteúdo em (Fosfato Tricálcico $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$), também conhecido como *Bone Phosphate of Lime* – BPL.

Os oceanos sendo os principais armazenadores e controladores do ciclo biogeoquímico de fósforo na Terra, este elemento é encontrado na forma de fosfato (PO_4^{3-}) compondo as rochas ígneas e sedimentares. As ígneas contém o fósforo na forma de fluapatita que é considerado um mineral acessório de ligação para outros elementos, como o ferro, magnésio e cálcio. No caso das rochas sedimentares marinhas, o fósforo é encontrado na forma de carbonato fluorapatita (FILIPPELI, 2008).

Uma fonte rochosa, intemperizada, mecânica, química e/ou biológica, o fósforo é transportado para os oceanos por diferentes formas de aporte, podendo ser; precipitações pluviométricas, drenagens continentais, vulcanismo continental, poeira

sedimentar, abrasão costeira, dejetos de organismos e partes vegetais (BATURIN, 2002). Contudo, o fósforo é assimilado biologicamente passando por diferentes níveis tróficos e posteriormente sedimentado em bacias oceânicas.

Os termos fosforitos/fosfáticos, são muito utilizados para distinguir depósitos economicamente viáveis, onde o termo se difere pela quantidade de teor P_2O_5 . Qualquer material fosfático marinho com mais de 18% de P_2O_5 é considerado fosforito, tanto rochas marinhas como continentais e com menos de 18% de P_2O_5 é classificado como rocha fosfática (TRAPPE, 2001).

O fósforo na sua forma natural é reativo e sintetizado pelos organismos primários nas zonas eufóticas oceânicas e, posteriormente, transferido para as outras classes tróficas. A classe primária é a grande representante do ciclo do (PO_4^{3-}), e após a morte dos organismos são transportados para o fundo oceânico em forma de materiais biogênicos conhecidos como vasas organogênicas (SHELDON, 1981).

Baturin (2002), afirma que este material vem sendo depositado desde o Período Cretáceo até o recente. Restos de organismos de ordem superior, como por exemplo, escamas, dentes e ossos, também contém concentrações significativas de PO_4^{3-} . Aproximadamente 95% do fosfato inorgânico é reintroduzido à zona de produção primária por correntes de ressurgência. Uma pequena fração desse material (~5%) é removida para o pacote sedimentar ao longo das margens continentais e oceanos profundos, principalmente, em áreas de ressurgências (SHELDON, 1981).

Os ambientes de sedimentação onde os depósitos se formam, são geralmente subóxico ou até mesmo anóxico (FOLLMI, 1996). Follmi (1996), sugeriu que as rochas fosfáticas são o resultado de processos diagenéticos (fosfogênese), que acontecem nas camadas redutoras dentro do pacote sedimentar rico em matéria orgânica. Os processos fosfogênicos se situam em zonas oceânicas de oxigênio mínimo, que em geral se localizam entre -200 e -1500 metros de profundidade.

A biota em decomposição dentro das camadas sedimentares é rica em cálcio e fosfato. Esses elementos são responsáveis por causar uma saturação das águas pelo fosfato de cálcio ($Ca_3(PO_4)_2$) e, conseqüentemente, o ambiente fica mais alcalino o que proporciona a precipitação autigênica do PO_4^{3-} . Ao ser precipitado a concentração de P nas águas diminui e, como resultado, se tem a concentração do elemento dentro dos sedimentos na forma de pequenos nódulos de consistência mole, chamado *pristine* (BATURIM, 1982). Com o agrupamento da *pristine* inicia-se a

formação de uma camada gelatinosa, que pode vir a incorporar outras partículas não fosfáticas, como por exemplo, a substituição do carbonato de cálcio (CaCO_3) pelo PO_4^{3-} em sedimentos bioclásticos (BATURIM, 1982).

A origem da maior parte dos depósitos de fosfato sedimentar tem sido interpretada como associada a correntes marinhas ascendentes (ressurgência), com base no modelo proposto por Kazakov (1937) devido à presença de nódulos fosfáticos em áreas de ressurgência marinha.

Zonas de ressurgência ocorrem em regiões litorâneas sob condições bem definidas relacionadas ao movimento de correntes marinhas, calor solar, regime de circulação atmosférica e do efeito de Coriolis. Estas regiões são caracterizadas pela ascensão de águas frias ricas em nutrientes dissolvidos, provindos de regiões oceânicas profundas, onde o teor de fosfato chega a até cinco vezes ao valor do teor das águas superficiais. Consequentemente, estas áreas apresentam intensa proliferação de vida, especialmente fitoplâncton, e com a acumulação de restos destes pode-se concentrar altos teores de fosfato. São necessárias, porém, decomposição e modificações pós-deposicionais para a formação de fosforitos.

Os minérios de fosfatos originados de sedimentos marinhos estão localizados nos Estados Unidos, sudeste do México, Marrocos, noroeste do Saara e Oriente Médio. Já os minérios de fosfatos originários de depósitos ígneos estão presentes na África do Sul, Rússia, Finlândia e Brasil, entre outras áreas. Segundo o Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), as reservas mundiais de fosfato em 2012 foram estimadas em 71 bilhões de toneladas. No ritmo atual de consumo, a previsão de oferta de fósforo irá se esgotar em 345 anos. O maior depósito de fosfato conhecido por muito tempo foi o explorado na ilha de Nauru. No entanto, em 2012, a empresa britânica Cominco *Resources*, anunciou a descoberta de reservas avaliadas em 531 milhões de toneladas na província de Kouilou da República do Congo, tornando-se no maior depósito de fosfato do mundo.

5.2 No Brasil

No Brasil, cerca de 80% das jazidas fosfatadas naturais são, em geral, de origem ígnea com presença acentuada de rocha carbonática e minerais micáceos com baixo teor de P_2O_5 , enquanto em termos mundiais esse percentual está em torno de

17%. O Brasil é o sexto maior produtor de fosfato, com produção aproximada de 6,34 milhões de toneladas (Mt) de concentrado em 2008. Este volume representa 4,3% da produção mundial estimada, que foi de 167 Mt (DNPM, 2010). As três maiores empresas produtoras no Brasil são Fósferil, Bunge do Brasil e Copebras do Grupo Anglo American. A maior parte da produção ocorre nos estados de Minas Gerais, Goiás e São Paulo.

As reservas de minério com rocha fosfática oficialmente aprovadas no País em 2008 são de 4.769 Mt. Desse montante, cerca de 2.510 Mt representam as reservas medidas e 1.107 Mt as indicadas (231 Mt e 106 Mt respectivamente) em termos de P_2O_5 contido. Desse modo, as reservas brasileiras de fosfato somam 337 Mt de P_2O_5 contido (medida + indicada), o que representa cerca de 0,72% das reservas mundiais, quando comparado com os dados disponibilizados pelo USGS.

Estas reservas estão concentradas, principalmente, nos Estados de Minas Gerais com 67,9% desse total, seguido de Goiás com 13,8%, São Paulo com 6,1%, que juntos participam com 87,8% das reservas do País, e o restante nos Estados de Santa Catarina, Ceará, Pernambuco, Bahia, Paraíba e Tocantins, e entre outros como Maranhão, Piauí, Mato Grosso do Sul e Rio Grande do Norte com possibilidades potenciais verificadas por trabalhos de pesquisa realizados (DNPM, 2010).

Salienta-se que 91,5% do patrimônio nacional de rocha fosfática, em termos de P_2O_5 contido (reservas medidas + indicadas), estão concentradas em apenas nove municípios brasileiros de quatro estados, onde o município de Tapira é o maior detentor de fosfato com 32,6%, Serra do Salitre com 13,5%, seguidos de Patos de Minas 11,9% e Araxá 8,8%, todos no estado de Minas Gerais. No Estado de Goiás, os municípios de Catalão com 7,1% e Ouidor 6,8%. O Estado de São Paulo representado pelos municípios de Cajati (3,4%) e Iperó 2,8% e finalmente o Estado de Santa Catarina, onde o município Anitápolis detém 4,6% (DNPM, 2010).

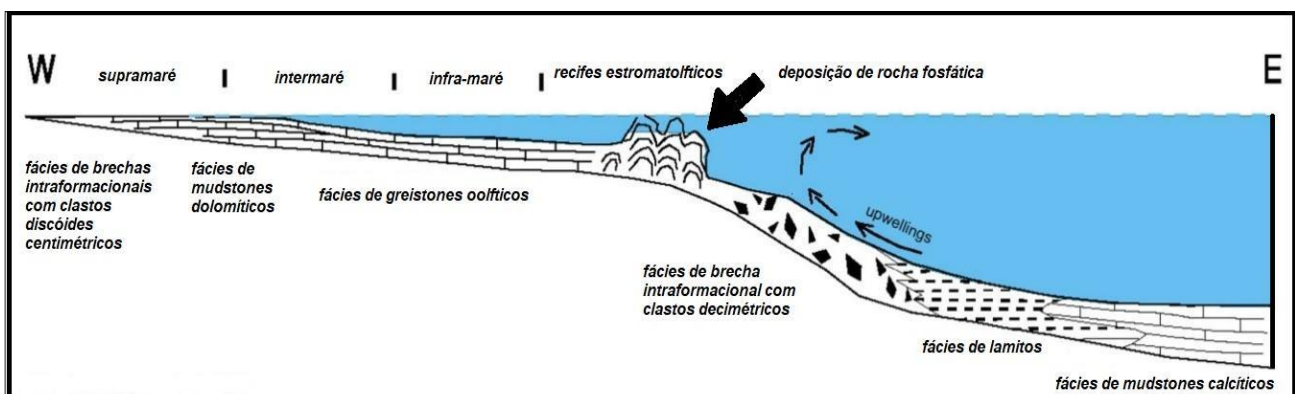
Entre as principais empresas mineradoras envolvidas no setor de fertilizantes e detentoras desse montante de reservas de rochas fosfáticas, a Fosferil/Ultrafétil detém 38,3%, a empresa Vale 24,8%, Bunge Fertilizantes detém 14,8% a Copebras com 6,0%, onde juntas representam 83,9%. São seguidos das mineradoras Galvani, Itafós Mineração Ltda, Socal S/A, Indústria de Fosfatados Catarinense – IFC, CBPM, CPRM e NORFERTIL S/A., entre outras empresas detentoras de reservas de fosfatos,

de menor porte, em termos de P_2O_5 contido (reservas medida + indicada) (DNPM, 2010).

5.3 Ocorrência na Área de Estudo

Os depósitos de rocha fosfática do Grupo Corumbá são interpretados como originados em áreas de ressurgência na borda da plataforma carbonática. Esta hipótese é apoiada pela posição das ocorrências no limite entre as fácies sedimentares de águas rasas e profundas. A associação dos fosforitos e rochas fosfáticas com estromatólitos reforçam a ideia, pois nestas áreas deve ter havido intensa atividade biológica. Desta maneira, os fosforitos e rochas fosfáticas foram originados em água rasa na plataforma, posteriormente ressedimentados no talude conforme proposto por Boggiani (1998) (Figura 6).

Figura 6 - Esquema do modelo genético proposto para a ocorrência de rocha fosfática da distribuição das fácies na zona interna, em provável plataforma carbonática.



Fonte: modificado de BOGGIANI (1998).

6 MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização dos objetivos propostos neste estudo, foram realizadas as seguintes etapas:

- Levantamento bibliográfico: compilação de referências prévias do contexto regional e local da Faixa do Paraguai e Serra da Bodoquena, partindo como base trabalhos anteriores de Boggiani e outros autores referente ao Grupo Corumbá.

- Banco de dados: contempla inicialmente atividades de planejamento e programação, a partir destes, e a compilação e integração de dados (mapas, esquemas, figuras, tabelas e imagens).

- Mapeamento geológico: etapa dividida em: i) descrição e coleta dos principais litotipos aflorantes no local; ii) medidas estruturais; iii) análises pontuais de reação ao molibdato (definição das ocorrências de fosforitos).

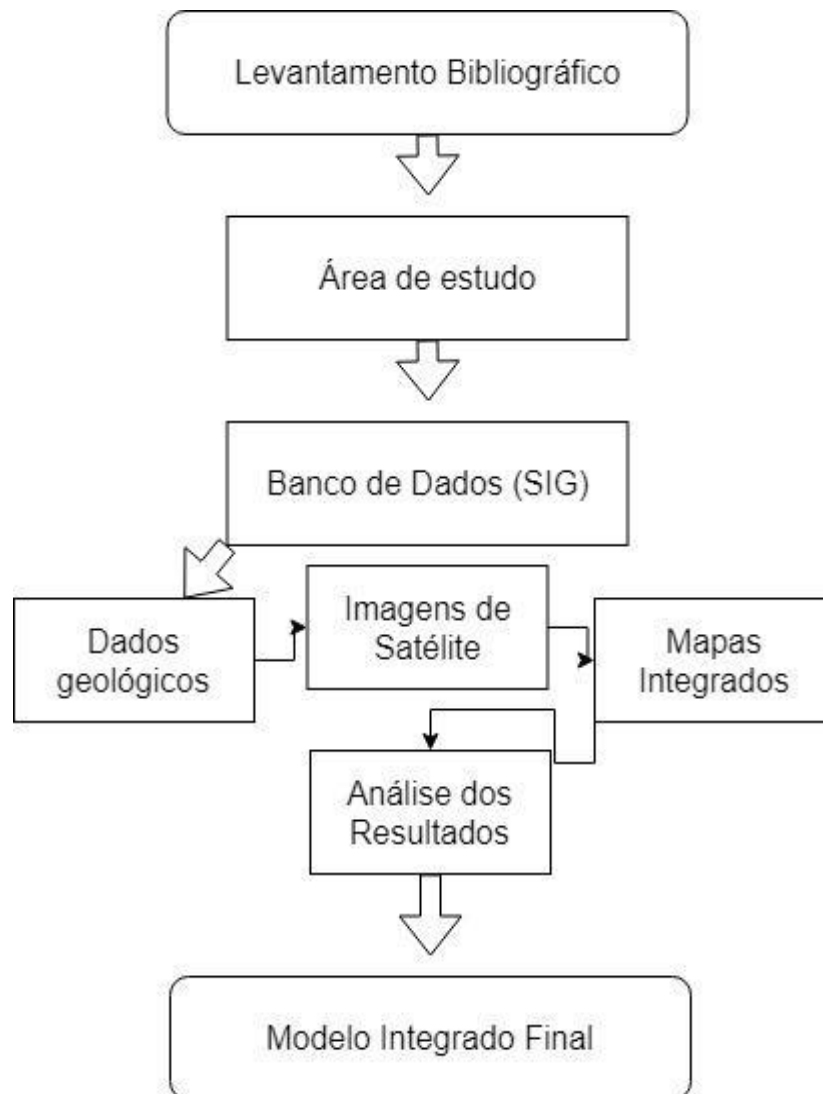
O mapeamento geológico teve duração de 14 dias e foi realizado em uma área de aproximadamente 1,6 km². Esta etapa resultou na obtenção de 10 perfis com espaçamento de 50 metros e a aquisição de 145 pontos. A descrição dos pontos e georreferenciamento foi obtido com auxílio de GPS de mão, um martelo geológico (*Estwing*) e uma bússola (Brunton) para aferições de medidas estruturais (metodologia *dip direction*). A amostragem das unidades e respectivos teores de P₂O₅ foi efetuado por meio de teste colorimétrico (molibdato de amônio + ácido clorídrico) Neste, o indício de presença de P₂O₅ se dá pela coloração amarela efervescente na rocha.

- Análise e Integração dos resultados: foram gerados mapas, que tiveram como base, dados de domínio público, como imagens de satélite, dados altimétricos das imagens de radar SRTM e dados topográficos.

As etapas para realização deste estudo foram através do *QGIS software*, para integração e interpretação de mapas em ambiente SIG, como mapas Geológicos, Geomorfológico, Variação de Relevo e Modelo Digital de Elevação, a confecção de mapa de visualização 3D gerado no *Golden Software Surfer* e também para renderização de imagem 3D o *Software Blender*. A fim de se obter uma otimização do estudo, como modelo integrado final, foi gerado um perfil A – A' a partir da variação de terreno, confeccionado no *Adobe Illustrator Software*.

Abaixo, na Figura 7 são apresentadas de forma resumida o fluxo e as atividades realizadas no estudo.

Figura 7 - Fluxograma de atividades.



Fonte: Autor.

7 RESULTADOS

A partir das informações diretas da área e de superfície (*in situ*) obtidos no local por meio de mapeamento geológico, foi realizado o processamento e integração destes dados diretos e indiretos (dados digitais e geoprocessamento) conforme apresentados a seguir.

7.1 – Geomorfologia da Área

A variação do relevo (topografia) é um componente físico de grande importância para a análise do ambiente. Para o geólogo, contribui significativamente na caracterização de descontinuidades (estruturas) por meio das drenagens, e o padrão que estas apresentam em uma área. Complementarmente a essas informações, tem-se o mapa de declividade, um aliado importante no entendimento da dissecação do relevo e remobilização dos materiais (sedimentos) depositados.

Os mapas de declividade emergem como ferramenta de vital importância para a análise do relevo, sendo uma forma de representação temática da distribuição espacial dos diferentes níveis de inclinação existentes em um terreno amparando a análise da paisagem (Colavite; Passos, 2012). Para a realização das análises altimétricas contidas neste trabalho foram utilizados como referência os valores conforme Embrapa (1979), dispostos em porcentagem. Segundo esta classificação, as classes se distribuem da seguinte forma:

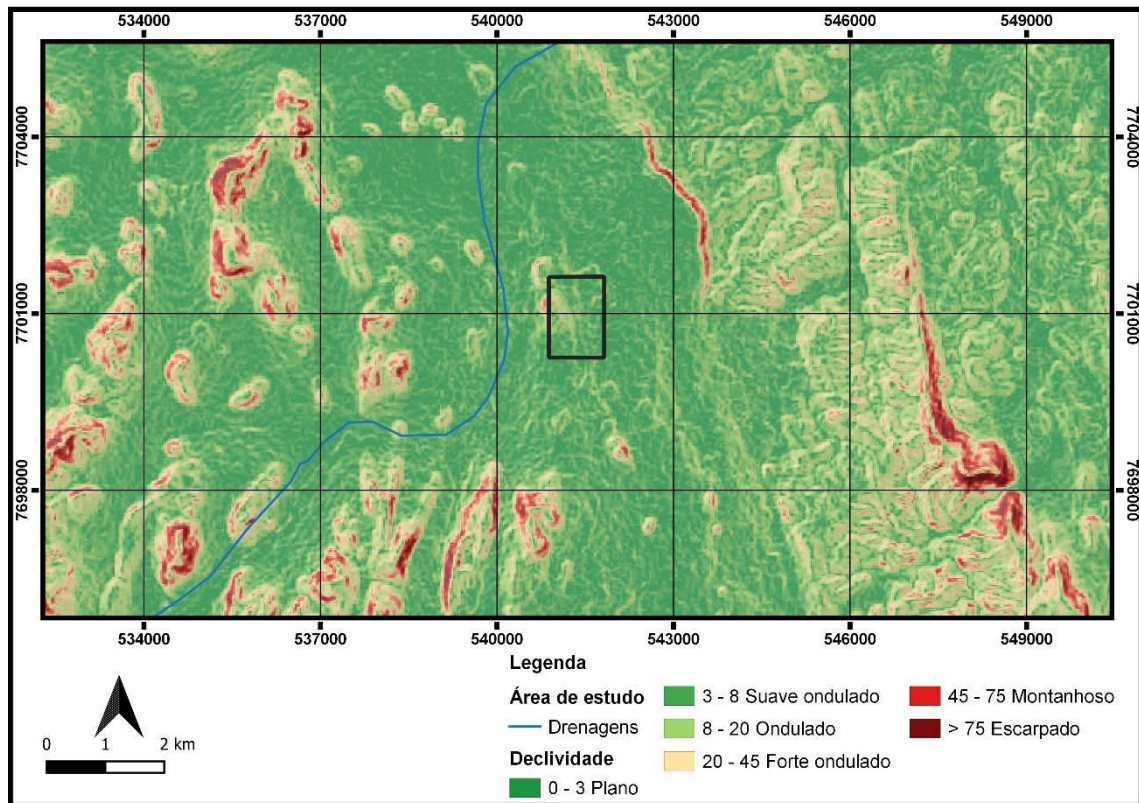
Tabela 1 - Distribuição das classes de declividade.

Declividade (%)	Relevo
0-3	Plano
3-8	Suave-ondulado
8-20	Ondulado
20-45	Forte-ondulado
45-75	Montanhoso
>75	Forte-montanhoso

Fonte: Modificado de Embrapa (1979).

Conforme a Figura 8, a expressão geomorfológica da área de estudo é representada por morros baixos, isolados e com formas cônicas, se comporta em um terreno suave ondulado, bem como características de regiões de plataforma rasa, bem iluminado, permitindo a ploriferação microbiana, onde podem ter sido originados as rochas fosfáticas da região (BOGGIANI, 1998). No polígono em preto (área de estudo) os maiores valores em porcentagem foram para as classes: plano à suave ondulado, com variações de declividade em torno de 3% à 8%, onde ao redor constitui uma vasta superfície rebaixada, e ao entorno limitada pelo Planalto da Bodoquena.

Figura 8 - Mapa de declividade na região que abrange a área de estudo, conforme (Embrapa 1979), área de estudo classificada como suave ondulado.



Fonte: autor.

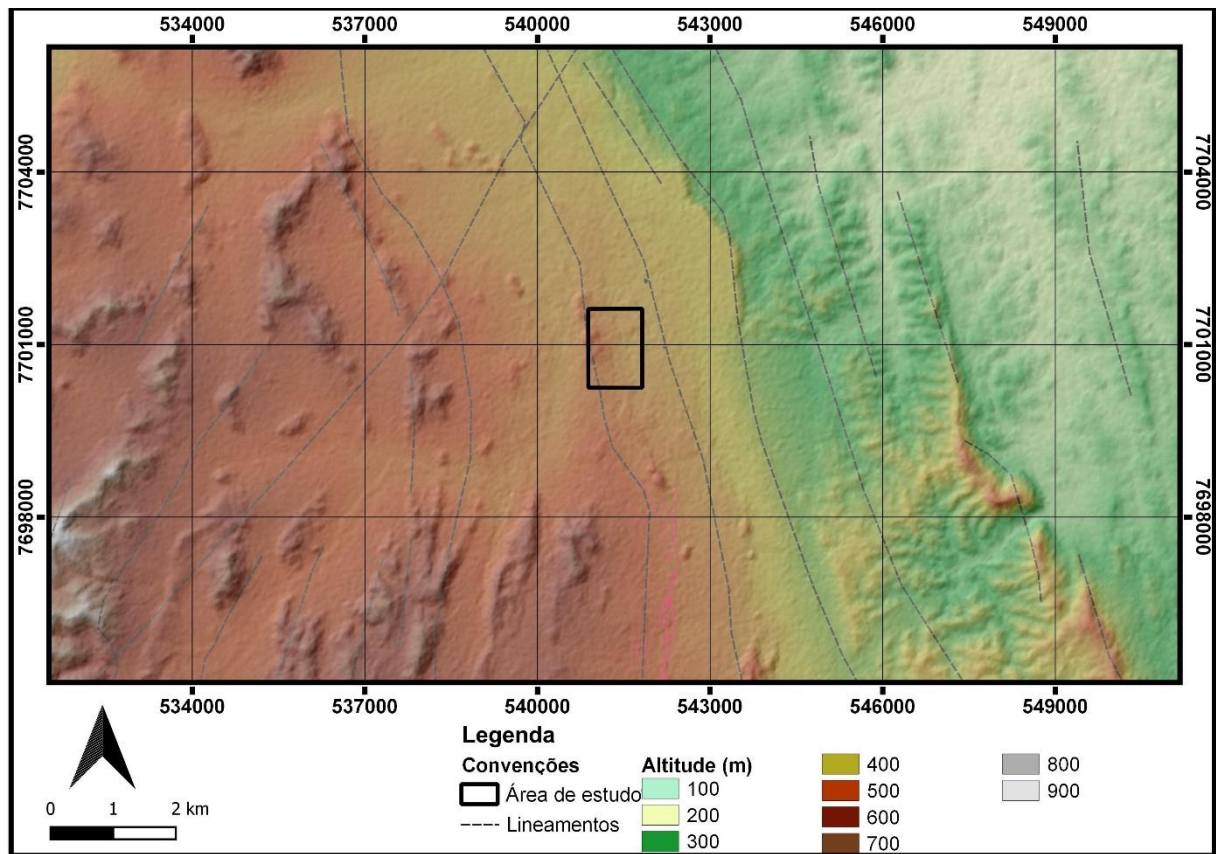
7.1.1 - Modelo Digital de Elevação (MDE)

A geração de Modelos Digitais de Elevação (MDE), é uma prática bastante recente dentro das geotecnologias. O MDE é a reprodução de uma seção da superfície, dada por uma matriz de pixels com coordenadas planimétricas e um valor de amplitude do pixel, compatível à elevação (Silva Jr; Funckner, 2010).

Para este estudo foi empregado uma imagem de alta resolução da área obtida a partir do sensor denominado de ALOS Palsar. A resolução de imageamento é de 12,5m e no local, a fim de otimizar a visualização e se manter a resolução, foi gerado o mapa altimétrico abrangendo todo o entorno da área de estudo (polígono preto), junto com um modelo sombreado do relevo evidenciando as áreas altas e baixas da região (Figura 9). Para os intervalos dos valores altimétricos estabeleceu-se um intervalo de cores de 100m.

Pode se observar que a área de estudo varia de 400m à 500m em relação ao nível do mar, apresentando, desta forma, um relevo bastante homogêneo, comparado a área ao entorno onde é nítida a diferença topográfica da parte oeste (alta) para a parte leste (baixa). A região ao entorno da área de estudo, possui variações de todos os tipos, tanto de 700m à 100m de altitude, apresentando topografia assimétrica no sentido oeste-leste, sobretudo, no contexto geral representando um planalto com picos elevados com maior elevação, até encostas suaves nas porções de menor elevação.

Figura 9 - Modelo digital de elevação com relevo sombreado e lineamentos estruturais.



Fonte: autor.

7.1.2 – Litologias descritas na área

Na região de estudo, para detalhamento da geologia da área de interesse, foram realizadas, no período de 14 de janeiro a 15 de fevereiro de 2018, coletas das principais litologias aflorantes no local. A técnica de mapeamento utilizada foi por

caminhamento, definida por Greenly e Williams (1930), como sendo uma técnica alternativa para a melhor descrição e mapeamento de contatos. Esta escolha foi atribuída pelo tamanho da área, que possibilita um diagnóstico em melhor grau de detalhamento a partir das informações prévias realizadas (SIG).

A partir das descrições de campo realizadas durante o mapeamento geológico, as litologias divididas para a área de estudo são representadas por Brechas Dolomíticas e/ou Calcários Dolomíticos, Brechas Dolomíticas Silicificadas, Brechas Dolomíticas com Fosforito, Fosforito Silicificado, Filito Fosfático e Arenito. Uma descrição detalhada dos pontos é apresentada no Apêndice A deste estudo.

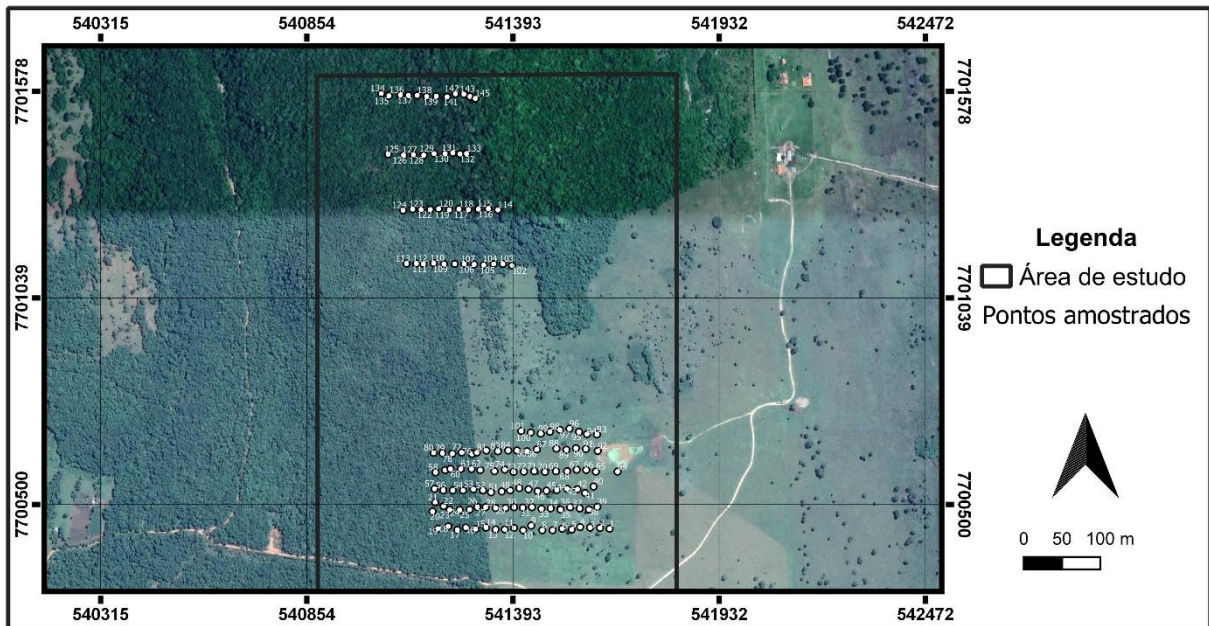
Tabela 2 – Principais litologias identificadas no local.

Unidades Litológicas	Descrição
Brechas dolomíticas e/ou Calcários dolomíticos	Rocha de coloração cinza escura, intercalada por lentes de arenitos arcoseanos ou filitos fosfáticos. O solo predominante é argiloso, e afloramentos como lajedos ou blocos métricos. Possuem matriz de granulação tamanho areia, com fragmentos angulosos a subarredondados de rochas silicosas e dolomitos.
Brechas dolomíticas silicificadas	Rocha de coloração heterogênea, variando de cinza a branco, com granulometria tamanho areia média à grossa. Afloram como blocos decimétricos á lajedos. São dolomíticos com predominância de fragmentos silicosos e dolomíticos, de formatos angulosos a semi-arredondados.
Brechas dolomíticas com fosforito	Rocha com arcabouço constituído por fragmentos angulosos a subarredondados, variando de grânulos a seixos. Se observa que é formado por clastos de sílica amorfa, quartzo, fosforitos, bioclastos e oolíticos, e a matriz é dolomítica. Afloram em blocos subarredondados, por vezes, métricos, mas raramente expostas em lajeados.
Fosforito Silicificado	Rocha sob forma de blocos e com brechas dolomíticas silicificadas ao seu entorno. A unidade possui estruturas similares aos das rochas com fostorito. Maciça e de coloração esbranquiçada, processo provavelmente tardio, pois observa-se veios de sílica cortando os grãos revestidos.
Filito Fosfático	Rocha que ocorre como uma lente dentro da zona fosfática entre afloramentos de brechas dolomíticas com fosforitos. Possui granulometria fina, coloração amarelada à avermelhada e preferência para se quebrar em placas.
Arenito	Rocha de coloração cinza claro a porções alaranjadas com granulometria variando de areia fina à grossa. Provavelmente, trata-se de um quartzo-arenito.

Fonte: autor.

A Figura 10, representa os pontos obtidos a partir do mapeamento geológico realizado, com orientação E-W. A área total é de aproximadamente 1,6 km², onde foi dividido em 10 perfis. Cada perfil ficou distante 25m dando um total de 145 pontos. O maior adensamento de pontos se encontra na parte sul, devido a maior presença de rochas aflorantes.

Figura 10 - Área de estudo e pontos amostrados/descritos no estudo.



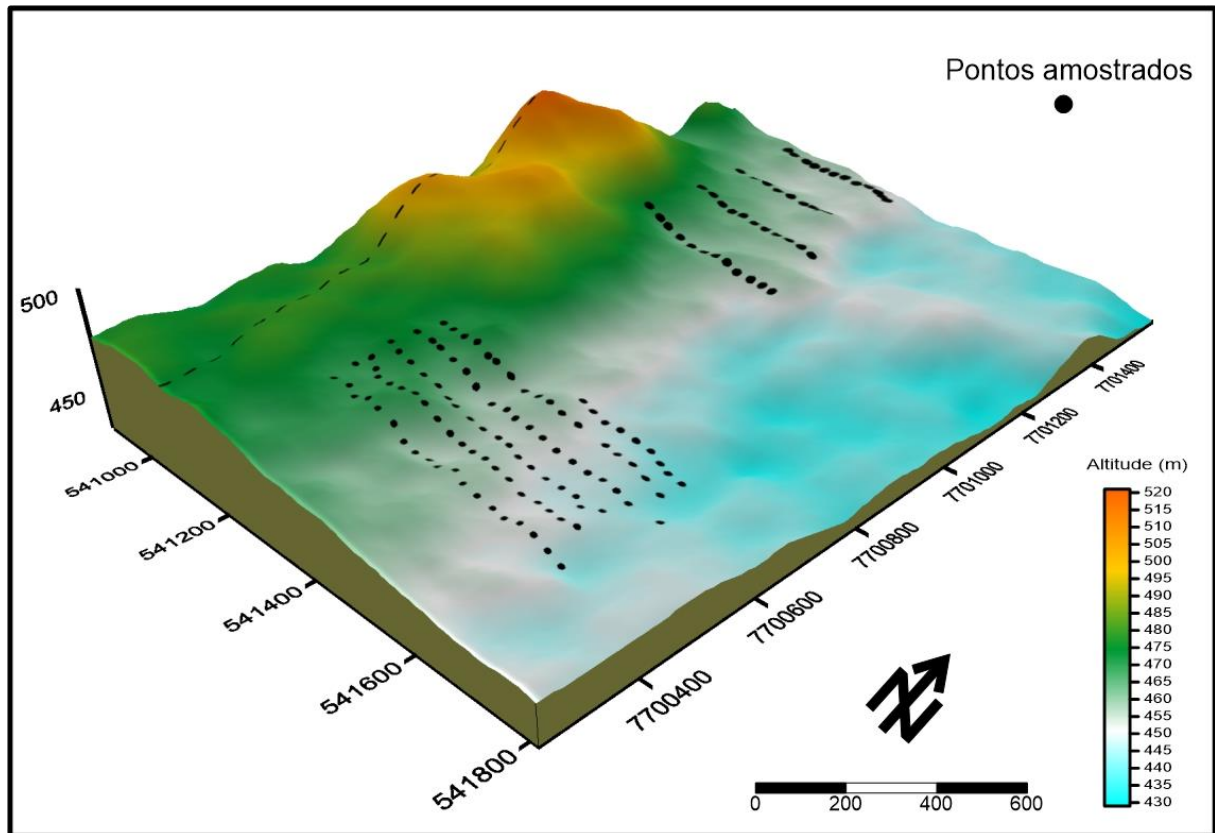
Fonte: Google Earth. Datum WGS 84 UTM zona 21S.

7.2 Análise dos Dados em Ambiente Sig e Geologia Local

7.2.1 Visualização 3D e variação altimétrica

Para otimização do estudo e análise da área de estudo foi gerado um mapa com visualização 3D, conforme apresentado na Figura 10. A área de estudo, variações de relevo e estruturas (geomorfologia) e distribuição dos pontos descritos são observados. Onde a variação altimétrica no local varia de 5 a 50 metros (cota 430 a 480). É descrita como uma variação suave, com inclinação de no máximo 10°. É notável a variação de terreno mais acentuada a oeste da área em uma faixa alongada de direção N – S (Figura 11).

Figura 11 - Visualização 3D da área de estudo (exagero vertical de 5x), variação altimétrica local e pontos.



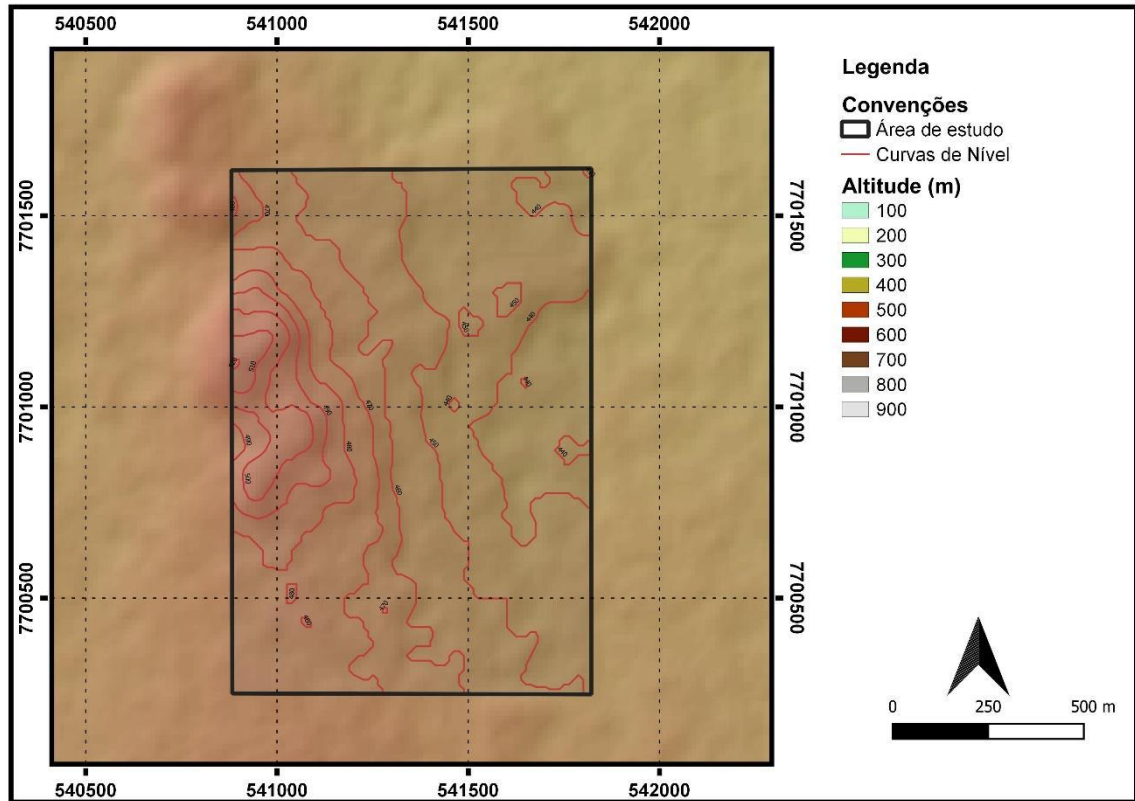
Fonte: autor.

7.2.2 Variação de relevo local – Mapa de Curvas de Nível

As curvas de nível são representações do relevo produzidas através da utilização de linhas imaginárias linhas altimétricas, quando na superfície, e linhas batimétricas, quando abaixo do nível do mar. Possuem o mérito de representar em uma superfície plana os desníveis e a declividade topográfica (PENA, Rodolfo F. Alves, 2016). São importantes subsídios a análise do terreno, estruturas e para a geração de perfil geológico com maior acuracidade. A Figura 12 representa a área de estudo e as variações de altitude a partir das curvas de isocontorno com intervalos de 10 metros). Visivelmente pode-se detectar a variação atenuada no setor leste da área alongada em direção (N – S) sendo gradualmente aumentada em direção ao setor oeste (direção N – S). Complementarmente, as curvas de nível servem como importantes indicadores da reologia dos materiais em superfície e subsuperfície

contribuindo de forma importante no reconhecimento e caracterização do padrão estrutural no local e no entorno.

Figura 12 - Área de estudo e curvas de nível associadas à variação do terreno no local de estudo.



Fonte: autor.

8. INTEGRAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

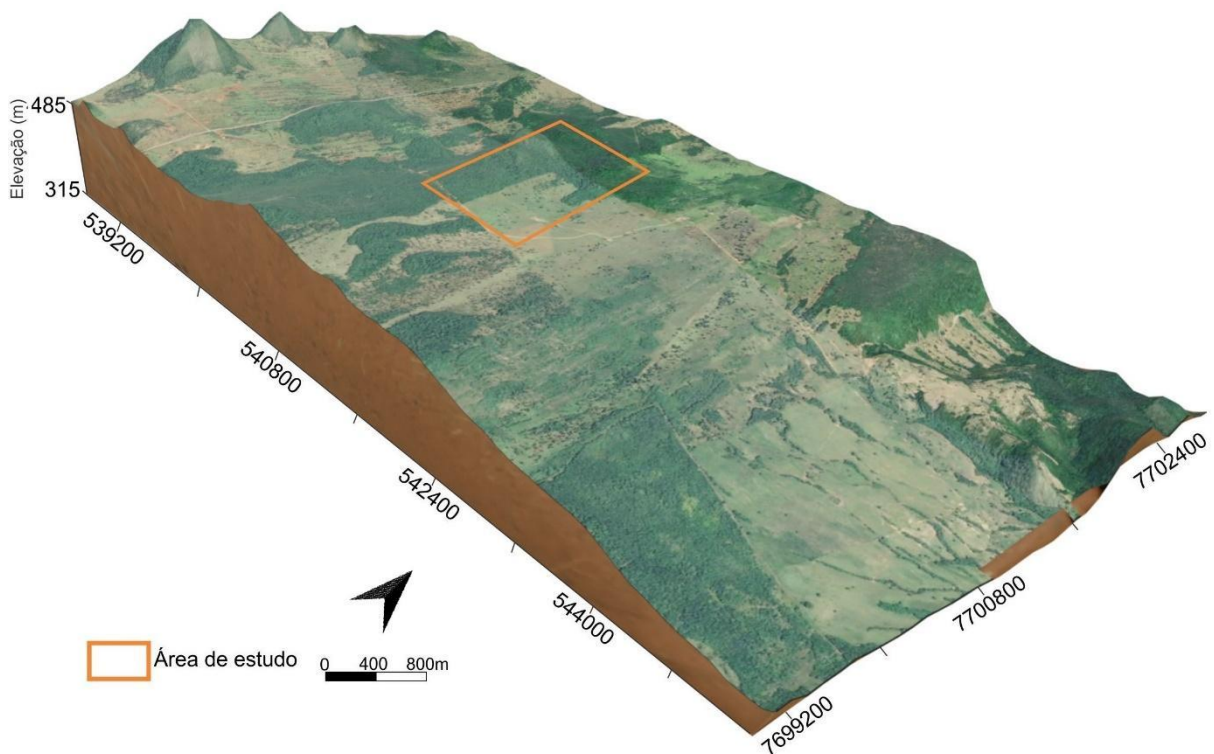
8.1 Visualização 3D

Ao longo das últimas décadas, o SIG vem possibilitando novos desenvolvimentos metodológicos da prospecção e exploração mineral (Jordan e Napier 2016), no caso do mapeamento geológico, sem alterar, no entanto, de forma expressiva, a questão da visualização dos resultados em mapas bidimensionais (2D) que continuam sendo realizadas. A partir desta premissa anterior, constata-se que os resultados da atividade de mapeamento geológico, precisam ser compreendidos em toda sua complexidade tridimensional (3D).

Neste sentido a análise dos resultados gerados nas etapas anteriores foi definido uma visualização 3D, com uma visada principal de direção SE para NW, conforme apresentado na Figura 13. A área gerada para visualização na figura, para melhor visualização e resolução, apresenta os limites (polígono laranja) além da área de interesse.

Estas considerações sinalizam que a associação entre o SIG e as geovisualizações, podem proporcionar um relevante aperfeiçoamento às atividades de exploração mineral, no caso específico o mapeamento geológico, tanto na ponta da aquisição de dados e das campanhas exploratórias em campo, quanto na ponta da análise, discussão e geovisualização dos resultados intermediários e finais do processo.

Figura 13 - Visualização 3D da região.



Fonte: autor.

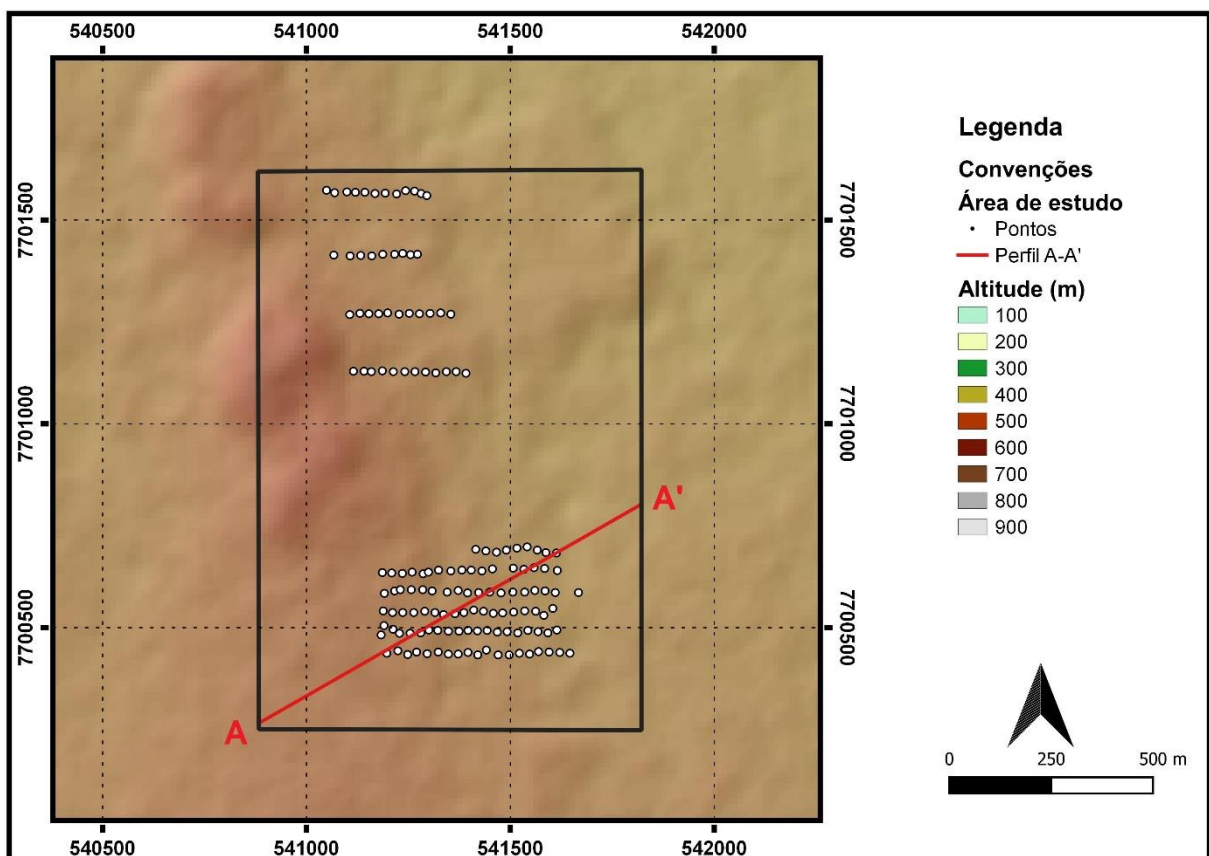
8.2 Perfil Geológico

Com o objetivo de se obter uma representação das informações geológicas de superfície e integração das rochas pertencentes ao Grupo Corumbá, foi gerado, como

complemento a partir do mapa geológico e pontos descritos, um mapa sombreado com a variação altimétrica (relevo) no local (Modelo Digital de Terreno) conforme a Figura 14. Como otimização do mapeamento geológico, a complementação de informações além da geração de um mapa com a distribuição das unidades em uma dada área é importante.

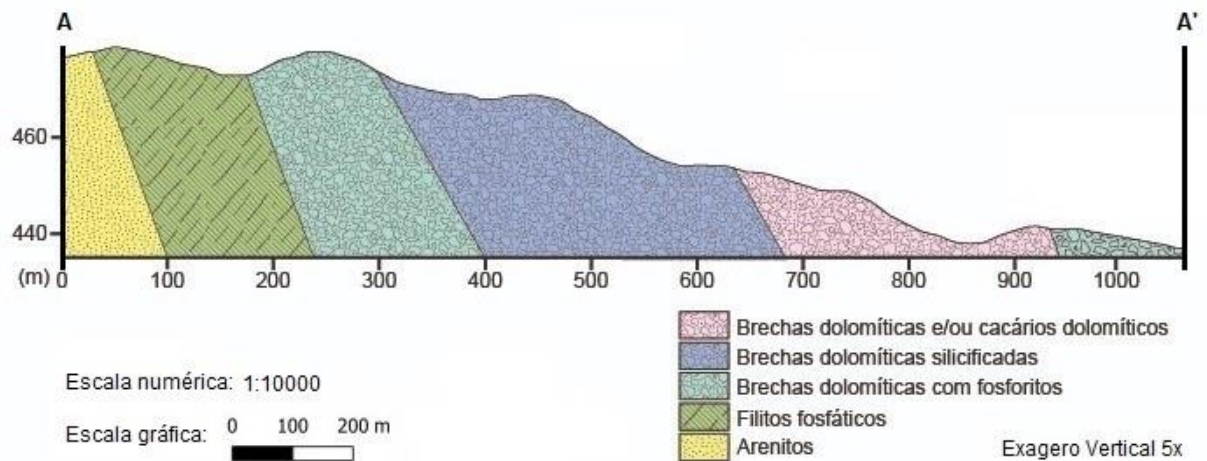
Uma visualização não somente das rochas em superfície, mas também uma extrapolação destas unidades e estruturas em subsuperfície é realizada por meio de uma seção transversal (perfil geológico) A -A' conforme apresentado na Figura 15. Este perfil ilustra as relações das fácies das formações do Grupo Corumbá. O perfil possui direção preferencial NE-SW e secciona perpendicularmente as principais unidades litológicas da área compostas pelas formações Cerradinho, Tamengo e Bocaina. As camadas de rochas, mergulham com ângulos de aproximadamente 70° para SE.

Figura 14 - Modelo digital de terreno, com ênfase na área de estudo com relevo sombreado, lineamentos e domínios geomorfológicos e linha do perfil A-A'.



Fonte: autor. Datum WGS 84.

Figura 15 - Perfil NE - SW gerado para a área de estudo.



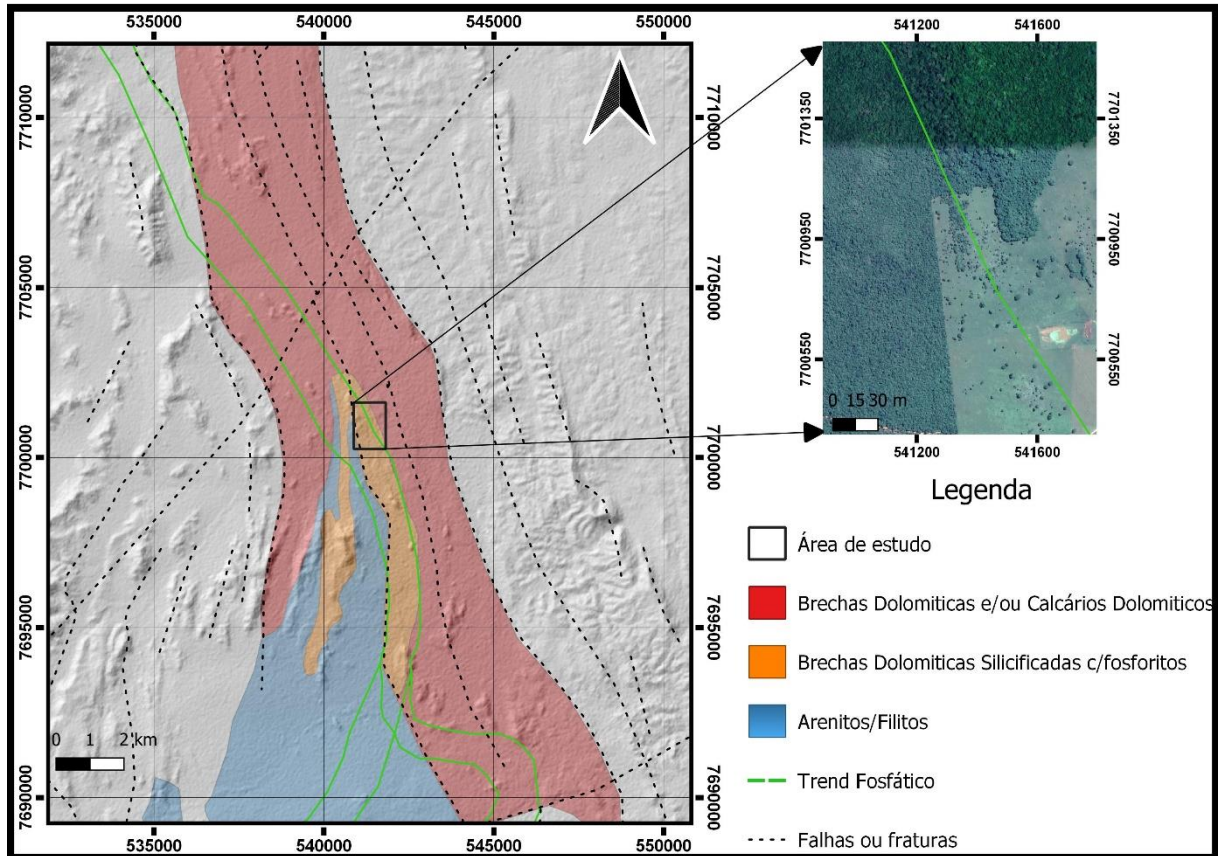
Fonte: autor.

O perfil acima apresenta as descontinuidades (estruturas) principais definidas em superfície (mapeamento geológico local). Conjuntamente, são visualizados os limites das principais litologias da Formação Cerradinho. Esta, encontra-se na área aflorante na porção sudoeste e é representada por arenitos e filitos. Na porção central da área de estudo, localizam-se as rochas descritas como brechas dolomíticas ou brechas com fosforitos da Formação Tamengo e Bocaina. Estes litotipos são os que apresentaram em análises, os maiores valores de concentrações de conteúdos fosfáticos (concentrações do minério) na área de estudo.

A adição de informações referentes às descrições, complementadas pelas análises de reação ao molibdato realizadas no local conforme apresentado no Apêndice 1 proporcionaram a geração de um mapa geológico com a distribuição espacial, limites e a tendência de ocorrência fosfática (*trend*) de acordo com a Figura 16.

A tendência dos valores significantes de fosforitos (*trend* fosfático) e limites possuem uma direção preferencial de SE para NW. e abrange significativa porção da área de estudo (mais da metade). Comporta, também, na parte NE da área de estudo, a maior concentração de rochas com fosforitos.

Figura 16 – Mapa integrado (MDE) com informações de geologia e tendência (*trend*) da ocorrência dos valores fosfáticos elevados. Informações gentilmente cedidas por EDEM 2018.



Fonte: autor. Datum WGS 84.

9 DISCUSSÕES E CONCLUSÕES FINAIS

As discussões e análises aqui reportadas, a partir da proposta deste estudo, demonstram que as geotecnologias atreladas com a geovisualização, conduzem para melhorias significativas nos processos associados e mapeamento geológico, em especial utilização de ambiente SIG. A geração de mapas empregando-se a inserção de dados indiretos de altimetria agregou conhecimentos relevantes para a compreensão da área de estudo no âmbito regional (entorno) e na área (detalhe). Com base nessas informações de diretas (mapeamento) e indiretas (SIG) foi possível identificar preliminarmente feições importantes na condução de estudos e mapeamentos posteriores. Ofereceu subsídios a determinação das próximas etapas a serem desenvolvidas e quais métodos e metodologias devem ser adotados no seguimento de trabalhos prospectivos. Na área de estudo percebe-se pouca variação

altimétrica, onde as rochas com indícios fosfáticos correspondem as brechas dolomíticas, por vezes silicificadas, que ocorrem em cotas que variam de 430 a 460 metros.

No quesito geoprocessamento, foi possível, também, estabelecer-se um entendimento acerca das tecnologias e softwares utilizados. A visualização 3D, que de forma explícita, demonstrou uma otimização para futuras etapas do mapeamento geológico e desenvolvimento das possibilidades de geovisualização dos dados sobre mapeamento geológico. Como significativo resultado pode-se citar, como exemplo, a análise e interpretação que foram otimizadas e se tornaram mais eficazes com as ferramentas empregadas e respectivos mapas gerados. Tais elementos confirmam mudanças nas perspectivas e paradigmas na condução de estudos nos ambientes 2D para 3D.

O mapeamento geológico sendo uma ferramenta indispensável de dados diretos, faz-se indispensável para reconhecimento e registro de observações de determinada área de estudo. Ofereceu importante elemento na parametrização das feições detectadas de forma indireta (geoprocessamento) tornando possível delimitar as unidades litológicas da área mapeada em um mapa geológico final, onde tais unidades encontradas corroboram com a subdivisão estratigráfica proposta para o Grupo Corumbá por Boggiani (1998). Este mapa geológico permite definir, o seguimento dos limites e da zona enriquecida (*trend* fosfático) na região. Por fim, percebe-se uma distribuição significativa da mesma na área de estudo apontando para indícios de possíveis prospectos futuros na área.

REFERÊNCIAS

ABREU, J.G.N, CORRÊA I .C.S. ;HORN N.O.; CALLIARI, L.J. **Phosphorites of the Brazilian Continental Margin**, Southwestern Atlantic Ocean. *Revista Brasileira de Geofísica*, v. 32, p. 539-548, 2014.

ALMEIDA, F. F. M. **Geologia da Serra da Bodoquena (Mato Grosso) Brasil**. Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia, DNPM, Boletim 219, 1965. 96p.

ALMEIDA, F. F. M. **Geologia do sudoeste mato-grossense**. *Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia*, DNPM, Rio de Janeiro, v. 116, p. 1-118, 1945.

ALMEIDA, F. F. M. Provincia Tocantis – Setor sudoeste. In: Almeida, F. F. M.: Hasui, Y. Ed. **O Pré Cambriano do Brasil**. São Paulo: Blucher, 1984, p. 265-281.

BARBOSA, O. – 1949 – **Contribuição a geologia da região Brasil-Bolívia, Mineração Metalurgia**, 12(77): 271-278.

BATURIN, G.N. **Phosphorites on the sea floor: Origin, Composition and Distribution**. 1.ed. New York: Elsevier Scientific Publishing Company. 343p, 1982.

BATURIN, G.N. **Phosphorus cycle in the ocean. Lithology and Mineral Resources**, v. 38, n. 2, p. 101-119, 2002.

BOGGIANI, P. C.; ALVARENGA, C. J. S. Faixa Paraquai. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, A.D.R.: BRITO-NEVES, B. B. Ed. **Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. São Paulo: Beca Editora, 2004, p. 113-122.

BOGGIANI, P.C 1998. **Análise Estratigráfica da Bacia Corumbá (Neoproterozóico)** – Mato Grosso do Sul, Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências. São Paulo (Tese de Doutorado IG USP).

Colavite, A. P.; Passos, M. M. **Integração de mapas de declividade e modelos digitais tridimensionais do relevo na análise da paisagem**. Revista Geonorte. v. 2, n. 4, p. 1547-1559, 2012.

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral - Balanço Mineral – Edição 2010 – DNPM / MME – Brasília – Texto **FOSFATO**. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/>. Acesso em 15 out. 2018.

DORR, II, J. Van N 1945 – **Manganese and iron deposits of Morro deo Urucum, Mato Grosso, Brazil**. **Bulletin of Geological Survey**, Washington 946-A: 1-47.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Súmula da 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro, 1979. 83p. (EMBRAPA-SNLCS. Micelânea).

EVANS, J. W. 1894 – **The geology of Mato Grosso**. **Quarterly Journal of the Geological Society of London**, 50 (2): 85-104.

FILIPPELLI, G. M. **The global phosphorus cycle: Past, present, and future**. **Elements**, v. 4, n. 2, p. 89-95, 2008.

FÖLLMI, K. B. 1996. **The phosphoryus cycle, phosphogenesis and marine phosphate rich depositis**, **Earth-Science Reviews**, 55-124, 1996.

Geological Survey. In: Bowman, M.; JORDAN, C. J., (eds.) **The value of outcrop studies in reducing subsurface uncertainty and risk in hydrocarbon exploration and production**. London, UK, Geological Society of London, 219-229. (Geological Society Special Publication, 436).

Greenly, E. and Williams, H. (1930) **Methods of Geological Surveying**, Thomas Murby, London

JORDAN, C, & NAPIER, B. Developing digital fieldwork technologies at the British

KAZAKOV, A.V. 1937. **The phosphate facies: origin of the phosphorite and the geologic factors of formation of the deposits.** Proc. Sci. Inst. Fertilizers and Insectofungicides, 145:1-106.

KINKARTZ, Sabine. **Crescimento populacional e o desafio da alimentação.** DW Made for minds. Disponível em <https://www.dw.com/pt-br/crescimento-populacional-e-o-desafio-da-alimenta%C3%A7%C3%A3o/a-15486766>. Alemanha. Outubro 2012. Acesso em 01 set. 2018.

LISBOA, M.A.R 1909 – Oeste de São Paulo, sul de Mato Grosso: **Geologia, Indústria, mineral, clima, vegetação, solo agrícola, industria pastoril.** Rio de Janeiro, Typographia do Jornal do Comércio, 172p.

LORENZO J. E. CUADROS JUSTO, Lorenzo J. E. **Fosfato da serra da Bodoquena – Mato Grosso do Sul.** 2000. 38. Categoria – Ministério de Minas e Energia, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, Diretoria de Geologia e Recursos Minerais, Departamento de Recursos Minerais, Goiânia, 2000.

LUZ, A. B.(Ed.); LINS, F. A. F.(Ed). **Rochas & minerais Industriais: usos e especificações.** 2.Ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2008. 990p.

MACIEL, P. 1959 **Tilito Cambriano no Estado de Mato Grosso.** Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia, São Paulo, 8(1): 31-9p.

OLIVEIRA & LEONARDOS 1943 – **Geologia do Brasil**, 2ª ed. rev. Atual. Rio de Janeiro, Serviço de informação Agrícola, 1943, 813p.

OLIVEIRA & MOURA 1944 – **Geologia da região de Corumbá e minérios de mangânes e ferro de Urucum**, Mato Grosso, Boletim da Divisão de Fomento da Produção Mineral, DNPM, Rio de Janeiro, 62: 13-29.

PAIVA, G. & LEINZ, V 1939 – **Contribuição para a geologia do petróleo no sudoeste de Mato Grosso**. Boletim da Divisão de Fomento da Produção Mineral, DNPM, Rio de Janeiro (37): 1-99.

PENA, Rodolfo F. Alves. "**Mobilidade urbana no Brasil**". Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/geografia/mobilidade-urbanano-brasil.htm>>. Acesso em outubro de 2020.

RIBEIRO, Amarolina. "**O que é agricultura?**"; *Brasil Escola*. Disponível em <<https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/geografia/o-que-e-agricultura.htm>>. 2018. Acesso em 12 de set. 2018.

ROSS, J. L. S. **Fundamentos da geografia da natureza**. In: ROSS, J. L. S. (Ed.) *Geografia do Brasil*. São Paulo: EDUSP, 2000. p. 13-65.

ROSTAN - PIERRE ROSTAN BUREAU - Alem Do Amazonas – **A corrida pelo fosfato**–agosto/2012. Disponível em: <http://www.alem-do-amazonas.com/artigo/historia-artigo/a-corrída-pelo-fosfato-a-historia-da-ilha-no-final-do-seculo-xix/>. Acesso em 22 de ago. 2018.

SHELDON, R. P. **Ancient Marine Phosphorites**. *Earth and planetary science letters*, v. 9, n. 251, 1981.

SILVA JR, O. M.; FUCKNER, M. A. **AVALIAÇÃO DA CORRELAÇÃO ENTRE MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO ASTER E CARTA TOPOGRÁFICA PARA A REGIÃO DE MARABÁ – ESTADO DO PARÁ**. In: Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação (SIMGEO), 3., Recife. Anais.Recife, 2010. Artigos, p. 27-30. Disponível em: https://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIII/IIISIMGEO_CD/artigos/FotoeSR/SR_e_PDI/R_248.pdf. Acesso em novembro de 2020.

TRAPPE, J. **A nomenclature system for granular phosphate rocks according to depositional texture**. *Sedimentary Geology*, v. 145, p. 135-150, 2001.

APÊNDICE A

Dados com informações dos pontos. (coordenadas XY, elevação, reação ao molibdato, descrição e litologia). Datum WGS 84.

Nº Amostras	Coord. Leste	Coord. Norte	Z (m)	Reação teste colorimétrico	Descrição	Litologia
1	541646	7700437	432	Ausente	Ponto de Controle. Sem afloramento, pasto sujo. Rolado de arenito arcoseano sem reação ao teste colorimétrico.	Arcóseo
2	541621	7700439	433	sem teste	Campo de afloramentos em blocos e lajeados de brechas dolomíticas.	Brecha Dolomítica
3	541595	7700440	436	sem teste	Idem ao ponto anterior	Brecha Dolomítica
4	541569	7700441	434	sem teste	Idem ao anterior, porém foi encontrado um rolado de arenito muito fino no local.	Arcóseo
5	541547	7700435	436	sem teste	Lajeados e cabeças de calcário de brechas dolomíticas com lentes de arenito muito fino. S0 Brecha: 090/38 ; S0 Arenito: 105/60	Arcóseo
6	541522	7700437	440	sem teste	Brechas dolomíticas Idem com rolados de arenito muito fino.	Arcóseo
7	541497	7700433	435	Ausente	Fim do areal de afloramentos. Cupinzeiro sem reação.	
8	541470	7700433	435	sem teste	Ponto de Controle.	
9	541441	7700445	439	sem teste	Ponto de Controle.	
10	541420	7700433	438	sem teste	Ponto de Controle.	
11	541396	7700439	443	sem teste	Campo de matações e blocos de brechas dolomíticas polimíticas. Fragmentos de rocha silicosa com até 20cm de diâmetro; fragmentos de rocha fosfática (<5% do arcabouço da rocha) com até 6cm de dimensões.	Brecha Dolomítica
12	541372	7700435	440	sem teste	Afloramentos de brecha dolomíticas com lentes e fragmentos de oólitos. Também são observados fragmentos de rocha silicosa angulosos e com até 10cm.	Brecha Dolomítica
13	541348	7700435	442	sem teste	Blocos de brecha dolomítica polimítica com fragmentos de rocha silicosa e rocha fosfática.	Brecha Dolomítica
14	541323	7700440	445	sem teste	Blocos de brecha dolomítica polimítica com fragmentos de rocha silicosa e rocha fosfática (com no máximo 5cm de diâmetro).	Brecha Dolomítica
15	541296	7700436	449	sem teste	Mata fechada. Sem afloramentos.	
16	541270	7700440	447	sem teste	Mata fechada. Sem afloramentos.	
17	541248	7700434	449	sem teste	Mata fechada. Sem afloramentos.	
18	541224	7700443	452	sem teste	Mata fechada. Afloramento com 1.5m x 1m de extensão de brecha dolomítica.	Brecha Dolomítica
19	541197	7700437	453	sem teste	Mata fechada. Sem afloramentos.	
20	541183	7700482	455	sem teste	Mata sem afloramento.	
21	541190	7700505	454	sem teste	Mata sem afloramento.	
22	541212	7700496	456	sem teste	Mata sem afloramento.	
23	541228	7700486	457	Fraca	Mata fechada. Afloramento em bloco in situ de brecha dolomítica com reação fraca ao teste colorimétrico.	Brecha Dolomítica
24	541254	7700486	455	sem teste	Mata fechada. Sem afloramento.	
25	541280	7700487	457	sem teste	Mata fechada. Afloramento de brecha dolomítica em "cabeça de calcário" com 0,7m x 0,5m de extensão.	Brecha Dolomítica
26	541300	7700494	452	sem teste	Fim da mata fechada; sem afloramento.	
27	541322	7700493	451	sem teste	Pasto sujo. Afloramento em bloco de brecha dolomítica com fragmentos de rocha silicosa. Clastos angulosos e de tamanho variado (milimétricos a centimétricos). Semelhantes aos fragmentos de fosforitos.	Brecha Dolomítica
28	541348	7700491	448	sem teste	Mata fechada. Afloramento de brecha dolomítica com fragmentos de rochas silicosa e fosfática. Fragmentos de fosforitos com até 3cm e bem angulosos.	Brecha Dolomítica com Fosforito

29	541374	7700491	446	sem teste	Conjunto de afloramentos em blocos. Brechas dolomíticas com fragmentos de fosforitos angulosos com até 6m de diâmetro e fragmentos de rocha silicosa em maior proporção.	Brecha Dolomítica com Fosforito
30	541396	7700493	447	sem teste	Idem ao ponto anterior	Brecha Dolomítica
31	541419	7700492	445	sem teste	Ponto de Controle.	
32	541443	7700493	443	sem teste	Ponto de Controle.	
33	541468	7700489	442	sem teste	Ponto de Controle.	
34	541492	7700490	439	sem teste	Ponto de Controle.	
35	541518	7700487	438	Ausente	Campo de blocos de brecha dolomítica. Formigueiro com reação ausente.	Brecha Dolomítica
36	541543	7700493	442	sem teste	Campo de blocos de brecha dolomítica.	Brecha Dolomítica
37	541568	7700490	436	sem teste	Campo de blocos de brecha dolomítica. S0: 075/50	Brecha Dolomítica
38	541592	7700487	435	sem teste	Idem ao ponto anterior	Brecha Dolomítica
39	541614	7700494	433	sem teste	Ponto de Controle.	
40	541604	7700547	424	sem teste	Ponto de Controle.	
41	541582	7700530	426	sem teste	Ponto de Controle.	
42	541562	7700540	427	sem teste	Bloco insitu de brecha dolomítica com fragmentos angulosos de até 8cm de dolomitos.	Brecha Dolomítica
43	541535	7700541	427	sem teste	Bloco insitu de brecha dolomítica com fragmentos angulosos de até 8cm de dolomitos.	Brecha Dolomítica
44	541508	7700538	429	sem teste	Ponto de Controle.	
45	541481	7700536	432	sem teste	Ponto de Controle.	
46	541458	7700535	432	sem teste	Ponto de Controle.	
47	541434	7700540	433	sem teste	Ponto de Controle.	
48	541410	7700543	437	sem teste	Ponto de Controle.	
49	541386	7700537	436	Ausente	Campo de brechas dolomíticas com intensa silicificação e fragmentos de fosforito. Silica está presente entre as camadas também. Formigueiro com reação ausente.	Brecha Dolomítica com Fosforito
50	541364	7700534	438	sem teste	Idem, porém menor quantidade de sílica.	Brecha Dolomítica
51	541336	7700532	441	sem teste	Brechas dolomíticas com fragmentos de oólitos com até 20cm e fosforitos (em maior quantidade e tamanho maior que nos pontos anteriores). Menor quantidade de sílica.	Brecha Dolomítica
52	541315	7700537	439	sem teste	Rolados de brecha dolomítica.	Brecha Dolomítica
53	541290	7700540	446	sem teste	Mata fechada. Afloramento de brecha dolomítica com fragmentos de rocha silicosa com até 30cm.	Brecha Dolomítica
54	541263	7700537	447	Intensa	Mata fechada. Rolado de bloco de brecha dolomítica com fragmentos de fosforito angulosos, variando de milimétricos a centimétricos com reação intensa.	Brecha Dolomítica com Fosforito
55	541236	7700537	449	sem teste	Mata fechada. Sem afloramento.	
56	541211	7700537	449	sem teste	Mata fechada. Sem afloramento.	
57	541188	7700541	449	sem teste	Mata fechada. Brecha dolomítica com fragmentos de rocha silicosa.	Brecha Dolomítica
58	541191	7700584	451		Mata fechada. Encontrado bloco rolado de brecha dolomítica com fragmentos de rocha silicosa.	Brecha Dolomítica
59	541216	7700590	451	sem teste	Mata fechada. Sem afloramento.	
60	541230	7700593	454	sem teste	Mata fechada. Sem afloramento.	
61	541257	7700593	448	sem teste	Mata fechada. Sem afloramento.	
62	541285	7700593	447	sem teste	Mata fechada. Encontrado bloco rolado de brecha dolomítica com fragmentos de rocha silicosa.	Brecha Dolomítica
63	541308	7700590	449	sem teste	Pasto sujo. Afloramento em bloco de brecha dolomítica com fragmentos de rocha silicosa.	Brecha Dolomítica
64	541667	7700586	424	sem teste	Ponto de Controle. Pasto sujo à beira de cerca do açude.	

65	541610	7700586	425	sem teste	Idem ao ponto anterior	
66	541585	7700590	429	sem teste	Ponto de Controle. Cinco metros à leste nordeste foram encontrados blocos rolados de arenito de cor cinza claro de granulometria grossa.	Arcóseo
67	541560	7700591	426	sem teste	Pasto sujo. Sem afloramento.	
68	541506	7700587	430	sem teste	Rolados com em torno de 30cm de brechas dolomíticas de coloração cinza claro heterogêneo com silicificação.	Brecha Dolomítica
69	541477	7700585	428	sem teste	Afloramentos em lajeados de brecha dolomítica.	Brecha Dolomítica
70	541449	7700587	431	sem teste	Idem ao ponto anterior	Brecha Dolomítica
71	541422	7700586	435	sem teste	Blocos insitu de brecha dolomítica com fragmentos angulosos de rocha silicosa com até 5cm de diâmetro e fragmentos de 2-4cm de rocha fosfática.	Brecha Dolomítica com Fosforito
72	541395	7700585	439	sem teste	Idem. Menor quantidade de fragmentos em geral.	Brecha Dolomítica com Fosforito
73	541372	7700591	434	sem teste	Blocos insitu de rocha IDEM com maior quantidade de silicificação.	Brecha Dolomítica com Fosforito
74	541345	7700587	438	sem teste	Afloramentos em blocos insitu e/ou rolados de rocha IDEM. Fragmentos de fosforito mais arredondados.	Brecha Dolomítica com Fosforito
75	541286	7700632	450	sem teste	Mata fechada. Rolados e blocos insitu de brechas dolomíticas com fragmentos de rocha silicosa. De coloração cinza claro heterogêneo.	Brecha Dolomítica
76	541259	7700636	443	sem teste	Bloco com 3m de altura x 4m de largura de brecha dolomítica com fragmentos de rocha silicosa com tamanho seixo. Coloração cinza heterogêneo.	Brecha Dolomítica
77	541235	7700633	449	sem teste	Idem ao ponto anterior	Brecha Dolomítica
78	541209	7700634	452	sem teste	Mata fechada. IDEM.	Brecha Dolomítica
79	541186	7700635	450	sem teste	Idem ao ponto anterior	Brecha Dolomítica
80	541299	7700636	446	sem teste	Campo de matacões em pasto sujo. Brechas dolomíticas com intensa silicificação. Fragmentos de sílica variando de tamanho milimétrico até 60cm. Coloração variando de cinza claro a esbranquiçado.	Brecha Dolomítica Silicificada
81	541324	7700641	448	sem teste	Idem, porém de cor mais esbranquiçada.	Brecha Dolomítica Silicificada
82	541354	7700639	446	sem teste	Idem com fragmentos de sílica mais angulosos e em menor quantidade. S0:130/40	Brecha Dolomítica
83	541381	7700641	442	sem teste	Fim do areial de afloramentos. Pequenos blocos insitu de brecha dolomítica.	Brecha Dolomítica
84	541404	7700641	441	sem teste	Ponto de Controle em pasto sujo.	
85	541430	7700639	438	sem teste	Brecha dolomítica polimítica com fragmentos de fosforito angulosos com até 3cm de diâmetro e fragmentos de dolomito com mais de 10cm, além de fragmentos de rochas silicosas com em média 4cm de diâmetro.	Brecha Dolomítica com Fosforito
86	541456	7700644	444	sem teste	Brechas dolomíticas polimíticas com fragmentos de silicosos e fosforitos, Fosforitos muito angulosos com até 2cm e ocupando menos de 3% da rocha.	Brecha Dolomítica com Fosforito
87	541507	7700646	440	sem teste	Brecha dolomítica com pouca silicificação.	Brecha Dolomítica
88	541533	7700643	439	sem teste	Idem ao ponto anterior	Brecha Dolomítica
89	541558	7700647	434	sem teste	Pasto sujo. Sem afloramentos.	
90	541584	7700645	435	sem teste	Idem ao ponto anterior	
91	541615	7700640	431	sem teste	Ponto em beira de açude. Filitos de coloração alaranjada.	Filito
92	541613	7700683	429	sem teste	Pasto sujo. Sem afloramentos.	
93	541587	7700684	434	Ausente	Idem. Cupinzeiro sem reação ao teste colorimétrico.	
94	541566	7700690	432	sem teste	Idem ao ponto anterior	
95	541541	7700698	434	sem teste	Afloramentos em cabeça de calcário de brechas dolomíticas.	Brecha Dolomítica
96	541516	7700695	434	sem teste	Idem ao ponto anterior	Brecha Dolomítica
97	541490	7700690	436	sem teste	Idem ao ponto anterior	Brecha Dolomítica
98	541466	7700685	438	sem teste	Idem, porém se inicia a presença de pequenos fragmentos (1cm) de rocha silicosa e muito angulosa.	Brecha Dolomítica

99	541440	7700688	438	sem teste	Fim dos afloramentos. Pasto sujo.	
100	541415	7700692	445	sem teste	Afloramento de 0.7cm de extensão de rocha fina com foliação de coloração cinza.	Xisto
101	541391	7701124	432	Intensa	Mata fechada. Afloramento em lajeado e blocos insitu. Brecha dolomítica de cor cinza escuro. Matriz com reação fraca. Intensa silicificação em algumas porções.	Brecha Dolomítica
102	541367	7701128	428	Intensa	Mata fechada. 8m à leste observa-se a mesma rocha, porém com reação intensa na matriz.	Brecha Dolomítica
103	541343	7701128	439	Forte	Blocos rolados com fragmentos angulosos de rocha silicosa e fragmentos milimétricos de fosforitos. Apresentou reação forte nos fragmentos de fosforito.	Brecha Dolomítica com Fosforito
104	541317	7701125	436	Intensa	Bloco insitu de rocha IDEM com mais fragmentos de rocha silicosa. Reação intensa na matriz.	Brecha Dolomítica
105	541292	7701127	439		Bloco insitu de rocha IDEM mais fraturada.	Brecha Dolomítica
106	541266	7701128	439	Fraca	Blocos e rolados de brecha dolomítica com reação moderada ao teste.	Brecha Dolomítica
107	541213	7701128	448		Idem ao ponto anterior	Brecha Dolomítica
108	541186	7701130	446	Fraca	Ponto de Controle. 15m à leste encontram-se blocos rolados de calcário dolomítico branco com reação fraca ao teste.	Brecha Dolomítica
109	541159	7701128	450	Forte	Rocha idem com coloração variando de cinza claro a branco. Reação forte.	Brecha Dolomítica
110	541141	7701129	452	sem teste	Rolados de rocha alaranjada. Aparenta ser um arenito de granulometria média à grossa.	Arcóseo
111	541115	7701129	455	sem teste	Brecha dolomítica com intensa silicificação. Sílica em fraturas e em fragmentos. Reação moderada ao teste.	Brecha Dolomítica Silicificada
112	541354	7701269	427	sem teste	Pasto sujo, sem afloramento.	
113	541329	7701272	426	sem teste	Pasto sujo, sem afloramento.	
114	541303	7701271	430	Fraca	Rocha de coloração cinza esuro com fragmentos de dolomitos de cor mais clara. Reação fraca na matriz.	Brecha Dolomítica
115	541277	7701270	428	sem teste	Mata fechada. Blocos insitu com em torno de 0.7 ² de rocha de cor cinza escuro a alaranjado com fragmentos de dolomito. Início da silicificação.	Brecha Dolomítica
116	541252	7701271	433	Forte	Blocos e matação insitu de brecha dolomítica de cor cinza heterogêneo com reação forte ao teste.	Brecha Dolomítica
117	541199	7701272	438	Fraca	Blocos insitu e rolados com até 2m de altura. Brecha com maior quantidade de fragmentos de rocha silicosa. De coloração cinza escuro heterogêneo. Apresentou reação fraca na matriz.	Brecha Dolomítica Silicificada
118	541177	7701270	439	sem teste	Mata fechada. Blocos de rocha com em torno de 1m de altura. Alguns blocos com até 0.5m de rocha silicosa. Encontrado também rolados de arenito.	Brecha Dolomítica Silicificada
119	541153	7701270	441	sem teste	Mata fechada. Blocos de rocha com em torno de 1m de altura. Apresenta mais sílica que no ponto anterior e possui coloração cinza mais escuro e mais homogêneo. Encontrado também rolados de arenito.	Brecha Dolomítica Silicificada
120	541131	7701271	444	Fraca	Blocos insitu e rolados de cor cinza heterogêneo com reação fraca.	Brecha Dolomítica
121	541106	7701268	449	sem teste	Mata fechada. Blocos em cor cinza clara e com mais sílica.	Brecha Dolomítica Silicificada
122	541067	7701414	444	sem teste	Blocos insitu e rolados de rocha cor cinza escuro heterogêneo com sílica entre fraturas e em fragmentos.	Brecha Dolomítica Silicificada
123	541107	7701412	441	sem teste	Rolados/Blocos de Calcário dolomítico de cor arroseado.	Mámore Dolomítico Róseo
124	541133	7701413	441	sem teste	Rolados/Blocos de Calcário dolomítico de cor arroseado.	Mámore Dolomítico Róseo
125	541160	7701412	437	sem teste	Rocha de cor cinza clara com "veios" mais escuro.	Calcário Dolomítico
126	541187	7701416	437	sem teste	Areial de afloramentos em blocos insitu e rolados com até 4m de altura de brecha dolomítica silicificada ce cor cinza claro homogêneo.	Brecha Dolomítica Silicificada
127	541216	7701416	432	Fraca	Mata fechada. Ponto de controle. 3m à leste rolado de brecha dolomítica com reação fraca.	Brecha Dolomítica

128	541236	7701418	432	sem teste	Mata fechada. Blocos insitu e rolados de brecha dolomítica de cor variando de cinza claro a escuro.	Brecha Dolomítica
129	541255	7701415	432	sem teste	Mata fechada, sem afloramentos.	
130	541272	7701416	441	sem teste	Mata fechada, sem afloramentos.	
131	541049	7701573	438	sem teste	Blocos de calcário dolomítico de cor cinza claro apresentando homogeneidade na coloração - silicificação.	Calcário Dolomítico
132	541069	7701567	440	sem teste	Rolados de veio de quartzo.	Veio de Quartzo
133	541099	7701569	435	sem teste	Sem afloramentos, ponto de controle.	
134	541120	7701568	439	sem teste	Afloramento de brecha dolomítica cinza escuro. Apresentou reação moderada ao teste.	Brecha Dolomítica
135	541143	7701568	437	Forte	Mata fechada. Afloramento em cabeça de calcário e blocos rolados de brecha dolomítica em cor cinza escura. Apresentou reação forte ao teste.	Brecha Dolomítica
136	541168	7701565	436	Fraca	Afloramento com 3m de extensão de brecha dolomítica com fragmentos centimétricos de rocha silicosa. Reação fraca.	Brecha Dolomítica
137	541193	7701566	432	sem teste	Idem ao ponto anterior	Brecha Dolomítica
138	541221	7701564	431	sem teste	Idem com silicificação em menor proporção.	Brecha Dolomítica
139	541243	7701572	426	sem teste	Idem com silicificação em menor proporção.	Brecha Dolomítica
140	541265	7701571	425	sem teste	Idem com silicificação em menor proporção.	Brecha Dolomítica
141	541281	7701565	423	sem teste	Sem afloramento, ponto de controle.	
142	541295	7701560	420	sem teste	Sem afloramento, ponto de controle.	
143	541132	7700787	463	sem teste	Idem ao ponto anterior	
144	541396	7701416	421	sem teste	Idem ao ponto anterior	
145	541498,00	7702117,00	420	sem teste	Idem ao ponto anterior	