



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**FATORES GEOLÓGICOS E FISIOGRÁFICOS QUE CONDICIONAM O
CRESCIMENTO DA *DROSER A MAGNIFICA* NA REGIÃO DE
CONSELHEIRO PENA, MINAS GERAIS**

Rafael Magno Oliveira

MONOGRAFIA nº 388

Ouro Preto, fevereiro de 2021

**FATORES GEOLÓGICOS E FISIAGRÁFICOS QUE
CONDICIONAM O CRESCIMENTO DA *DROSERA*
MAGNIFICA NA REGIÃO DE CONSELHEIRO PENA, MINAS
GERAIS**



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO

Reitora

Prof.^a Dr.^a Cláudia Aparecida Marlière de Lima

Vice-Reitor

Prof. Dr. Hermínio Arias Nalini Júnior

Pró-Reitora de Graduação

Prof.^a Dr.^a Tânia Rossi Garbin

ESCOLA DE MINAS

Diretor

Prof. Dr. Issamu Endo

Vice-Diretor

Prof. Dr. Hernani Mota de Lima

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

Chefe

Prof. MSc. Edison Tazava

MONOGRAFIA

Nº 388

**FATORES GEOLÓGICOS E FISIAGRÁFICOS QUE
CONDICIONAM O CRESCIMENTO DA *DROSERA*
MAGNIFICA NA REGIÃO DE CONSELHEIRO PENA, MINAS
GERAIS**

Rafael Magno Oliveira

Orientador

Prof. Dr. Cláudio Eduardo Lana

Monografia do Trabalho de Conclusão de curso apresentado ao Departamento de Geologia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para avaliação da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso – TCC, período letivo 2020/1.

OURO PRETO

2021

Universidade Federal de Ouro Preto – <http://www.ufop.br> Escola de Minas - <http://www.em.ufop.br>
Departamento de Geologia - <http://www.degeo.ufop.br/> Campus Morro do Cruzeiro s/n - Bauxita
35.400-000 Ouro Preto, Minas Gerais Tel. (31) 3559-1600, Fax: (31) 3559-1606

Direitos de tradução e reprodução reservados. Nenhuma parte desta publicação poderá ser gravada, armazenada em sistemas eletrônicos, fotocopiada ou reproduzida por meios mecânicos ou eletrônicos ou utilizada sem a observância das normas de direito autoral.

Revisão geral: Rafael Magno Oliveira

Catlogação elaborada pela Biblioteca Prof. Luciano Jacques de Moraes do Sistema de Bibliotecas e Informação - SISBIN - Universidade Federal de Ouro Preto.

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

O48f Oliveira, Rafael Magno.
Fatores geológicos e fisiográficos que condicionam o crescimento da drosera magnífica na região de Conselheiro Pena, Minas Gerais. [manuscrito] / Rafael Magno Oliveira. - 2021.
55 f.: il.: color., gráf., tab., mapa. (Série: 388)

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Eduardo Lana.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia Geológica .

1. Geoquímica. 2. Fisiografia. 3. Geomorfologia. 4. Plantas carnívoras - Drosera magnífica. I. Lana, Cláudio Eduardo. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 551.4(815.1):581.13

Bibliotecário(a) Responsável: Sione Galvão Rodrigues - CRB6 / 2526

Ficha de Aprovação

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: Fatores geológicos e fisiográficos que condicionam o crescimento da *Drosera magnifica* na região de Conselheiro Pena, Minas Gerais

AUTOR: Rafael Magno Oliveira

ORIENTADOR: Cláudio Eduardo Lana

Aprovada em: 16 de fevereiro de 2021

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Cláudio Eduardo Lana



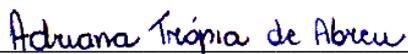
DEGEO/UFOP

Prof.^a Dr.^a Adivane Terezinha Costa



DEGEO/UFOP

Dr.^a Adriana Trópia de Abreu



DEGEO/UFOP

MSc.^a Antonella Tonidandel Schettini



UFOP

Ouro Preto, 16/02/2021

Agradecimentos

Agradeço, primeiramente, ao Planeta Terra por oferecer todas as ferramentas para que possamos compreender sua complexidade e, dessa forma, utilizar do conhecimento geológico para trazer conforto ao ser humano buscando sempre a sustentabilidade.

Agradeço, também, aos meus pais: Carlos e Enedir, por sempre acreditarem nos meus sonhos e me apoiarem em minha jornada; sem o amor e a compreensão de vocês, nada seria possível. Também sou grato à minha irmã Caren e toda a minha família por também estarem junto de mim em todos os momentos.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Cláudio Lana: toda a minha gratidão. A orientação durante todo o trabalho e a disposição em me acompanhar na campanha de campo em Conselheiro Pena foram indispensáveis para que eu pudesse adquirir os dados e interpretá-los, sempre acreditando na importância deste estudo para as geociências.

Aos meus amigos da Engenharia Geológica e da UFOP – meu trabalho também é fruto do apoio de todos vocês! Um agradecimento especial as minhas amigas: Júlia Machado, que me acompanhou na atividade de campo, Giovanna Custódio, por me auxiliar em todas as etapas com conselhos que foram indispensáveis e à Rafaela Gurita por todas as palavras de apoio. Amo vocês.

Agradeço à toda a equipe do Laboratório de Geoquímica (LGqA) que trabalhou durante a pandemia para que eu pudesse ter as análises que precisava. Agradeço, especialmente, à Dr^a. Adriana Tropia pela orientação na preparação das amostras e sugestão dos métodos mais adequados.

Todo o conhecimento que adquiri durante meu período de estágio na CPRM também foi fundamental na elaboração deste trabalho. Agradeço a todos os profissionais que contribuíram na minha formação enquanto estudante e profissional, principalmente ao MSc. Fernando Carneiro, que não poupou esforços para me ajudar na aquisição de dados durante o trabalho.

Sou grato à República Sem Norte e à Mel por serem casa para mim enquanto eu morei em Ouro Preto, fazendo com que eu tivesse as melhores condições para que pudesse aproveitar ao máximo a minha vida acadêmica. Além disso, agradeço também os meus amigos de Sete Lagoas, em especial Pedro e Vitor por estarem sempre por perto, me oferecendo todo o suporte para seguir em frente.

Agradeço também ao Júlio César Ribeiro, morador de Conselheiro Pena que nos acompanhou em todo o trabalho de campo e nos levou à *Drosera magnifica*, reforçando a importância da Serra do Padre Ângelo e da planta carnívora para toda a comunidade.

Agradeço, por fim, aos governos Lula e Dilma por toda a contribuição para a educação pública do Brasil. Se hoje estou me formando em uma universidade federal de qualidade, grande parte se deve aos esforços desses governantes. O conhecimento que adquiri na UFOP também será utilizado para lutar contra o retrocesso e os tempos sombrios pelos quais passamos.

SUMÁRIO

SUMÁRIO	x
INDÍCE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE TABELAS	xiv
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 APRESENTAÇÃO	1
1.2 LOCALIZAÇÃO	1
1.3 OBJETIVOS	2
1.4 JUSTIFICATIVA	3
1.5 MATERIAIS E MÉTODOS	3
1.5.1 Revisão bibliográfica	3
1.5.2 Campanha de campo	4
1.5.3 Análise Mineralógica	6
1.5.4 Análise por Difractometria de Raios X	6
1.5.5 Análise Geoquímica	7
1.5.6 Análise Geofísica	10
1.5.7 Geração de mapas locais	11
2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	13
2.1 CONTEXTO GEOTECTÔNICO	13
2.2 GEOLOGIA REGIONAL	13
2.2.1 Estratigrafia	13
2.3 GEOLOGIA LOCAL	13
2.3.1 Formação João Pinto	14
2.3.2 Formação Palmital do Sul	15
2.3.3 Suíte Intrusiva Galiléia	15
2.4 FISIOGRAFIA	15
2.4.1 Solo	15
2.4.2 Vegetação	15
2.4.3 Hidrologia	16
2.5 CLIMA	17
2.6 GEOMORFOLOGIA	17

2.7	A ÁREA DE OCORRÊNCIA DA DROSERÁ.....	17
3	A PEDOLOGIA E OS ORGANISMOS VIVOS.....	19
3.1	O SOLO.....	19
3.2	INTEMPERISMO E A FORMAÇÃO DOS SOLOS.....	19
3.3	RELAÇÃO ENTRE O SOLO E AS PLANTAS.....	21
3.4	ELEMENTOS QUÍMICOS NO SOLO.....	21
3.5	ELEMENTOS IMPORTANTES PARA A NUTRIÇÃO DAS PLANTAS.....	22
3.6	AS PLANTAS CARNÍVORAS.....	24
3.7	<i>A Drosera magnífica</i>	24
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	27
4.1	MINERALOGIA.....	27
4.2	DIFRATOMETRIA DE RAIOS X.....	29
4.2.1	Amostra D1.....	29
4.2.2	Amostra D2.....	31
4.2.3	Amostra V.....	32
4.3	GEOQUÍMICA.....	33
4.3.1	Solos.....	33
4.3.2	Raízes.....	38
4.4	GEOFÍSICA.....	41
4.4.1	Radiometria.....	41
4.4.2	Magnetometria.....	45
5	DISCUSSÃO.....	47
6	CONCLUSÃO.....	49
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Mapa de localização da área de estudo em relação ao município de Conselheiro Pena e o estado de Minas Gerais.	2
Figura 1.2: Imagens do antes e depois do incêndio que ocorreu Serra do Padre Ângelo.	3
Figura 1.3: Mapa com a localização da Serra do Padre Ângelo em relação ao município de Conselheiro Pena e os pontos de amostragem de solos.	5
Figura 1.4: A) Área de coleta da amostra de solo "V". B) Área de coleta da amostra de solo "D2". C) Área de coleta da amostra de solo "D1".	6
Figura 1.5: Organograma que mostra a relação hierárquica dos conceitos e fenômenos da interação da matéria e radiação na difratometria de raios X.	7
Figura 1.6: A) Amostras de raiz coletadas do solo "D1" já lavadas; B) Graal de porcelana utilizado para macerar as raízes secas; C) Raízes maceradas prontas para a digestão em laboratório.	10
Figura 1.7: Mapa com a localização das áreas de realização dos aerolevantamentos magnetométricos e radiométricos realizados pela Codemig, incluindo a área 12 – foco deste trabalho.	11
Figura 2.1: Mapa geológico da área de estudo.	14
Figura 2.2: Localização da área de estudo na bacia do rio Doce.	16
Figura 2.3: Imagem da vegetação no topo da Serra do Padre Ângelo com foco na área de ocorrência da <i>Drosera magnifica</i>	18
Figura 3.1: Resistência dos principais silicatos formadores de rocha ao intemperismo de acordo com a Série de Goldish.	20
Figura 3.2: Intemperismo de alguns minerais primários.	20
Figura 3.3: Tentáculos da <i>Drosera magnifica</i> com uma presa, evidenciada pela seta.	25
Figura 3.4: Distribuição global da variedade de <i>Droseras</i>	26
Figura 4.1: A) Imagem da lâmina no aumento de 20x a nicóis descruzados com destaque para a textura granoblástica da rocha. B) Imagem da lâmina no aumento de 20x a nicóis cruzados, ressaltando a cor de interferência do quartzo.	27
Figura 4.2: A) Imagem da lâmina no aumento de 10x a nicóis descruzados. B) Imagem com nicóis descruzados no aumento de 20x. C) Imagem no aumento de 10x a nicóis cruzados. D) Imagem no aumento de 20x a nicóis cruzados.	28
Figura 4.3: A) Imagem da lâmina no aumento de 20x a nicóis descruzados. B) Imagem da lâmina no aumento de 20x a nicóis cruzados, com destaque para as cores de interferência vibrantes da sericita.	29
Figura 4.4: Difratoograma de raios X para a amostra "D1"	30
Figura 4.5: Comparação da <i>Peak List</i> da amostra "D1" com a resposta esperada para o quartzo.	30
Figura 4.6: Difratoograma de raios X para a amostra "D2"	31
Figura 4.7: Comparação da <i>Peak List</i> da amostra "D2" com a resposta esperada para o quartzo.	31

Figura 4.8: Difractograma de raios X para a amostra "V"	32
Figura 4.9: Comparação com a <i>Peak list</i> da amostra "V" com a resposta esperada para o quartzo. ...	32
Figura 4.10: Processos que governam a mobilidade, disponibilidade e solubilidade dos metais pesados no solo.	36
Figura 4.11: Gráficos com as concentrações dos elementos Al, S, Fe, P, Mg e K nas amostras após digestão por água régia (colunas em azul) e digestão total (colunas em laranja).....	37
Figura 4.12: Gráficos com as concentrações dos elementos Ba, Na, Ca, P, Sr e Zn na amostra "P" (colunas em laranja) e nas amostras de solo "D1", "D2" e "V" (colunas em azul).	40
Figura 4.13: Mapa radiométrico de contagem total para a região de estudo com destaque (polígono em vermelho) para a região da Serra do Padre Ângelo.....	41
Figura 4.14: Mapa radiométrico de contagem total com foco na Serra do Padre Ângelo. O código de cores é o mesmo da Figura 4.13.....	42
Figura 4.15: Mapa de Elevação da Serra do Padre Ângelo.	42
Figura 4.16: Influência da geomorfologia na emissão de radiação.....	43
Figura 4.17: Imagem Ternária da região de estudo com destaque (polígono em vermelho) para a região da Serra do Padre Ângelo.....	44
Figura 4.18: Imagem Ternária com maior detalhamento na Serra do Padre Ângelo.....	44
Figura 4.19: Mapa magnetométrico de campo anômalo na região estudada.	45
Figura 5.1: Sobreposição dos mapas geológico, magnetométrico e radiométrico.	48

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.1: Amostras de solo coletadas em campo e informações de coleta.	5
Tabela 3.1: Relação dos elementos essenciais as plantas, com as concentrações médias na matéria seca da parte aérea e os respectivos autores que demonstraram a essencialidade e o ano em que ocorreu a descoberta.....	23
Tabela 4.1: Resultados da geoquímica de solos para as amostras "D1", "D2" e "V" após digestão por Água Régia.....	33
Tabela 4.2: Resultado da geoquímica de solos para a amostra "D1", "D2" e "V" pela Digestão Total.	34
Tabela 4.3: Valores orientados para elementos químicos no solo	35
Tabela 4.4: Resultados da geoquímica das raízes da <i>Drosera magnifica</i>	38
Tabela 4.5: Faixa de concentrações médias de metais nas plantas terrestres.....	39
Tabela 4.6: Coeficiente de Absorção Biológica da <i>Drosera magnifica</i>	39

RESUMO

A existência de estudos que buscam correlacionar a geologia e a fisiografia de uma área à ocorrência da vegetação ainda são incipientes. A descoberta da *Drosera magnifica*, planta carnívora maior de seu gênero nas américas, na Serra do Padre Ângelo, em Conselheiro Pena – MG, representa uma importante possibilidade de entender como a composição das rochas e solos da região podem estar relacionadas com o surgimento dessa planta única. O objetivo do trabalho é entender os fatores geológicos e fisiográficos que estão relacionados com o crescimento da planta, realizando, para isso, a identificação dos litotipos e solos que compõem o substrato no qual o vegetal está fixado, bem como uma descrição desses materiais sob uma perspectiva física (micro e macroscópica) e química. Foi feita uma campanha de campo para a coleta de amostras: 3 de solo (D1, D2 e V) e uma de rocha (R) – da qual foi confeccionada uma lâmina delgada. A metodologia consistiu na revisão de bibliografia que correlacione o crescimento de plantas carnívoras com o ambiente, além das etapas posteriores, que envolvem as análises da lâmina delgada para a identificação da mineralogia da rocha, difratometria de raios X e química dos solos para, respectivamente, confirmar a composição dos sólidos e entender a concentração dos elementos químicos nas amostras. Além disso, optou-se por gerar mapas geofísicos de magnetometria e gamaespectrometria a fim de identificar possíveis anomalias regionais que estejam relacionadas com a disponibilização de elementos químicos importantes para a nutrição de plantas, como zonas de alteração hidrotermal. A análise mineralógica da lâmina revelou a presença predominante de minerais resistentes ao intemperismo na rocha – quartzo e turmalina – além mica sericita e minerais opacos. A difratometria de raios X apresentou uma composição de quartzo em sua quase totalidade para as amostras de solo, enquanto a geoquímica apontou a presença de concentrações significativas de elementos químicos importantes para os vegetais no solo onde está fixada a planta foco dessa investigação. A análise química das raízes da *Drosera magnifica* indicou a acumulação de micro e macroelementos – com exceção do potássio, além da presença do bário, estrôncio e alumínio, elementos não essenciais para a nutrição de vegetais. Os mapas geofísicos revelaram comportamento esperado para as rochas locais, sem maiores indicativos de zonas de grande complexidade geológica. A geologia – quartzitos da formação João Pinto – e fisiografia da Serra do Padre Ângelo formam um ambiente perfeito para este tipo de planta: elevado, úmido e com disponibilidade química suficiente para que elas possam crescer, embora sejam solos pouco desenvolvidos.

Palavras-chave: *Drosera magnifica*, Serra do Padre Ângelo, geoquímica.

ABSTRACT

The existence of studies that seek to correlate the geology and physiography of an area with the occurrence of vegetation are still incipient. The discovery of *Drosera magnifica*, the largest carnivorous plant of its kind in the Americas, at Serra do Padre Ângelo, in Conselheiro Pena - MG, represents an important possibility to understand how the composition of rocks and soils in the region may be related to the appearance of this plant. The objective of the work is to understand the geological and physiographic factors that are related to the growth of the plant, performing, for this, the identification of the lithotypes and soils that make up the substrate in which the plant is fixed, as well as a description of these materials under a physical (micro and macroscopic) and chemical perspective. A field campaign was carried out to collect samples: 3 of soil (D1, D2 and V) and one of rock (R) - from which a thin blade was made. The methodology consisted of a bibliography review that correlates the growth of carnivorous plants with the environment, in addition to the later stages, which involve the analysis of the thin blade for the identification of the rock mineralogy, X-ray diffraction and soil chemistry for, respectively, confirm the composition of the solids and understand the concentration of chemical elements in the samples. In addition, it was decided to generate geophysical maps of magnetometry and gamma-spectrometry in order to identify possible regional anomalies that are related to the availability of important chemical elements for plant nutrition, such as areas of hydrothermal alteration. Mineralogical analysis of the thin blade revealed the predominant presence of minerals resistant to weathering in the rock – quartz and tourmaline – in addition to sericite and opaque minerals. X-ray diffractometry showed almost all quartz composition for soil samples, while geochemistry pointed out the presence of significant concentrations of important chemical elements for the plants in the soil where the focus plant of this investigation is fixed. Chemical analysis of the roots of *Drosera magnifica* indicated the accumulation of micro and macro elements – with the exception of potassium, in addition to the presence of Ba, Sr and Al, elements that are not essential for vegetable nutrition. Geophysical maps revealed expected behavior for local rocks, with no further indication of areas of great geological complexity. The geology – quartzites of the João Pinto formation – and the physiography of Serra do Padre Ângelo form a perfect environment for this type of plant: elevated, humid and with sufficient chemical availability so that they can grow, although they are poorly developed soils.

Keywords: *Drosera magnifica*, Serra do Padre Ângelo, geochemistry.

CAPITULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

As plantas carnívoras se diferenciam das demais pela capacidade de absorver nutrientes, como nitratos e fosfatos, de outros organismos vivos, sendo, dessa maneira, comumente encontradas em solos pobres nessas substâncias (Lüttge 1983). A adaptabilidade dessas espécies ao meio, bem como a morfologia delas são características singulares que têm motivado estudos das ciências biológicas. Entretanto, análises dos fatores geológicos e fisiográficos que condicionam o aparecimento dessas plantas em determinadas regiões ainda são incipientes.

Este trabalho tem foco na *Drosera magnifica*, uma planta carnívora gigante microendêmica do topo da Serra de Padre Ângelo, no município de Conselheiro Pena, leste de Minas Gerais (Gonella 2015). Alguns relatos exploratórios e estudos de viés botânico têm destacado o caráter extraordinário da ocorrência, sendo evidenciada em portais de notícia de muitos países, como Reino Unido, no The Telegraph, e Alemanha – The Welt e Spiegel. Ocorre, também na serra, uma superpopulação das “canelas-de-ema-gigantes” (*Vellozia gigantea*), que são plantas endêmicas do cerrado brasileiro.

Pretende-se, então, realizar um levantamento geológico e fisiográfico que permita entender a composição local das rochas e solos de maneira a buscar uma relação com a flora local; principalmente com a rara ocorrência da *Drosera magnifica*. Este trabalho pode servir como base para estudos posteriores, num contexto em que a geologia tenha maior importância em pesquisas de caráter ecológico.

1.2 LOCALIZAÇÃO

A área de foco deste trabalho é o município de Conselheiro Pena, no médio Vale do Rio Doce, a leste de Minas Gerais. A cidade dista, aproximadamente, 400 km da capital do estado, Belo Horizonte, e possui área de unidade territorial de 1.484 km², de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE 2018). A ocorrência da *Drosera magnifica*, entretanto, está restrita à Serra do Padre Ângelo (Figura 1.1), no Parque Estadual dos Sete Salões. O site Portal Minas Gerais (2021) informa que o parque é um remanescente da Mata Atlântica com 12.520 hectares de área e atinge até 1530 metros de altitude.

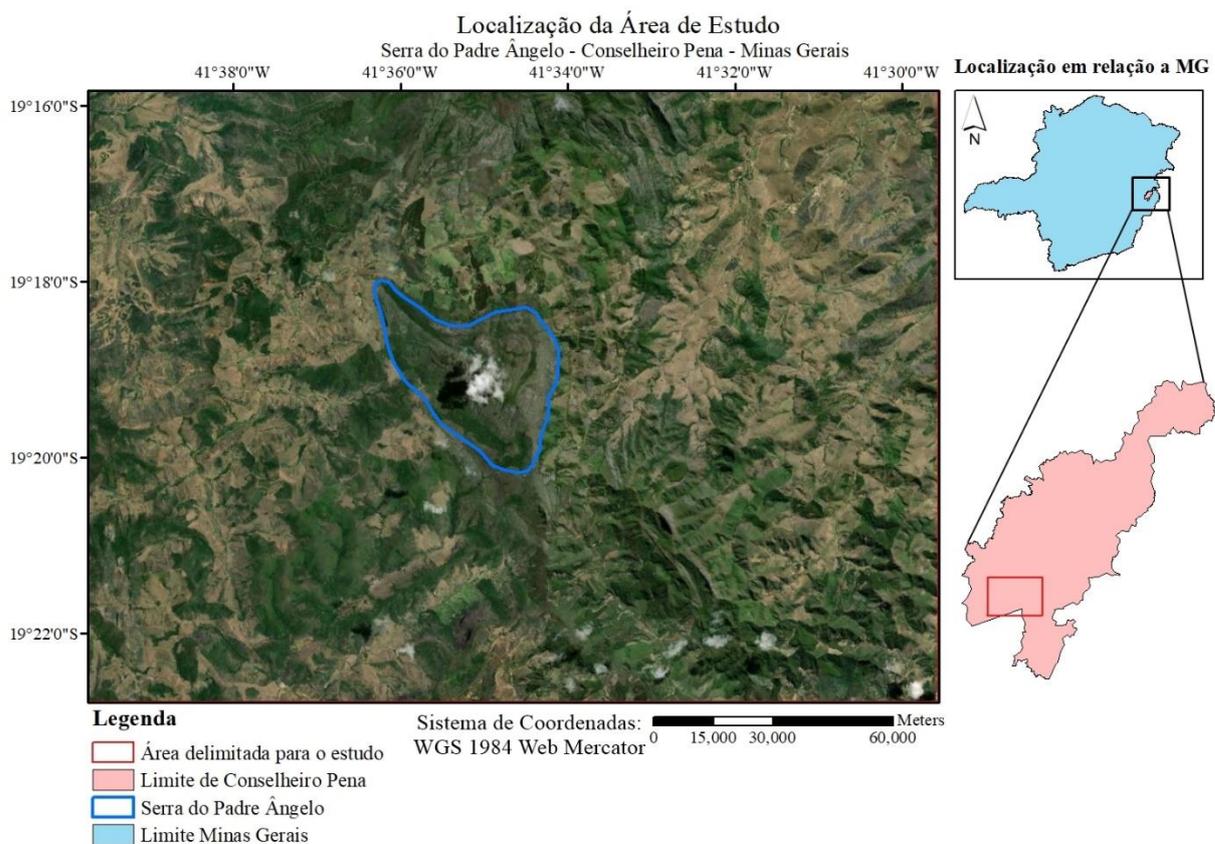


Figura 1.1: Mapa de localização da área de estudo em relação ao município de Conselheiro Pena e o estado de Minas Gerais.

Uma opção de acesso ao município, partindo-se de Ouro Preto – MG, é dado pela BR-356 (Rodovia dos Inconfidentes) e, posteriormente, pela MG-262 no sentido Ponte Nova, percorrendo-se, aproximadamente, 80 km até continuar o percurso pela MG-329 até a cidade de Caratinga – mais 140 km. A partir daí, deve-se manter o caminho pela BR-116, por cerca de 120 km, até Governador Valadares, onde segue-se pela BR-381 até o distrito de São Vítor e, posteriormente, pela BR-259, na qual são percorridos mais 54 km até, então, chegar à Cidade de Conselheiro Pena; o acesso à Serra do Padre Ângelo, se encontra a sul do município, na zona rural, e se dá por vias locais não pavimentadas.

1.3 OBJETIVOS

O objetivo principal do trabalho é fazer um levantamento geológico e fisiográfico da região da Serra do Padre Ângelo que permita entender os fatores que condicionam o crescimento incomum da planta carnívora *Drosera magnifica*. Os objetivos específicos são identificar os litotipos e solos que compõem a área de ocorrência da planta, bem como realizar análises desses sob uma perspectiva física (micro e macroscópica) e química. Além disso, pretende-se, por meio de análises geofísicas, identificar anomalias locais que possam estar relacionadas com os fatores de crescimento da espécie em questão.

1.4 JUSTIFICATIVA

O entendimento dos fatores físicos que possibilitaram o crescimento da *Drosera magnifica*, planta endêmica da região de Conselheiro Pena, não é restrito ao campo científico, já que serve como base para estudos posteriores, tanto geológicos quanto botânicos, mas também se caracteriza como um possível legado social e econômico para o município. Este possui a Serra do Padre Ângelo, integrante do Parque Estadual de Sete Salões, como um atrativo turístico da região, que pode ser favorecido pela compreensão da rara ocorrência da planta.

Além disso, é importante levar em consideração que a queimada que atingiu a área em questão no início de outubro de 2020 (Figura 1.2) foi responsável pela destruição de alguns indivíduos da *Drosera magnifica* e, embora a planta ainda exista na serra, o risco de extinção ainda é iminente. Portanto, é preciso aumentar os subsídios científicos que possam corroborar a importância da fauna e flora local de modo a incentivar a criação do Parque Natural Municipal da Serra do Padre Ângelo, como explica o biólogo Paulo Gonella em entrevista ao portal de notícias da Globo (Almeida 2020).



Figura 1.2: Imagens do antes e depois do incêndio que ocorreu Serra do Padre Ângelo. (Fotos por P. M. Gonella in Almeida 2020).

1.5 MATERIAIS E MÉTODOS

1.5.1 Revisão bibliográfica

Nesta etapa, buscou-se identificar trabalhos que têm como objetivo correlacionar a ocorrência de plantas carnívoras com os aspectos fisiográficos das áreas de ocorrência delas. Existe um número muito restrito de estudos com esse enfoque e, apesar disso, foram encontrados alguns estudos e eles serão utilizados para embasar a presente investigação.

Neste trabalho, também foi utilizado o banco de dados geográficos disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), os relatórios da porção leste do estado de Minas

Gerais no projeto RADAMBRASIL, realizado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) e a Folha Itanhomi (SE.24-Y-C-I) na escala 1:100.000 (Féboli *et al.* 2014).

De maneira a complementar as informações locais, foram utilizados os levantamentos aerogeofísicos de Minas Gerais do projeto 2008/2009 realizados pela Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais (CODEMIG) na geração de mapas magnetométricos e gamaespectométricos. Esses mapas são fundamentais para analisar a região de maneira regional, a fim de encontrar anomalias que possam estar relacionadas com a área de ocorrência da *Drosera magnifica*.

Os métodos da magnetometria e gamaespectometria são utilizados por autores como Pires (1995), Maas (2003) e Serafim (2017) no intuito de identificar zonas de alteração hidrotermal. Thompson & Thompson (1996) caracterizam a alteração hidrotermal como um processo no qual uma determinada rocha entra em contato com um fluido – predominantemente composto por água – que transforma uma assembleia mineralógica em outra mais estáveis nas condições de temperatura e pressão locais de acordo com a composição do fluido (Rose & Burt 1979 *apud* Tazava 1999). Esse processo está associado com o enriquecimento geoquímico dos substratos que recobrem as regiões com essa alteração, motivo pelo qual é utilizado nesta investigação.

1.5.2 Campanha de campo

O trabalho de campo foi realizado em uma única campanha, no dia 17 de agosto 2019. Nele, foi feito o reconhecimento preliminar dos aspectos geológicos e geomorfológicos da região da Serra do Padre Ângelo, incluindo a coleta de 3 amostras de solos – D1, D2, V (Figura 1.3), 1 amostra de rocha (R) e 1 indivíduo da *Drosera magnifica* para as etapas posteriores do estudo.

As amostras de solo foram coletadas exatamente abaixo das plantas para que os resultados das análises posteriores pudessem representar de forma mais fiel o material que está em contato direto com as raízes (Figura 1.4). Os solos foram armazenados em sacos plásticos e lacrados com fita adesiva para serem transportados. A amostra de solo “V” foi coletada próximo a um indivíduo da *Vellozia gigantea* na área conhecida como “campo das *Vellozias gigantes*”. A amostra de solo “D2” foi recolhida na ocorrência da *Drosera magnifica* em cota mais baixa. Por fim, tem-se a amostra “D1”, coletada no topo da Serra do Padre Ângelo, próximo à última ocorrência da planta, local onde também foi coletada a amostra de rocha “R”.

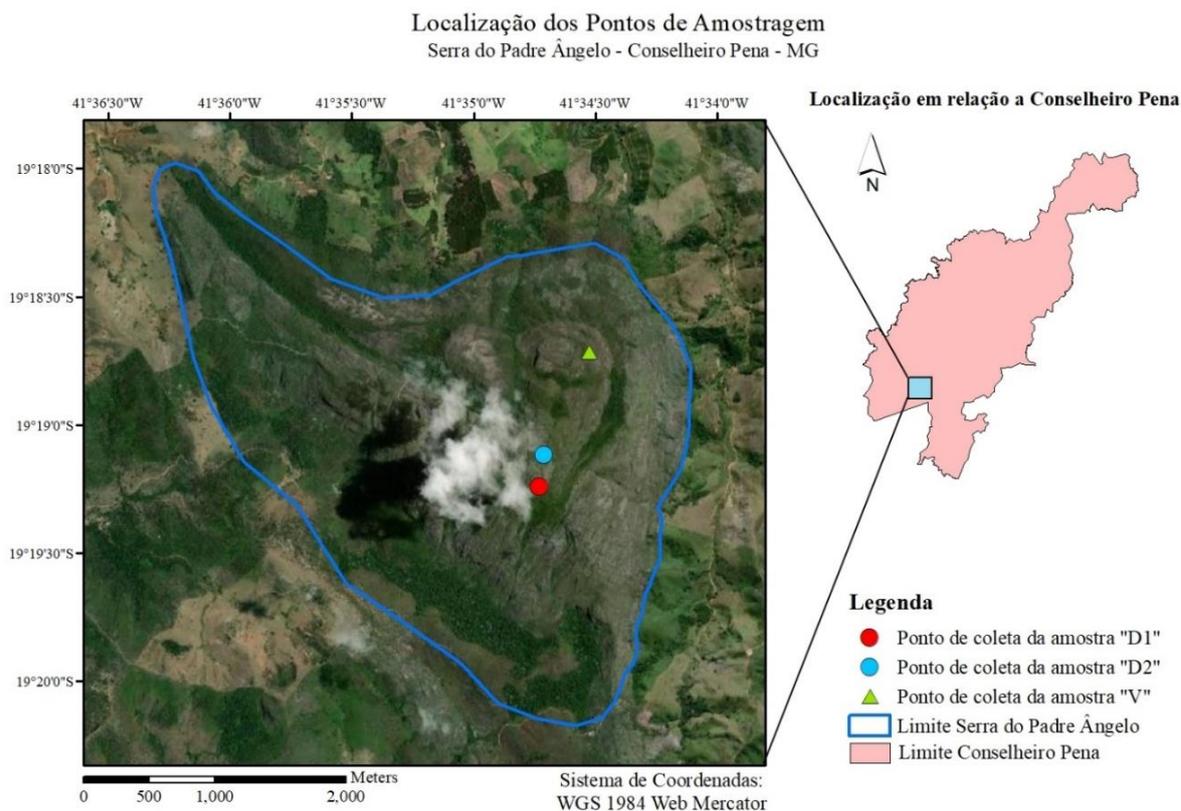


Figura 1.3: Mapa com a localização da Serra do Padre Ângelo em relação ao município de Conselheiro Pena e os pontos de amostragem de solos.

Tabela 1.1: Amostras de solo coletadas em campo e informações de coleta.

Amostragem de Solos					
Amostra	Planta Relacionada	Coordenadas UTM		Altitude (metros)	Peso (gramas)
		E	N		
D1	<i>Drosera magnifica</i>	229030	7861672	1542	315
D2	<i>Drosera magnifica</i>	229059	7861904	1491	180
V	<i>Vellozia gigantea</i>	229180	7863073	755	551

A Tabela 1.1 apresenta a relação entre os solos coletados, as plantas locais e os dados adquiridos em campo por meio da utilização de um GPS Portátil Garmin GPSMAP. Em laboratório, as amostras de solo foram mantidas em estufa a 102° C por 24 horas e, após esse período, foram pesadas por uma balança digital.

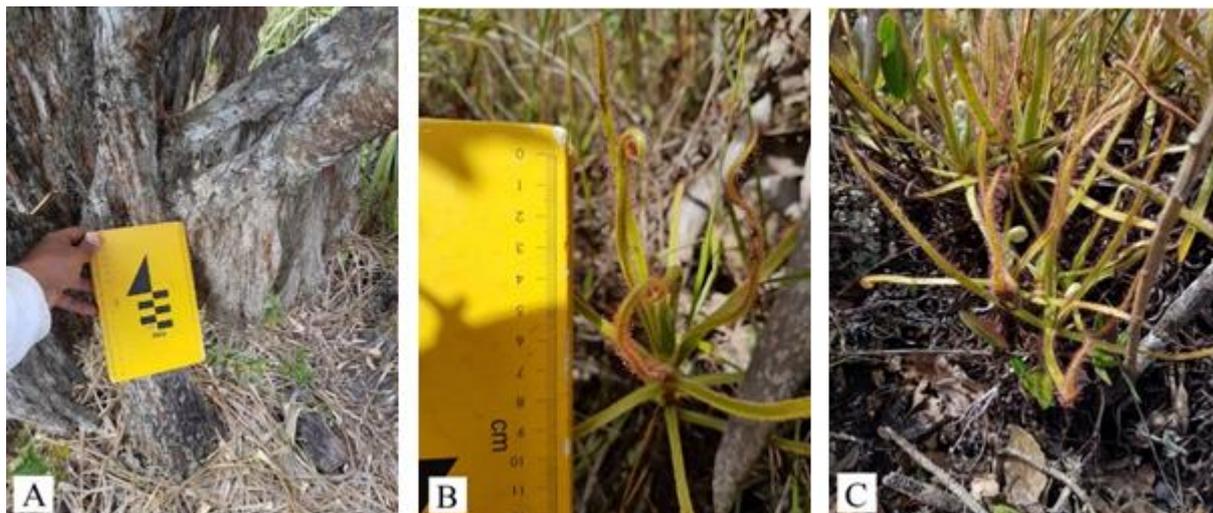


Figura 1.4: A) Área de coleta da amostra de solo "V". B) Área de coleta da amostra de solo "D2". C) Área de coleta da amostra de solo "D1". (Fotos por R. M. Oliveira).

1.5.3 Análise Mineralógica

A análise petrográfica da rocha obtida no trabalho de campo foi possibilitada por meio da confecção de uma lâmina polida delgada no Laboratório de Laminação (LAMIN) do Departamento de Geologia (DEGEO) da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). Além disso, também houve uma descrição macroscópica da amostra de rocha coletada com o auxílio de uma lupa e uma cartela de identificação de frações granulométricas fornecida pelo DEGEO, realizada ainda em campo.

A análise microscópica foi feita com o objetivo de adicionar informações da mineralogia de detalhe aos dados de composição dos sedimentos e da matéria orgânica subjacente, substrato no qual está fixada a planta carnívora gigante que é foco deste trabalho.

1.5.4 Análise por Difractometria de Raios X

Napolitano *et al.* (2007) ressaltam que para o entendimento da matéria a nível atômico, é importante que haja um conhecimento prévio do arranjo das moléculas dentro de um cristal, por exemplo. Entretanto, como o olho humano é incapaz de observar nessa escala de detalhe, é preciso usar alguns métodos analíticos, um deles é a difratometria de raios X (Figura 1.5).

O objetivo deste método, no trabalho, é confirmar, por meio da análise dos solos por difratometria de raios X, as fases minerais que os compõem os solos da Serra do Padre Ângelo. Ainda de acordo com Napolitano *et al.* (2007), o fenômeno da difração que é observado nas ondas eletromagnéticas aplicadas na amostra é identificado em cristais que variam de 0,4 a 2,0Å (0,04 a 0,2 nanômetros); o que representa um resultado mais detalhado do material que está sendo estudado.

Para que pudessem ser analisadas, as amostras de solo passaram por preparação física na seguinte ordem: quarteamento, peneiramento e pulverização. O quarteamento é uma técnica que tem

como objetivo reduzir a massa das amostras de maneira a torná-las mais homogêneas e representativas do todo e foi empregada com esse objetivo, enquanto o peneiramento foi feito com o auxílio de uma peneira comum apenas para a retirada da matéria orgânica grosseira. A pulverização, por sua vez, foi realizada em laboratório com o auxílio de um graal de porcelana.

Após a preparação, aproximadamente 5g de cada uma das 3 amostras de solo foram utilizados para a determinação mineralógica no Laboratório de Microscopia Óptica e Difratomia de Raios X do Departamento de Engenharia de Minas (DEMIN) da UFOP.

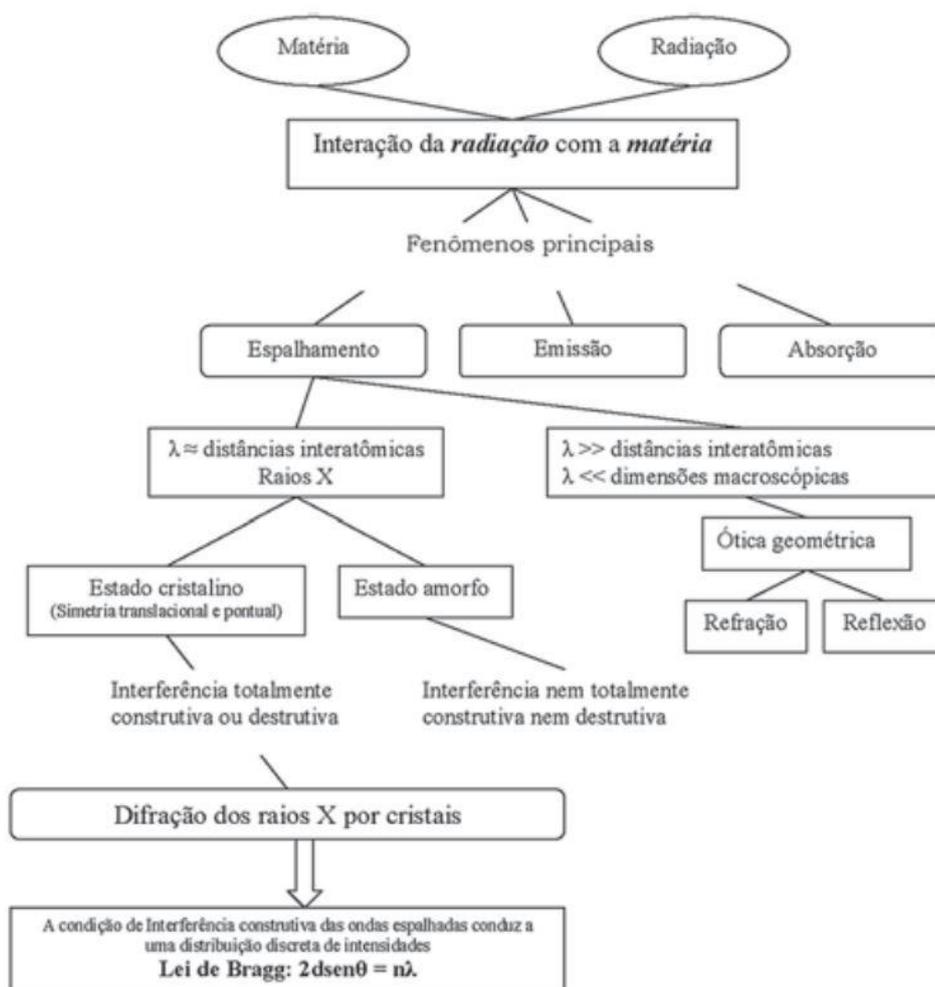


Figura 1.5: Organograma que mostra a relação hierárquica dos conceitos e fenômenos da interação da matéria e radiação na difratometria de raiox X. Fonte: Napolitano *et al.* (2007).

1.5.5 Análise Geoquímica

As análises geoquímicas foram utilizadas, neste estudo, a fim de complementar os outros métodos apresentados, além de fornecer informações da concentração geral de elementos químicos nos solos e na planta; dados que não são possíveis de se obter por meio apenas da difratometria de raios X. Para este trabalho, optou-se por digerir as amostras de solo “D1”, “D2” e “V” por duas metodologias

diferentes: por água régia (7,00 mL de HCl 37% p/p e 2,3 mL de HNO₃ 65% p/p) no método proposto pelo *Community Bureau of Reference-BCR* (modificado de Rauret *et al.* 2001) e pelo método da digestão total, que consiste na mistura de água régia e ácido fluorídrico (40% p/p) (Moutte 2003 *apud* Guimarães 2005). As análises foram realizadas no Laboratório de Geoquímica (LGqA) do DEGEO.

A digestão por água régia representa uma concentração de elementos “pseudo-total” das amostras, já que ela disponibiliza metais mais lábeis, metais de menor mobilidade associados aos óxidos cristalinos, sulfetos, matéria orgânica e silicatos mais alterados (Pereira *et al.* 2007). Portanto, a digestão por água régia não digere grande parte dos silicatos, representando, em grande parte, os elementos químicos mais disponíveis para a nutrição das plantas. Por outro lado, a digestão total, por ser realizada com ácidos mais fortes, é capaz de colocar em solução elementos que estejam associados com todas as frações geoquímicas, ou seja, as frações adsorvidas, trocáveis, oxidáveis, reduzidas e residuais (Aguar *et. al* 2007).

A digestão por Água Régia foi realizada nas etapas descritas por Guimarães (2005). Para cada amostra de solo foram pesados aproximadamente 1,0000 g de massa seca em um béquer, onde foi colocada uma pequena quantidade de água deionizada. Para serem digeridas, foram adicionados 9,30 mL de água régia nas amostras; essas foram homogeneizadas e o béquer foi tampado com vidro de relógio e ficou em temperatura ambiente por 16 horas. Na etapa posterior, o béquer foi colocado na placa aquecedora com temperatura entre 90 °C e 100 °C por 2 horas. Depois de resfriada, a mistura foi filtrada com papel de filtro quantitativo JP-41, marca *Quanty* e 9 cm de diâmetro. Os resíduos foram lavados com água deionizada e recolhidos em balão volumétrico de 50,00 mL para serem analisados.

Para a Digestão Total, as etapas utilizadas também foram descritas por Guimarães (2005). Foram utilizados 0,2500 g de cada uma das amostras, nas quais foram colocadas 3,00 mL de ácido clorídrico 10 mol/L e 1,00 mL de ácido nítrico 10 mol/L num frasco de teflon, que foi deixado em uma placa aquecedora a 100° até secar. Posteriormente, foi adicionado 2,00 mL de ácido fluorídrico, o frasco foi fechado e a mistura foi colocada, novamente, na placa aquecedora a 140 °C por 30 horas. Passado o tempo, o frasco foi retirado da placa e aberto após esfriar. Depois, o recipiente foi inserido na placa aquecedora a 110 °C até que a amostra secasse. Por duas vezes consecutivas, foram adicionados 2,00 mL de ácido nítrico e o frasco foi deixado na placa aquecedora em mesma temperatura até atingir a secura. O ácido clorídrico, 2,00 mL, foi adicionado posteriormente e a mistura foi deixada na placa aquecedora a 110 °C para secar novamente. Depois de seca, o frasco foi retirado da placa e adicionou-se 25,00 mL de ácido clorídrico, o recipiente foi fechado e agitado. A mistura foi colocada novamente na placa aquecedora a 100 °C por 2 horas e, depois desse período, foi pesada – após o resfriamento.

As amostras pulverizadas e digeridas foram, então, analisadas para teores de alumínio (Al), arsênio (As), bário (Ba), bismuto (Bi), cálcio (Ca), cádmio (Cd), cobalto (Co), cromo (Cr), cobre (Cu), ferro (Fe), potássio (K), lítio (Li), magnésio (Mg), manganês (Mn), molibdênio (Mo), sódio (Na), níquel (Ni), fósforo (P), chumbo (Pb), enxofre (S), antimônio (Sb), escândio (Sc), estrôncio (Sr), tório (Th),

titânio (Ti), vanádio (V), ítrio (Y), zinco (Zn) e zircônio (Zr) por Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES).

O ICP-OES, utilizado para analisar as amostras encaminhadas ao LGqA, onde encontra-se em operação um ICP-OES Agilent/725, é um método utilizado para a determinação multielementar em amostras complexas por meio da emissão de átomos e íons excitados. Esse método possui diversas vantagens inerentes à técnica, como a alta precisão, exatidão, sensibilidade, rapidez e a realização de análises simultâneas (Soares *et al.* 2010).

Para a análise química da planta, foram utilizadas as raízes da *Drosera magnifica* coletadas, com o auxílio de uma pinça, da amostra de solo “D1”, já que essa se encontrava logo abaixo da planta. As raízes foram separadas do solo, lavadas com água desmineralizada para retirar as impurezas, secas em condições ambiente e maceradas em graal de porcelana (Figura 1.6) antes de serem encaminhadas ao LGqA.

Em laboratório, foi pesada cerca de 0,2500 g de raízes (amostra “P”) previamente seca à 50 °C por 3 horas (em estufa de secagem). Posteriormente, foram adicionados 9 mL de ácido nítrico 4 mol/L (PA ACS ISO) e 2 mL de peróxido de hidrogênio 30% (PA ACS ISO) e essa mistura foi mantida em pré-digestão (temperatura ambiente e capela de exaustão) por 24 h. Após a pré-digestão, a amostra foi submetida à digestão por micro-ondas em condições operacionais de aquecimento propostas por Ospina (2019). Depois de resfriada, a solução foi então homogeneizada, pesada e analisada também por ICP OES.

Para entender o comportamento das substâncias encontradas nas raízes da *Drosera magnifica* e no solo circundante, foi utilizado o Coeficiente de Absorção Biológica. Foram utilizadas, para isso, as concentrações de elementos químicos nos solos digeridos por Água Régia e na planta de acordo com a equação proposta por Antoni e Alow (2001):

$$CAB = \frac{[M]_{raiz}}{[M]_{solo}}$$

Onde:

CAB: Coeficiente de Absorção Biológica do sistema raiz – solo;

[M]_{raiz}: concentração de elementos na matéria seca das raízes da planta (mg/kg);

[M]_{solo}: concentração de elementos no solo próximo à planta (D1).

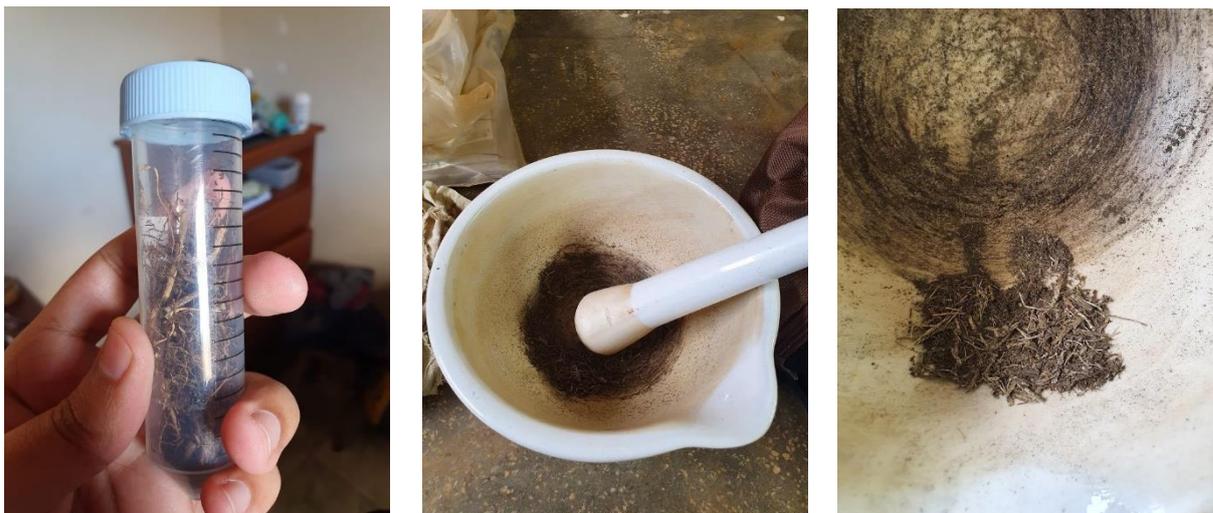


Figura 1.6: A) Amostras de raiz coletadas do solo "D1" já lavadas; B) Graal de porcelana utilizado para macerar as raízes secas; C) Raízes maceradas prontas para a digestão em laboratório.

1.5.6 Análise Geofísica

Os métodos geofísicos, se empregados em conjunto com as informações geológicas de uma determinada área, são uma poderosa ferramenta no entendimento das propriedades dos corpos rochosos. Uma vez realizados levantamentos geofísicos aéreos, existe a possibilidade de combinar esses dados para obter, em diversos pontos, as propriedades físicas dos materiais que se encontram em subsuperfície. Sendo assim, pretende-se utilizar a geofísica, em conjunto com os resultados dos métodos anteriores, para compreender o comportamento geológico da área de estudo em uma escala maior.

Blakely (1996) explica que a magnetometria, por ser um método que investiga a susceptibilidade magnética das rochas e o campo magnético natural da Terra, é considerado um método potencial. Nele, busca-se medir variações espaciais no campo magnético (Kearey *et al.*, 2011) para poder correlacionar, dessa maneira, com os minerais presentes nas rochas.

O método da radiometria, por sua vez, consiste em medir a radiação emitida pelos isótopos radioativos de Potássio, Urânio e Tório nas camadas mais superficiais do substrato. Apesar de serem muitos os elementos considerados radioativos, somente os isótopos ^{238}U , ^{232}Th e ^{40}K são considerados nos levantamentos radiométricos, já que são os únicos que emitem radiação suficiente para serem detectados nos levantamentos aéreos (Minty 1997, Kearey *et al.* 2009).

Para a geração dos mapas geofísicos, foram utilizados, como base, os levantamentos aerogeofísicos de Minas Gerais do projeto 2008/2009 realizados pela Codemig (Figura 1.7). Os dados magnetométricos e gamaespectrométricos utilizados são da Área 12 (Teófilo Otoni – Governador Valadares – Caratinga). O levantamento em questão recobre 87.793 km² da porção centro-leste do estado de Minas Gerais (Codemig 2009).

Para a análise geofísica da região pelos métodos da radiometria e magnetometria, foram gerados mapas no *Oasis Montaj 8.4* – um *software* eficaz na elaboração de mapas, *grids* e que permite a integração dos dados com o *software ArcGIS*, também utilizado na análise dos mapas.

Os dados utilizados na confecção dos mapas magnetométricos foram previamente processados pela CPRM, estando, portanto, já em uma base de dados comum, com subtração do *International Geomagnetic Reference Field (IGRF)* e remoção do *trend* regional. Dentro do *software Oasis Montaj 8.4*, os dados, em formato *.gdb com base no Campo Magnético Anômalo, foram processados com base na Transformada Rápida de Fourier e aplicados à rotina WinXY. Por fim, foi feita uma interpolação pelo método de mínima curvatura, obtendo como resultado o mapa magnetométrico de Campo Anômalo.

De maneira análoga à magnetometria, os mapas radiométricos também foram gerados por meio do *Oasis Montaj 8.4*, em formato *.gdb e aplicados à rotina WinXY para delimitação da área de interesse e geração dos grids. Os dados também passaram por interpolação pelo método de mínima curvatura, além de uma filtragem que resultou nos mapas dos canais do Tório, Potássio e Urânio, Contagem Total, de razões Th/K, U/K e U/Th e na imagem ternária.

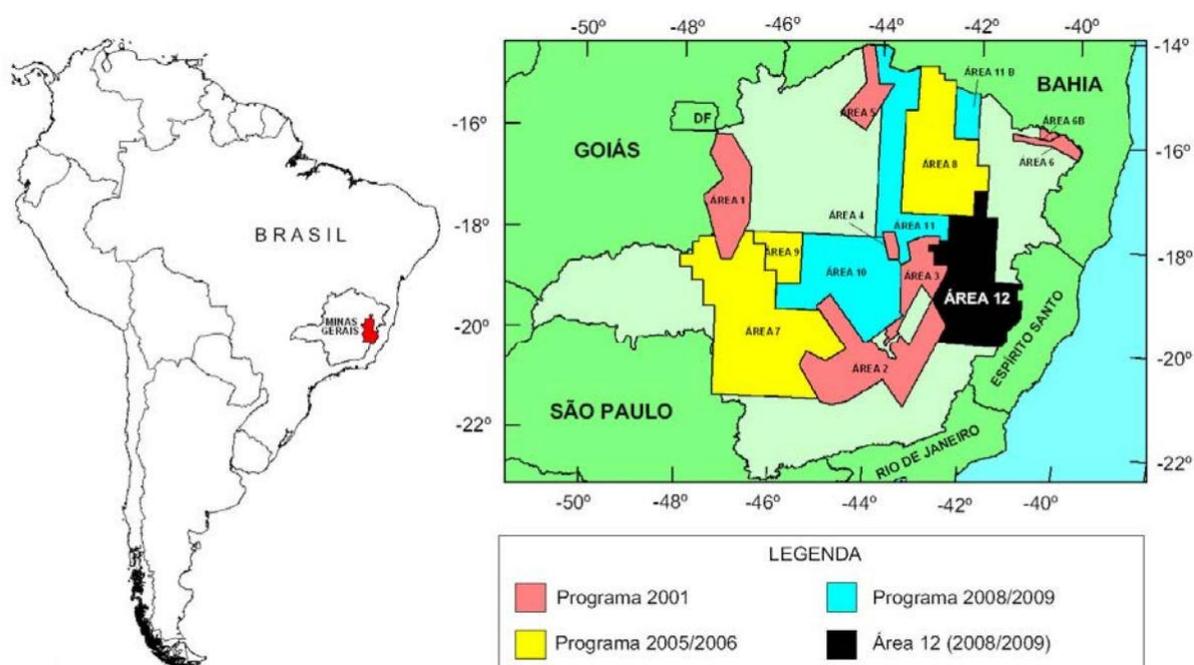


Figura 1.7: Mapa com a localização das áreas de realização dos aerolevantamentos magnetométricos e radiométricos realizados pela Codemig, incluindo a área 12 – foco deste trabalho. Fonte: Codemig (2009).

1.5.7 Geração de mapas locais

Para a geração dos mapas de localização da Serra do Padre Ângelo, foi utilizado o *software ArcMap 10.8*. As imagens são fornecidas pelo serviço *World Imagery Basemap* e estão disponíveis por

meio do *ArcGIS Online*. Para este trabalho, foram gerados dois mapas de localização, que contam também com as shapefiles do estado de Minas Gerais e do município de Conselheiro Pena, disponíveis no site da Infraestrutura Estadual de Dados Espaciais de Minas Gerais.

Foi gerado, também, um mapa hipsométrico em formato TIN (Rede Triangular Irregular), da serra. Este mapa foi possível por meio da utilização do Modelo Digital de Elevação (MDE) da área em resolução de 12,5 metros, disponível na plataforma Alaska Satellite Facility – ASF. O MDE representa as altitudes da superfície topográfica, agregadas à elementos geográficos existentes sobre elas – como a cobertura vegetal e edificações. Aberto o MDE no ArcMAP, foram geradas curvas de nível com 10 metros de espaçamento e, com elas, por meio da ferramenta *Create TIN*, foi gerado o mapa de elevação em formato TIN.

O mapa hipsométrico em formato TIN é de grande importância para extrair informações a respeito das cotas topográficas da área de estudo e também serve como um mapa complementar para a análise e comparação dos resultados.

CAPÍTULO 2

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

2.1 CONTEXTO GEOTECTÔNICO

A região de estudo está localizada na Faixa Araçuaí, que se encontra no limite do Cráton São Francisco em um cinturão de dobras e falhas relacionadas à Orogenia Brasileira. O Orógeno Araçuaí-Congo Ocidental está relacionado com sistemas tectônicos neoproterozoicos que eram adjacentes no Gondwana Ocidental e que, hoje, estão separados pelo Atlântico Sul (Alkmim *et al.* 2006).

2.2 GEOLOGIA REGIONAL

2.2.1 Estratigrafia

As rochas que afloram na área estão dispostas de acordo com a sequência:

- O embasamento, formado por aglutinação de blocos crustais arqueanos no Paleoproterozoico em um processo orogênico, é formado por granitoides e complexos metamórficos, com idades mais antigas que 1.8 Ga (Noce *et al.* 2007).
- O Supergrupo Espinhaço compreende sequência rochosa de aproximadamente 6 km de espessura que possui, em sua composição, arenitos, conglomerados, pelitos e rochas vulcânicas ácidas e básicas. O arcabouço estrutural é dominado por dobras e falhas de empurrão com vergência para o Cráton do São Francisco (Alkmim *et al.* 1996).
- O Grupo Macaúbas (Pedrosa-Soares *et al.* 2001) trata-se de uma unidade com rochas plutônicas, vulcânicas e metassedimentares. Esses litotipos – metassedimentares – foram depositados no contexto do rifte precursor do Orógeno Araçuaí.
- O Grupo Rio Doce é definido por Barbosa *et al.* (1964) como um grupo com predominância de quartzitos, xistos, gnaisses e anfibolitos. Vieira *et al.* (2004, 2006) subdividem esse grupo, posteriormente, da base para o topo, nas formações: Tumiritinga, São Tomé, Palmital do Sul e João Pinto, anunciando também a descoberta de rochas vulcânicas.

2.3 GEOLOGIA LOCAL

As rochas que formam a Serra do Padre Ângelo constituem o Grupo Rio Doce (Figura 2.1). As formações referentes à serra são: Formação João Pinto, Formação Palmital do Sul, além disso, ainda afloram rochas da Suíte Intrusiva Galiléia nas regiões adjacentes à serra. A CPRM (2000) apresenta, no Projeto Leste de Minas Gerais, as características específicas dessas rochas.

Mapa Geológico da área de estudo

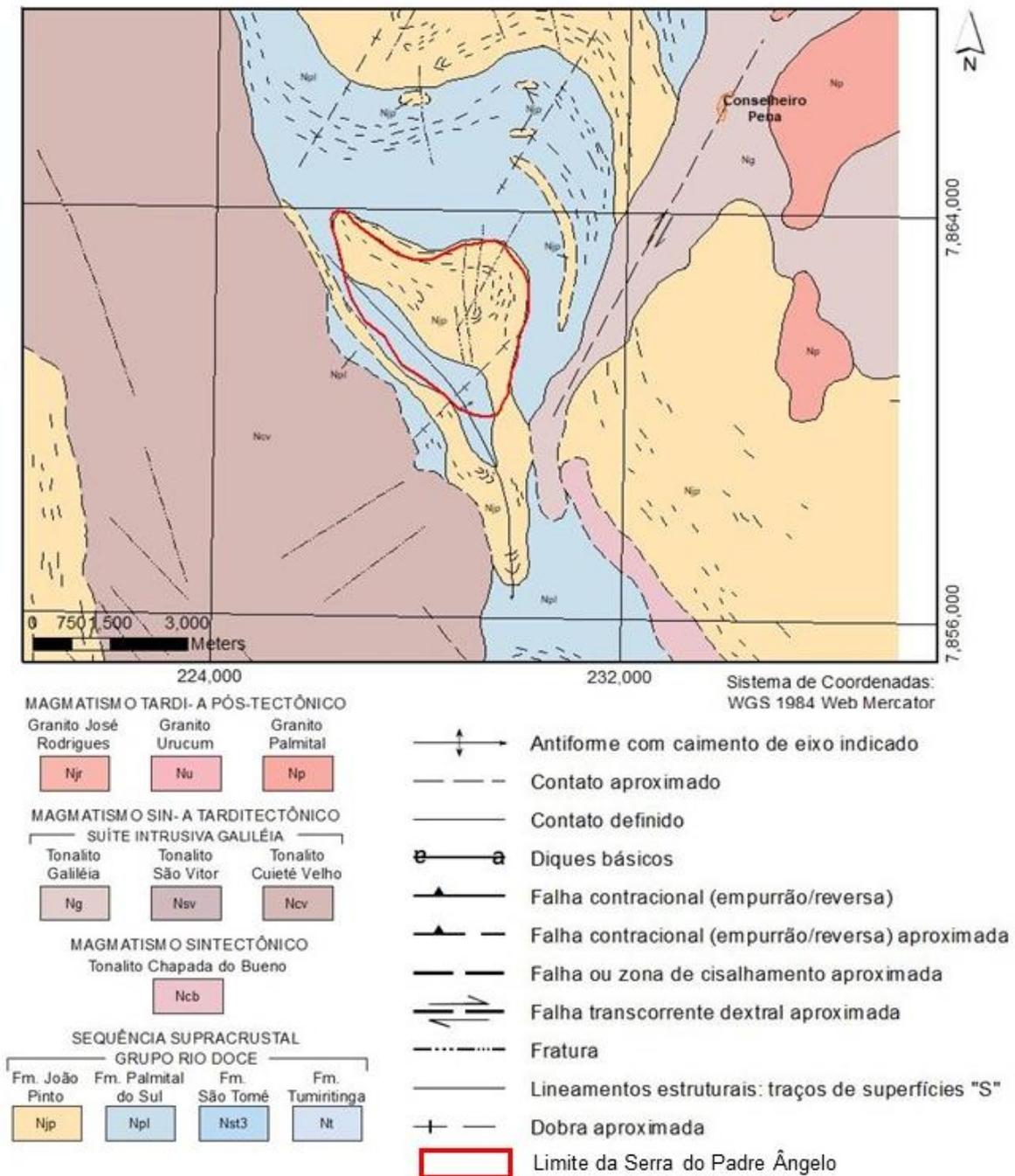


Figura 2.1: Mapa geológico da área de estudo. Modificado de Féboli *et al.* (2014).

2.3.1 Formação João Pinto

Há, nessa formação, predominância de quartzitos, esbranquiçados e amarelados, de granulação fina a grossa, intensamente dobrados. São, geralmente, puros, mas podem ser micáceos e conter porções mais ferruginosas, com óxidos de ferro visíveis a olho nu. Em algumas áreas, os quartzitos adquirem características gnáissicas devido à intercalação com os gnaisses da Formação São Tomé (CPRM 2000).

2.3.2 Formação Palmital do Sul

De acordo com a CPRM (2000), as melhores áreas para se observar a ocorrência das rochas dessa formação são aquelas próximas ao ribeirão do Padre Ângelo. A Formação Palmital do Sul caracteriza-se, primordialmente, pela presença de quartzitos, biotita xistos, gnaisses e até pegmatitos (encontrados no centro-sul da Folha Itanhomi).

2.3.3 Suíte Intrusiva Galiléia

Os dados obtidos pela CPRM no Projeto Leste de Minas Gerais (2000) identificam as rochas dessa suíte como sendo granitos, normalmente pouco deformados e com feições magmáticas bem preservadas, que estão em contatos intrusivos com os metassedimentos do Grupo Rio Doce. Além disso, Pedrosa-Soares *et al.* (1998) e Nalini Jr. (1997) ainda propõem implicações tectônicas relacionadas a fusões mantélicas e crustais em um regime transpressional, em um processo de colisão continental.

2.4 FISIOGRAFIA

2.4.1 Solo

O Mapa de solos do estado de Minas Gerais (Amaral 2004) indica, na porção leste do estado, a presença predominante dos Latossolos Vermelhos e, nas áreas próximas à Serra do Padre Ângelo, dos Neossolos Litólicos.

Os Latossolos Vermelhos são apresentados, no Sistema Brasileiro de Classificação de solos (Embrapa 2018) como sendo solos compostos por material mineral, com horizonte B latossólico (que apresentam elevado grau de intemperismo), possuindo um horizonte A nos primeiros 200 cm de perfil a partir da superfície do solo. A característica avermelhada, por sua vez, se dá devido à coloração apresentada nos primeiros 100 cm desses solos.

Os Neossolos (Embrapa 2018) são solos pouco evoluídos e podem ser compostos por material mineral ou matéria orgânica, não possuindo um horizonte B diagnóstico e não passando dos 20 cm de espessura. Classifica-se, então, como Neossolos Litólicos, aqueles que possuem o horizonte A em contato direto com a rocha ou com material que é composto 90% por fragmentos grosseiros de rocha.

2.4.2 Vegetação

O bioma da região estudada é a Mata Atlântica, que possui como característica marcante a grande biodiversidade, sendo um dos 25 *hotspots* mundiais nesse aspecto. Tabarelli (2005) ressalta que, associados a esse bioma, são encontrados mangues, restingas e formações campestres de altitude.

Jordy Filho (1987) relata a vegetação da porção leste do estado de Minas Gerais como Floresta Estacional Semidecidual (Floresta Tropical Subcaducifolia), característica de regiões com duas estações bem marcadas – a chuvosa e a seca. Existe, ainda, deficiência hídrica nessa porção do estado; a

Oliveira, R. M. 2021, Fatores geológicos e fisiográficos que condicionam...

vegetação é, portanto, adaptada à essa condição, mantendo-se viva por um período de até 120 dias na estiagem. As árvores perdem suas folhas nos períodos de seca – são caducifólias – e possuem cascas corticosas. A Serra de Padre Ângelo, de maneira distinta do entorno, possui elevadas altitudes e, por isso, a vegetação torna-se mais rasteira a medida em que as cotas aumentam.

2.4.3 Hidrologia

A Serra do Padre Ângelo, foco do trabalho, está localizada na bacia do rio Doce, na porção média dessa área (Figura 2.2). De acordo com a Agência Nacional das Água (ANA 2016), o rio Doce é formado pelo encontro do rio Piranga com o rio do Carmo, com um curso de 888 km desde a nascente do rio Xopotó até a foz no Oceano Atlântico, no município de Linhares – ES. Grande parte da bacia, cerca de 98%, está inserida no bioma da Mata Atlântica, enquanto 2% fica no Cerrado.



Figura 2.2: Localização da área de estudo na bacia do rio Doce. Modificado de CBH-Doce 2010.

De acordo com o Plano integrado de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Doce – PIHR Doce (CBH-Doce 2010) essa bacia possui uma área total de 86.711 km², abarcando 229 municípios, cujas principais atividades econômicas estão relacionadas com a mineração, siderurgia, silvicultura e agropecuária. Além, disso, têm-se os problemas da contaminação por esgotos domésticos, a erosão e o assoreamento como os principais relacionados à gestão dos recursos hídricos. O PIRH (2010) ainda descreve o padrão variável do canal, incluindo segmentos com meandros, porções mais retilíneas e

outras anastomosadas. As planícies flúvias, normalmente cobertas por material arenoso a argilo-arenoso, são inundadas em eventos excepcionais.

2.5 CLIMA

O clima do leste mineiro é apresentado por Freitas e Pereira (1987). Na região, as médias térmicas anuais são maiores que 19 °C. Nos meses mais quentes as temperaturas podem atingir até 26 °C, embora também existam médias menores em algumas porções, apesar de a altitude média não ultrapassar os 900m de altitude.

A pluviosidade média anual decresce de leste para oeste na porção leste do estado. Os períodos mais chuvosos, de maneira geral, estão entre os meses de novembro, dezembro e janeiro, sendo o verão a estação com maior pluviosidade, enquanto no inverno há menor ocorrência de chuvas. A distribuição anual da pluviosidade é de 1200 mm nas porções mais a leste, podendo chegar a 750 mm na extremidade noroeste. Em conformidade com a região leste, há, em Conselheiro Pena, o clima tropical quente semiúmido com temperaturas médias anuais de, aproximadamente, 22,8 °C.

2.6 GEOMORFOLOGIA

A Serra de Padre Ângelo faz parte da Unidade Geomorfológica Maciços do Caparaó, definida por Mendes *et al.* (1987) *apud* CPRM (2000). A serra é caracterizada como um alongado corpo de quartzito – com crista alongada e íngreme – que sustenta o relevo e que, em contraste com as cotas médias para essa unidade, de 500 a 800 metros de altitude, pode atingir até 1530 metros no Parque Estadual dos Sete Salões.

A região possui uma rede de drenagens que esculpe o relevo e é, também, controlada por lineamentos que cortam toda a área. Os afluentes que compõem a bacia do Rio Doce são os agentes que moldam a morfologia da Serra do Padre Ângelo e o entorno. De maneira geral, tem-se morrarias formadas por corpos de quartzitos e granitos sendo esculpidos pelas drenagens locais.

2.7 A ÁREA DE OCORRÊNCIA DA *DROSERA MAGNIFICA*

Gonella (2015) descreve o habitat da *Drosera magnifica* como sendo específico do topo da Serra do Padre Ângelo. Além disso, ressalta que os indivíduos dessa planta aparecem entre campos rupestres e campos de altitude, em solos compostos por matéria orgânica e areia sobre quartzito, com maior número de indivíduos concentrados em uma área na encosta sul dessa serra (Figura 2.3), em cotas entre 1500 e 1530 metros. Há, também na região de ocorrência da planta, grande umidade devido à condensação dos ventos de elevação.



Figura 2.3: Imagem da vegetação no topo da Serra do Padre Ângelo com foco na área de ocorrência da *Drosera magnifica*. (Foto por R. M. Oliveira).

CAPÍTULO 3

A PEDOLOGIA E OS ORGANISMOS VIVOS

3.1 O SOLO

Lepsch (2011) utiliza a definição dos solos apresentada pelo *Soil Survey Manual* (1951):

“A coleção de corpos naturais que ocupam partes da superfície terrestre, os quais constituem um meio para o desenvolvimento das plantas e que possuem propriedades resultantes do efeito integrado do clima e dos organismos vivos, agindo sobre o material de origem e condicionado pelo relevo durante certo período de tempo”.

O solo é, portanto, produto da interação entre as rochas e a biosfera, num contínuo processo de modificações complexas que envolvem processos físicos, químicos e biológicos.

Os solos são compostos, de maneira geral, por minerais, matéria orgânica, água e ar. Os minerais são constituintes dos solos advindos da desintegração das rochas. A matéria orgânica também aparece como componente sólido desse material. Finalmente, da interação das porções sólidas do solo (minerais e matéria orgânica), têm-se os poros, que podem ser preenchidos por água ou por ar (Lepsch 2011).

3.2 INTEMPERISMO E A FORMAÇÃO DOS SOLOS

Segundo Santos (2014), os solos devem ser entendidos como produtos do intemperismo com outros fatores associados. O intemperismo, por sua vez, depende de fatores como: cobertura vegetal, disponibilidade de água, relevo e, até mesmo, variações de Eh e Ph. Além disso, a textura e composição das rochas também desempenha um importante papel no intemperismo, deixando, como produtos, os minerais mais resistentes, como o zircão e a turmalina, minerais neoformados (como os argilominerais) e elementos de alta mobilidade, a exemplo de Na^+ , K^+ , Mg^{+2} , Ca^{+2} , além dos ânions Cl^- , SO_4^{-2} , HCO_3^- .

Uma vez que os minerais, em superfície, se encontram em condições de temperatura e pressão distintas daquelas que foram formados, o intemperismo serve como uma maneira de estabelecer novas relações de estabilidade para os componentes desses minerais, seguindo a série de Goldish (Figura 3.1) e levando à formação de novos minerais (Figura 3.2).

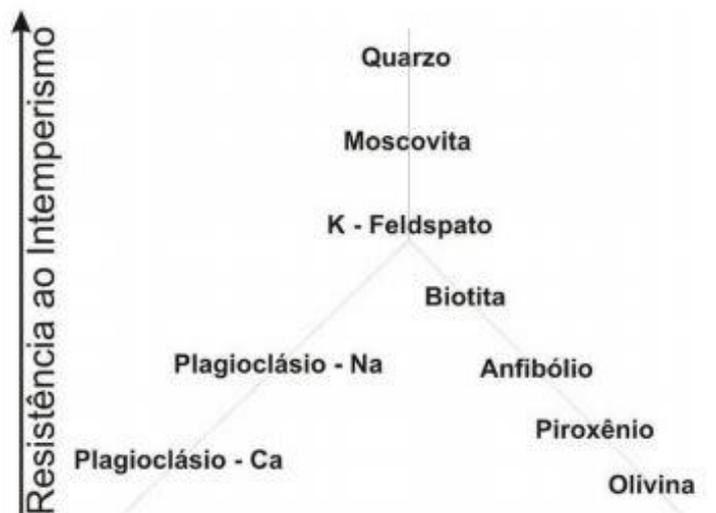


Figura 3.1: Resistência dos principais silicatos formadores de rocha ao intemperismo de acordo com a Série de Goldish. Fonte: Santos 2014.

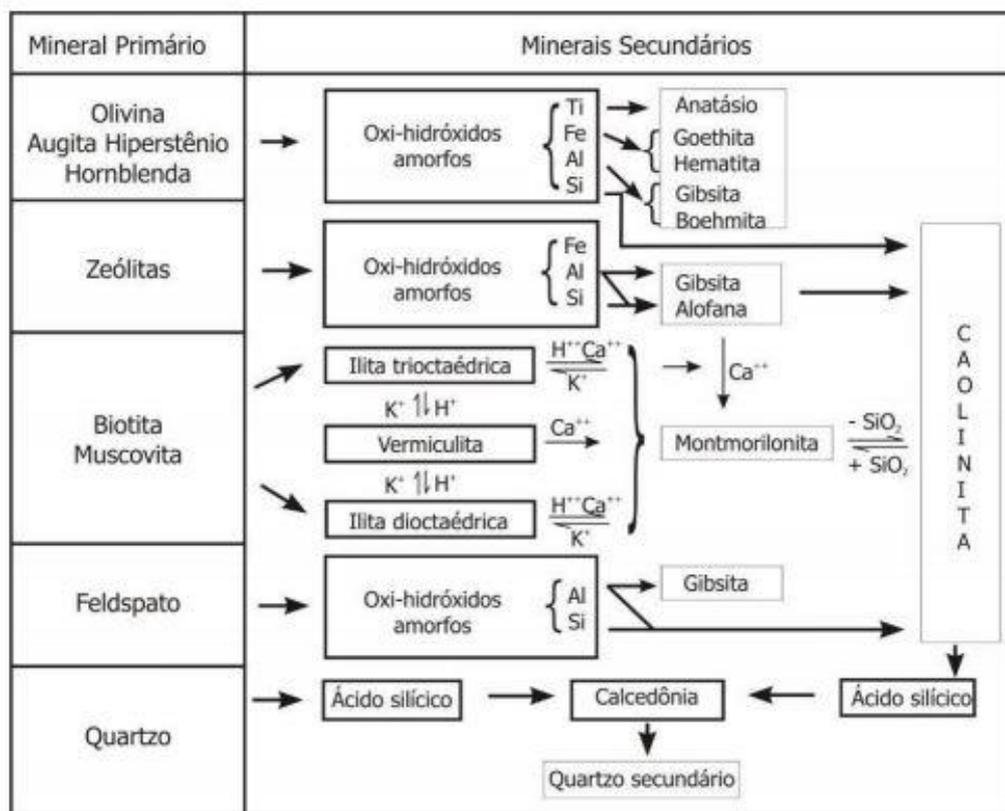


Figura 3.2: Intemperismo de alguns minerais primários. Fonte: Hawkes & Webb 1962 in Santos 2014.

A pedogênese também envolve processos como a transformação, remoção, translocação, adição e gleização, havendo sempre o predomínio de alguns desses dependendo das características locais e do material que compõe o solo. É importante ressaltar, ainda, que mecanismos pedogenéticos mais específicos também podem ocorrer, como o halomorfismo (sais são trazidos das elevações vizinhas pela

enxurrada ou pelo lençol freático), tiomorfismo (presença de materiais sulfídricos ou horizonte sulfídrico dentro de 100 cm a partir da superfície), latolização (translocação de material de horizontes superiores – A ou E, acumulando-se no horizonte B), dentre outros.

Santos (2014) ainda explica que fatores como o clima, material parental, topografia e o tempo são parâmetros fundamentais na formação dos solos e quanto mais efetivos, maiores serão os perfis de solos formados. A evolução desses perfis, entretanto, não se dá de maneira constante, havendo períodos de transformações e durações variáveis durante o tempo, como explica Nascimento (2007).

3.3 RELAÇÃO ENTRE O SOLO E AS PLANTAS

Sabe-se que os solos são produtos do intemperismo das rochas, entretanto, outros fatores devem ser levados em consideração. Castro (1986) pontua o reino vivo como fator indispensável na formação dos solos, visto que ocorre, concomitantemente as ações meteóricas na superfície das rochas, a atividade de organismos vivos, fato que impede a erosão do material necessário para os processos pedogenéticos.

Brady *et al.* (2009) fazem um apanhado das características do solo que possibilitam a fixação das plantas e o crescimento dessas. A primeira constatação trata da sustentação física; uma vez ancorado, o sistema radicular não permite que as plantas tombem. Além disso, a rede de poros dos solos permite que ocorra a entrada de O₂ e a saída de CO₂, provenientes do processo de respiração das raízes. Os poros são importantes, ainda, na retenção de água da chuva, que é utilizada tanto para a fotossíntese quanto para o transporte de nutrientes no interior das plantas. Os nutrientes minerais representam outro fator indispensável na relação entre o solo e os vegetais; eles podem ser metálicos, como potássio, cálcio, ferro e cobre e não metálicos, como nitrogênio, fósforo, enxofre e boro. As plantas, diferente dos animais, absorvem esses elementos de maneira direta do solo, transformando-os, posteriormente, em tecido vegetal.

Para que ocorra a absorção dos nutrientes pelas plantas, o elemento deve estar de forma solúvel e em contato com a raiz delas. As raízes, ao crescerem e adentrarem no solo, buscam o contato com os elementos nele contidos, embora os íons nutrientes também se movam pelo solo num processo chamado de fluxo de massa, no qual eles são transportados junto com a água até a raiz, sendo sugados posteriormente. Além disso, os nutrientes também podem se movimentar por difusão, partindo de zonas de maior concentração para porções de menor concentração. A absorção dos nutrientes é um processo metabólico ativo para as plantas e pode ser inibido por excesso de água, compactação do solo, temperaturas extremas e baixa translocação de açúcares para as raízes das plantas (Brady *et al.* 2009).

3.4 ELEMENTOS QUÍMICOS NO SOLO

Os solos são formados por três fases, sendo elas: sólida, líquida e gasosa. Na fase sólida, existe a presença das frações granulométricas areia, silte, argila e cascalho. De acordo com Santos (2014), a

areia e o silte são representados pelos minerais primários ou resistatos – já que resistem as condições físico-químicas, enquanto a fração argila é composta pelos argilominerais, ou minerais neoformados.

Os minerais na fração argila, juntamente com a matéria orgânica, são os maiores responsáveis pela mobilidade dos elementos químicos no solo devido à capacidade de trocas catiônicas (CTC). Em se tratando das argilas, podem haver variações nessas características devido a estrutura de cada tipo de mineral. A matéria orgânica, por outro lado, apresenta grande CTC devido a presença de grande quantidade de cargas negativas superficiais. Anand (2005) explica que as camadas 2:1 das esmectitas podem ser compatíveis com os raios iônicos dos cátions Mg^{+2} , Al^{+3} e Fe^{+3} , fazendo com que seja possível a hospedagem de elementos traços durante o processo de intemperismo. Dessa maneira, têm-se as argilas e a matéria orgânica como uma importante barreira geoquímica, sendo os locais preferenciais para a amostragem em um perfil de solo.

3.5 ELEMENTOS IMPORTANTES PARA A NUTRIÇÃO DAS PLANTAS

Dechen & Nachtigall (2007) fazem uma abordagem completa da importância dos elementos químicos para a nutrição das plantas. Eles ressaltam que são 17 os principais elementos envolvidos nos processos essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas, sendo eles: carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo), níquel (Ni) e zinco (Zn). Além desses, ainda pode-se citar o sódio (Na), silício (Si), selênio (Se) e cobalto (Co) como importantes para o desenvolvimento de alguns vegetais.

Esses elementos são, por sua vez, divididos em dois grupos: os macronutrientes e os micronutrientes. Os macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) são absorvidos em maiores quantidades, enquanto a exigência pelos micronutrientes (B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Zn) é menor, sendo absorvidos em quantidades menores.

Dechen & Nachtigall (2007) ainda fazem uma tabela com um compilado de informações a respeito das concentrações consideradas ideais desses elementos no solo (Tabela 3.1) para que seja possível avaliar, levando-se em consideração os tipos de plantas e solos, se há disponibilidade de nutrientes para que ocorra uma absorção adequada.

Tabela 3.1: Relação dos elementos essenciais as plantas, com as concentrações médias na matéria seca da parte aérea e os respectivos autores que demonstraram a essencialidade e o ano em que ocorreu a descoberta (Fonte: Dechen & Nachtigall 2007).

Elemento	Concentração na matéria seca	Demonstração da essencialidade	
		Autor	Ano
	g kg ⁻¹		
Carbono (C)	450	Saussure	1804
Oxigênio (O)	450	Saussure	1804
Hidrogênio (H)	60	Saussure	1804
Nitrogênio (N)	15	Saussure	1804
Potássio (K)	10	Sechs & Knop	1860, 1865
Cálcio (Ca)	5	Sechs & Knop	1860, 1865
Fósforo (P)	2	Ville	1860
Magnésio (Mg)	2	Sechs & Knop	1860, 1865
Enxofre (S)	1	Sechs & Knop	1865
	mg kg ⁻¹		
Cloro (Cl)	100	Broyer <i>et al.</i>	1954
Manganês (Mn)	50	Mazé, McHargue	1915, 1922
Boro (B)	20	Warington	1923
Zinco (Zn)	20	Sommer & Lipman	1926
Ferro (Fe)	10	Sachs & Knop	1860, 1865
Cobre (Cu)	6	Lipman & McKinney	1931
Níquel (Ni)	3	Brown <i>et al.</i>	1987
Molibdênio (Mo)	0,1	Amon & Stout	1939

Baseado nos elementos classificados como importantes para a nutrição das plantas, será apresentada, a seguir, a importância biológica de alguns deles, de acordo com Dechen e Nachtigall (2007).

Em se tratando dos macronutrientes, têm-se o fósforo, que é absorvido pelas plantas em sua forma iônica, como ânion monovalente H^2PO_4^- e, secundariamente, como ânion divalente HPO_4^{2-} ; ele possui importante função na fotossíntese, crescimento celular, armazenamento de energia e outras funções vitais para esses seres vivos. O potássio, por outro lado, é absorvido do solo em sua forma iônica (K^+) e é o cátion que possui maior concentração nas plantas, participando ativamente na fotossíntese e processos metabólicos dos vegetais (Dechen e Nachtigall 2007).

O cálcio é o macronutriente responsável pelo crescimento de algumas partes das plantas e impede danos à membrana celular, sendo absorvido do solo como cátion Ca^{2+} . O magnésio, além de ser o elemento mais abundante na crosta terrestre, é também fundamental no metabolismo de diversos seres vivos. Esse elemento fica disponível para os vegetais na forma de Mg^{2+} e sua abundância favorece a ativação de reações enzimáticas. O enxofre é principalmente absorvido em sua forma inorgânica SO_4^{2-} e é um constituinte de aminoácidos, proteínas e a clorofila.

O boro é um micronutriente absorvido pelas plantas no ácido bórico H_3BO_3 e como ânion borato $B(OH)_4^-$, ele é mais comumente incorporado pelos vegetais em sua fase jovem, não havendo muita concentração e distribuição em indivíduos mais adultos, apesar disso, é importante em reações enzimáticas. O cloro, que pode ter diversas origens, pode ser absorvido pelas raízes ou de maneira aérea em sua forma Cl^- . Esse elemento é fundamental no processo que libera O_2 durante a fotossíntese.

O cobre é um elemento que constitui algumas enzimas das plantas e é encontrado em baixas concentrações nos tecidos vegetais, sendo absorvido, predominantemente, na forma divalente Cu^{2+} . Há, ainda, evidências de que o Cu iniba a absorção do Zn (Bowen 1969). O ferro pode ser absorvido nas formas de Fe^{2+} , Fe^{3+} e Fe-quelato, sendo processos metabolicamente controlados; a função desse elemento é a ativação de enzimas. O manganês, por sua vez, é absorvido na forma de Mn^{2+} e encontra-se também dessa maneira nas plantas e tem sua função também relacionada com a ativação de enzimas para que ocorra a síntese da clorofila.

O molibdênio é absorvido como ânion MoO_4^{2-} de maneira proporcional à sua concentração no solo, mas pode ter sua absorção dificultada pela competição com o SO_4^{2-} (Reisenauer 1963), ele é um elemento que compõe algumas enzimas das plantas. O níquel normalmente apresenta baixas concentrações nos solos, sendo absorvido na forma divalente (Ni^{2+}) e atuando na decomposição da ureia para amônio e CO_2 . Por fim, tem-se o zinco, que é um micronutriente absorvido na forma de Zn^{2+} que é encontrado em baixas concentrações nas plantas (maior nas raízes) e está relacionado com processos enzimáticos das plantas.

3.6 AS PLANTAS CARNÍVORAS

Não se sabe ao certo quando houve o surgimento da maneira de alimentação carnívora nas plantas. Benzig (1987), entretanto, faz importantes observações a respeito da diferença entre as plantas carnívoras e os demais vegetais da biosfera. Sabe-se que, devido à predação das plantas carnívoras, alguns nutrientes como nitratos e fosfatos são dispensáveis para o crescimento delas, fato que possibilita a sobrevivência em ambientes que possuem ausência de alguns nutrientes. Outras características das plantas carnívoras são: a ocorrência em ambientes úmidos ou sazonalmente úmidos e a menor dependência da fotossíntese para se manterem vivas, embora elas não sobrevivam em ambientes totalmente escuros.

3.7 A *Drosera magnifica*

Drosera é um gênero botânico da família *Droseraceae*, o termo “magnifica”, por sua vez, refere-se à exuberância da planta. A *Drosera magnifica*, conhecida popularmente por “orvalhinha”, é primeira planta a ser descoberta por meio das redes sociais. Em 2012, o orquidófilo Reginaldo Vasconcelos postou uma foto da planta no *Facebook*, imagem que, mais tarde, despertou o interesse dos

pesquisadores Paulo Gonella e Andreas Fleischmann, que foram a campo estudá-la (Gonella *et al.* 2015). A “orvalhinha” é a uma das três maiores do seu gênero e a maior espécie de *Drosera* nas américas.

Gonella *et al.* (2015), então, fizeram um estudo pioneiro sobre a *Drosera magnifica*, bem como de sua distribuição. Entende-se que se trata de uma planta carnívora microendêmica da Serra do Padre Ângelo, ocorrendo, de maneira mais recorrente, na encosta sul do cume da serra em elevações entre 1500 e 1530 metros. O substrato no qual a orvalhinha está instalada são solos ricos em material desagregado – areia – misturado com matéria orgânica, recobrimdo rochas areníticas. Por estarem em altitudes mais elevadas, a população da planta recebe significativa quantidade de umidade devido à condensação dos ventos de elevação.

As características da planta são peculiares. Gonella *et al.* (2015) descrevem hastes bem desenvolvidas nos indivíduos encontrados, sendo suportadas pela vegetação circundante ou eretas por si só, podendo atingir até 40 cm acima da superfície do solo. Os espécimes podem atingir 123,5 cm de comprimento. Singh *et al.* (2017) apresentam um panorama de estudos farmacológicos possíveis com a *Drosera magnifica*, uma vez que faz parte de um gênero com grande complexidade biológica e, conseqüentemente, existem muitos constituintes químicos ainda a serem estudados.

Fleischmann *et al.* (2018) explicam que as plantas dessa família possuem dois mecanismos de captura de insetos: “snap-traps” e “flypaper traps” – sendo este último mecanismo presente na *Drosera magnifica*. Essa armadilha consiste em uma lâmina que é coberta por uma grande quantidade de “tentáculos” que excretam uma substância viscosa para capturar as presas. A *Drosera* ainda é capaz de movimentar a lâmina para aumentar a superfície de contato com o inseto capturado, fato que pôde ser observado em campo (Figura 3.3).



Figura 3.3: Tentáculos da *Drosera magnifica* com uma presa, evidenciada pela seta. (Foto por R. M. Oliveira).

Fleischmann *et al.* (2018) ainda apresentam um mapa de distribuição das espécies pelo mundo (Figura 3.4), o que torna possível um entendimento global dos ambientes de ocorrência das *Droseras*.

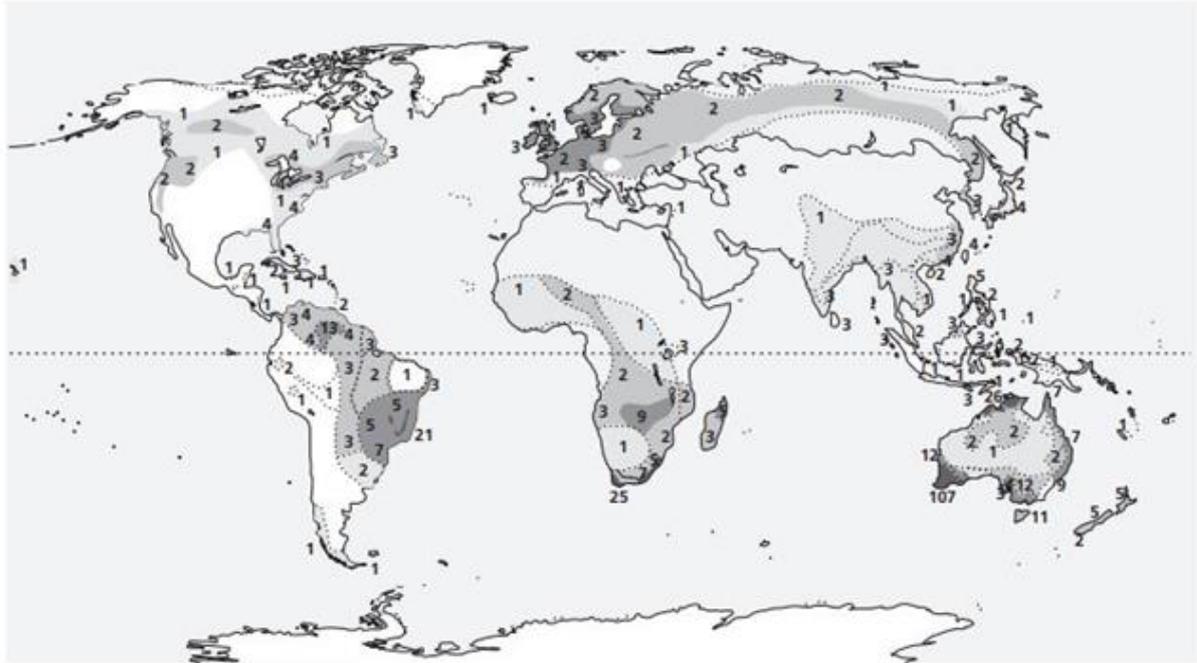


Figura 3.4: Distribuição global da variedade de *Droseras* baseado em Diels (1906), Meusel *et al.* (1965), Gibson *et al.* (2012), Lowrie (2013), Coritico and Fleischmann (2016), Gonella *et al.* (dados não publicados), e Fleischmann *et al.* (dados não publicados) *in* Fleischmann (2018). Os números indicam a quantidade de espécies por área, enquanto as tonalidades de cinza, quanto mais fortes, maior o número de espécies na área delimitada.

CAPÍTULO 4

APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados e analisados os resultados da aplicação dos diferentes métodos propostos neste trabalho.

4.1 MINERALOGIA

Os resultados a seguir apresentados são referentes as análises macroscópica e microscópica feitas, respectivamente, na campanha de campo e no laboratório de microscopia, utilizando-se a lâmina delgada.

Em campo, a amostra foi descrita como rocha esbranquiçada composta por grãos de quartzo que variam de areia fina a média. Excetuando-se a mineralogia principal, não foi possível, a olho nu, observar minerais secundários, levando à conclusão de que se trata de um quartzito puro. Já com o auxílio do microscópio, a assembleia de minerais encontrada, em ordem crescente de porcentagem modal é a seguinte:

Quartzo: incolor, com relevo baixo e cor de interferência cinza de primeira ordem, este mineral é encontrado em porcentagem superior a 95% na lâmina e aparece em grãos subédricos com textura granoblástica (Figura 4.1).

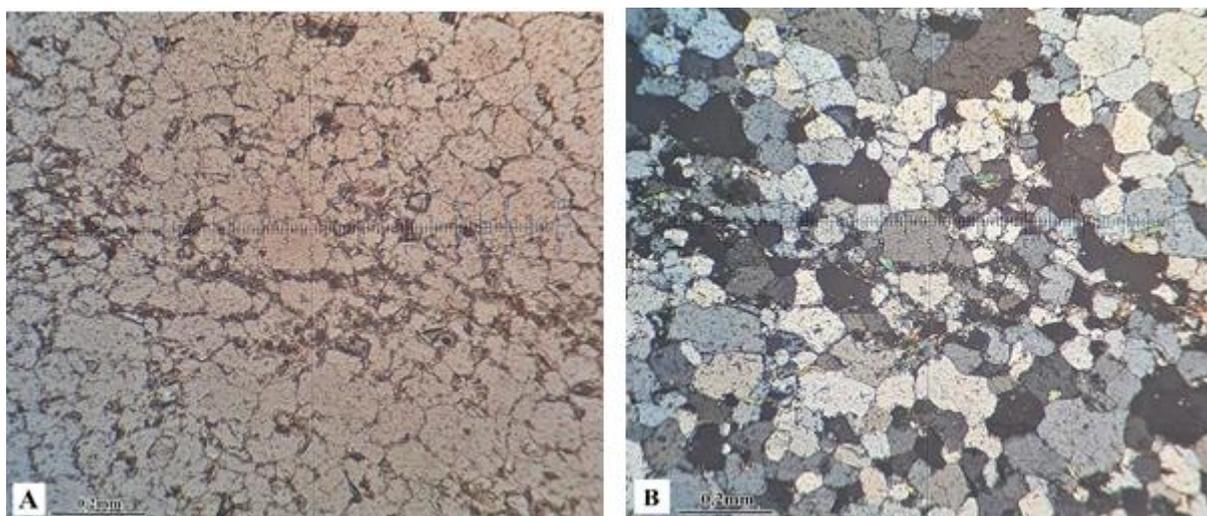


Figura 4.1: A) Imagem da lâmina no aumento de 20x a nicóis descruzados com destaque para a textura granoblástica da rocha. B) Imagem da lâmina no aumento de 20x a nicóis cruzados, ressaltando a cor de interferência do quartzo.

Turmalina: com alto relevo, este mineral é encontrado com cor verde e pleocroísmo em tons de verde claro e verde mais escuro nas seções prismáticas (Figura 4.2); nas seções basais não havia pleocroísmo. A turmalina perfaz menos de 5% do conteúdo da lâmina e é, portanto, um mineral acessório. Esse mineral se encontra disperso pela lâmina, entretanto, apresenta grande concentração em algumas porções específicas.

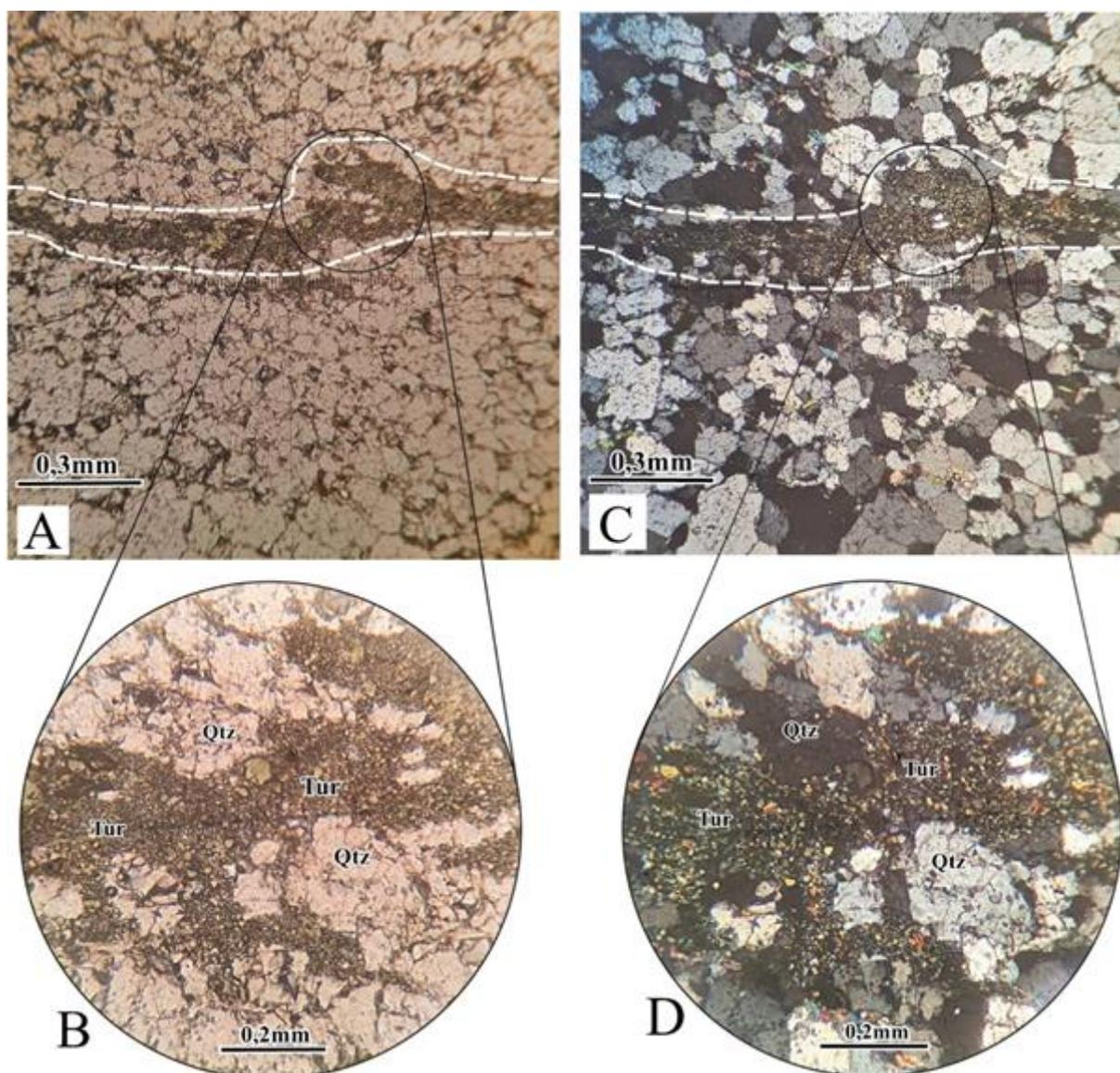


Figura 4.2: **A)** Imagem da lâmina no aumento de 10x a nicóis descruzados. **B)** Imagem com nicóis descruzados no aumento de 20x. **C)** Imagem no aumento de 10x a nicóis cruzados. **D)** Imagem no aumento de 20x a nicóis cruzados.

Mica branca: incolor, com relevo baixo e cores de interferência vibrantes, essa mica fina (variedade sericita) perfaz menos de 5% da lâmina, sendo classificado, dessa maneira, como mineral acessório (Figura 4.3). O mineral apresenta, ainda, uma direção de clivagem visível e extinção incompleta do tipo olho de pássaro.

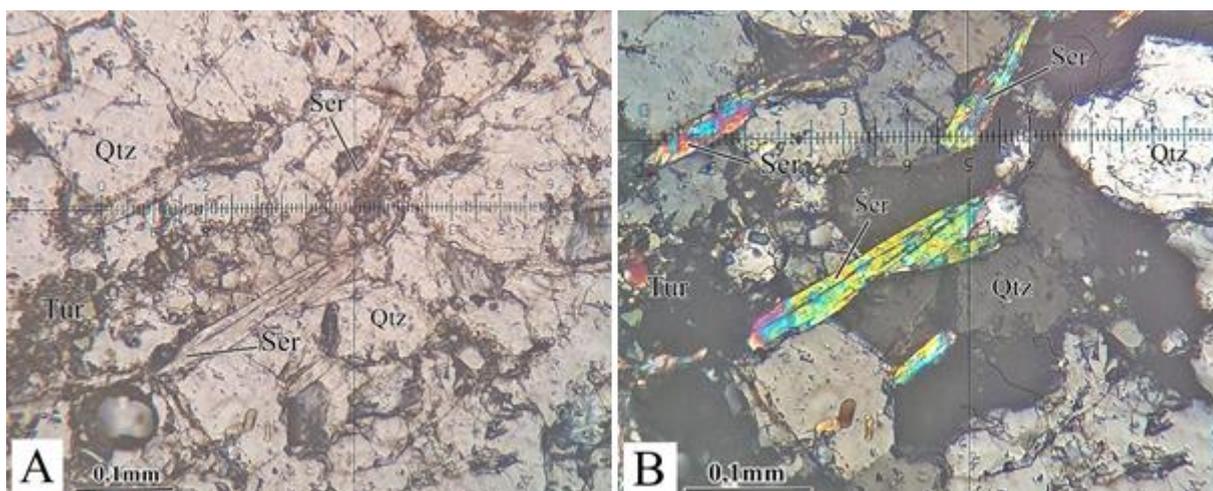


Figura 4.3: **A)** Imagem da lâmina no aumento de 20x a nicóis descruzados. **B)** Imagem da lâmina no aumento de 20x a nicóis cruzados, com destaque para as cores de interferência vibrantes da sericita.

Minerais opacos: esses minerais também são acessórios, compondo menos que 5% do conteúdo da lâmina. A identificação desses minerais foi impossibilitada devido as restrições de utilização do laboratório de microscopia decorrentes da pandemia de COVID-19.

4.2 DIFRATOMETRIA DE RAIOS X

O resultado da análise da lâmina RM-01 apontou, em porcentagem modal, mais de 95% de conteúdo de quartzo, portanto, a Lista de Picos (*Peak List*) utilizada para fazer a comparação com os resultados para as amostras de solo “D1”, “D2” e “V” foi a do quartzo. Assim, encontram-se, a seguir, as respostas obtidas pela difratometria de raios X (difratogramas) e a comparação deste resultado com o gráfico do quartzo.

4.2.1 Amostra D1

A análise a seguir se refere ao difratograma obtido para a amostra de solo “D1” (Figura 4.4) e a comparação desse resultado com a *Peak List* padrão para o quartzo (Figura 4.5), que é o mineral esperado no material.

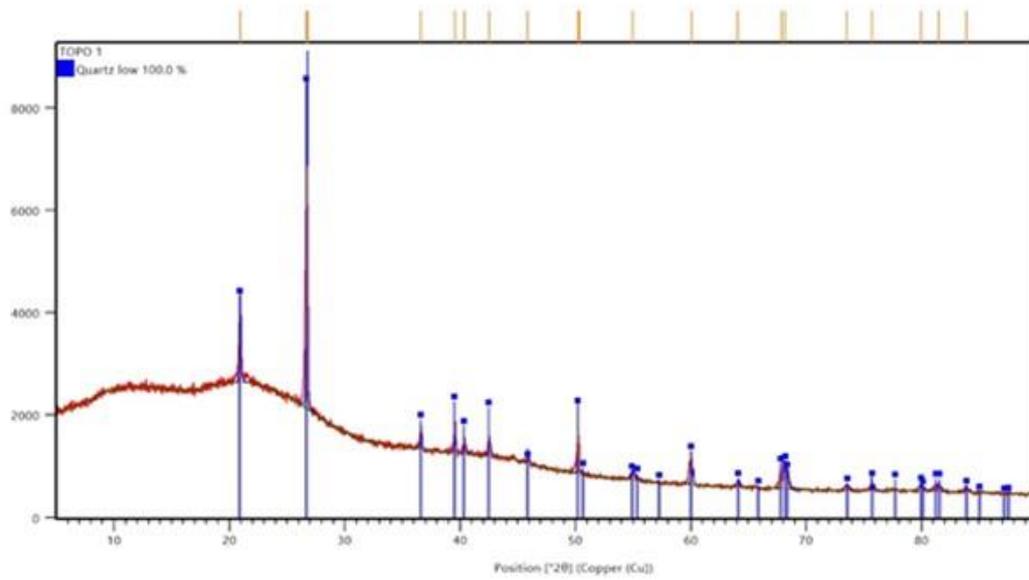


Figura 4.4: Difratoograma de raios X para a amostra "D1".

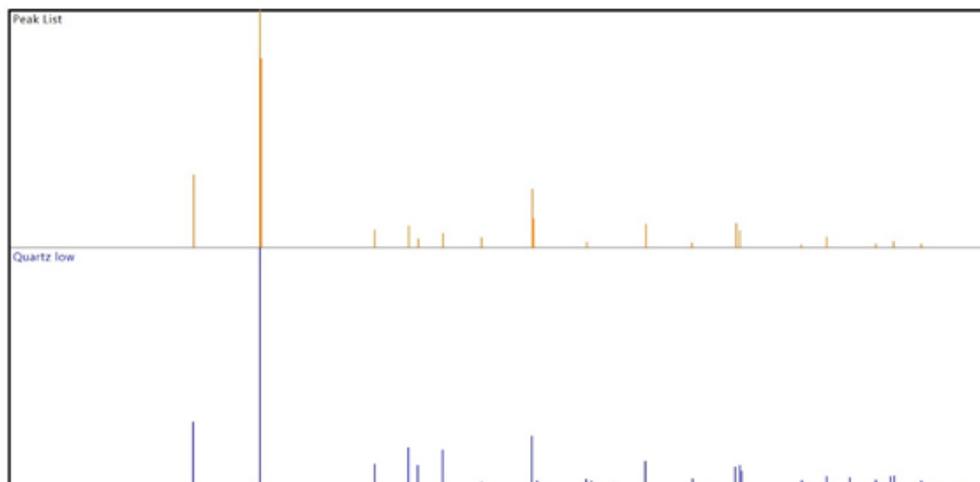


Figura 4.5: Comparação da *Peak List* da amostra "D1" com a resposta esperada para o quartzo.

4.2.2 Amostra D2

O difratograma a seguir foi obtido para a amostra de solo “D2” (Figura 4.6) e a comparação do resultado com a *Peak List* padrão para o quartzo é apresentada na Figura 4.7.

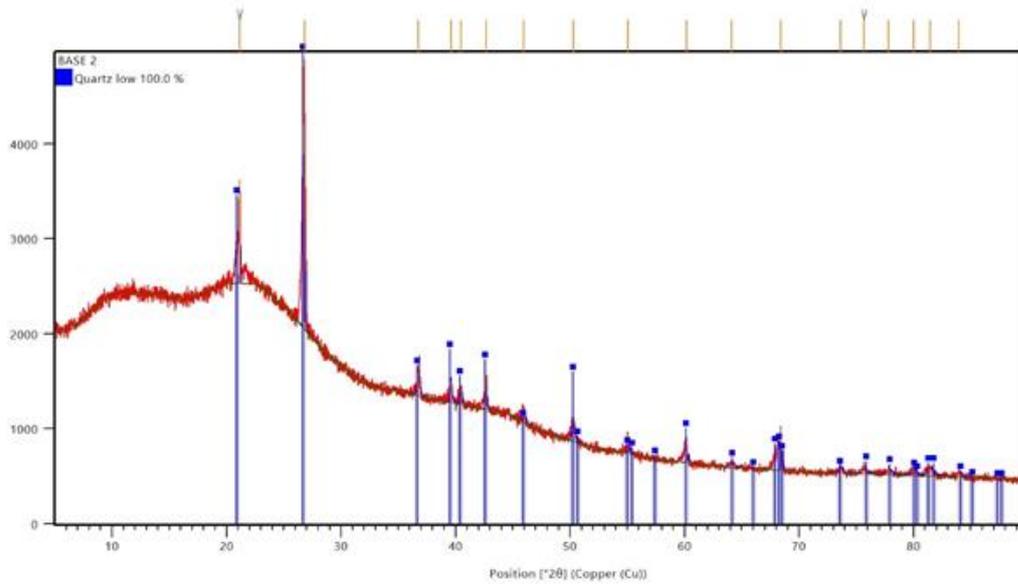


Figura 4.6: Difratograma de raios X para a amostra "D2".

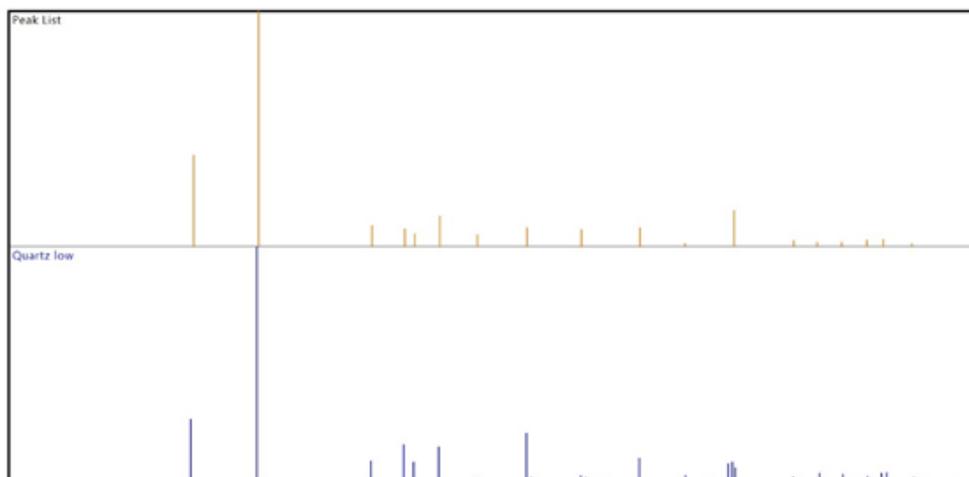


Figura 4.7: Comparação da *Peak List* da amostra "D2" com a resposta esperada para o quartzo.

4.2.3 Amostra V

Para o Campo das Vellozias, região onde foi coletada a amostra “V”, foi obtido o difratograma da Figura 4.8, cujo resultado foi comparado, bem como das amostras anteriores, com a *Peak List* padrão do mineral quartzo (Figura 4.9).

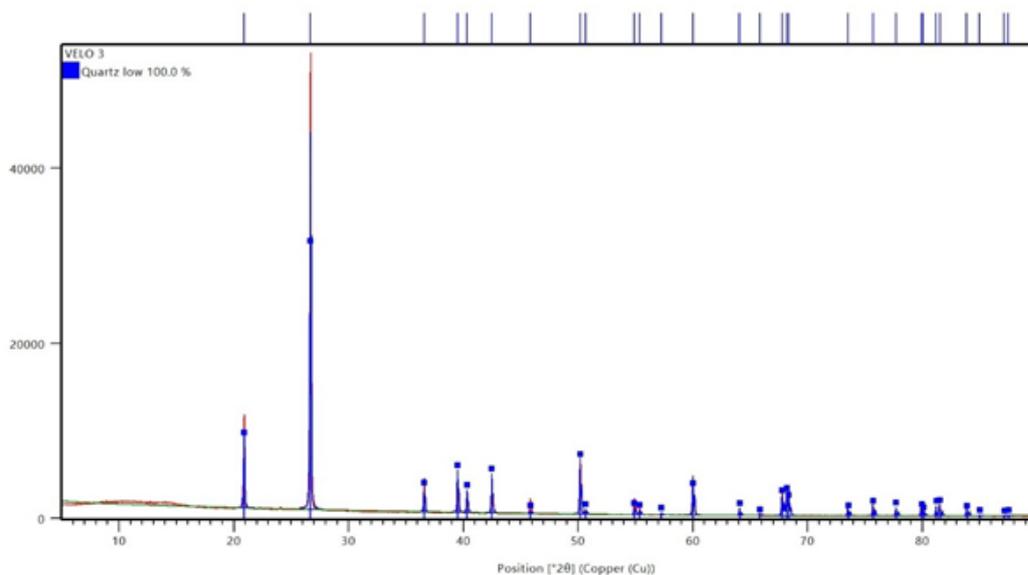


Figura 4.8: Difratograma de raios X para a amostra "V".

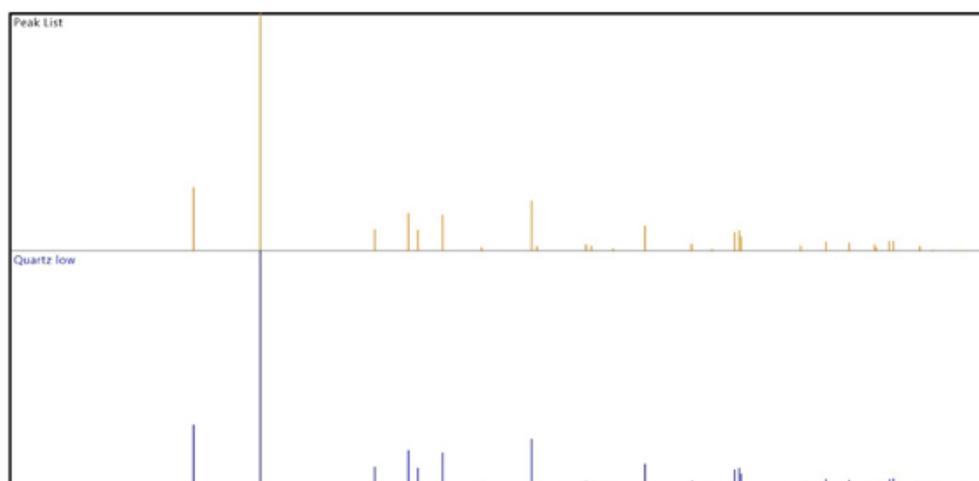


Figura 4.9: Comparação com a *Peak list* da amostra "V" com a resposta esperada para o quartzo.

Observa-se, para as amostras de solo “D1”, “D2” e “V”, que os resultados obtidos são muito semelhantes ao resultado padrão do quartzo. Esses resultados indicam que a mineralogia principal das amostras é o quartzo, não havendo contribuição tão significativa de outras fases minerais da rocha, fato que está também de acordo com a análise mineralógica microscópica realizada anteriormente.

4.3 GEOQUÍMICA

Os resultados a seguir apresentados são referentes as análises químicas das amostras “D1”, “D2” e “V” após a digestão por água régia (Tabela 4.1) e digestão total (Tabela 4.2), além dos resultados da análise química da amostra “P”, das raízes da *Drosera magnifica*.

4.3.1 Solos

Tabela 4.1: Resultados da geoquímica de solos para as amostras "D1", "D2" e "V" após digestão por Água Régia.

<i>Micronutrientes</i>						
Amostra	Co	Cu	Zn	Mn	Fe	
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	
Amostra D1	1.75	1.62	10.19	20.86	1231.65	
Amostra D2	<LQ	1.63	3.57	15.29	980.18	
Amostra V	1.56	<LQ	1.99	6.57	397	
LQ	1.56	1.23	0.31	5.55	7.24	
<i>Macronutrientes</i>						
Amostra	Ca	K	Mg	Na	P	S
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Amostra D1	670.21	393.69	1792.17	188.55	410.61	1068.08
Amostra D2	2339.61	288.03	1208.49	134.49	274.83	1268.65
Amostra V	640.39	64.62	123.60	39.59	67.42	187.33
LQ	4.28	12.24	3.04	3.49	6.93	8.21
<i>Não Essenciais</i>						
Amostra	Ba	Cr	Sr	Al	Zr	
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	
Amostra D1	28.48	1.28	6.94	2036.95	0.50	
Amostra D2	38.05	1.13	35.99	1089.90	0.28	
Amostra V	16.56	<LQ	6.71	602.09	0.08	
LQ	0.545	1.08	0.305	24.5	0.405	

LQ = Limite de Quantificação

Tabela 4.2: Resultado da geoquímica de solos para a amostra "D1", "D2" e "V" pela Digestão Total.

<i>Micronutrientes</i>						
Amostra	Cu	Zn	Mn	Fe		
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg		
Amostra D1	3.12	6.81	26.32	1577.96		
Amostra D2	2.60	<LQ	20.59	1248.39		
Amostra V	3.26	2.02	<LQ	806.30		
LQ	1.23	0.31	5.55	7.24		
<i>Macronutrientes</i>						
Amostra	Ca	K	Mg	Na	P	S
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Amostra D1	636.02	474.52	1776.04	109.46	430.84	1190.97
Amostra D2	2294.91	405.32	1202.15	131.92	300.70	1388.89
Amostra V	646.54	202.95	405.96	175.41	66.98	197.88
LQ	4.28	12.24	3.04	3.49	6.93	8.21
<i>Não essenciais</i>						
Amostra	Ba	Sr	V	Al	Zr	Ti
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Amostra D1	33.14	6.48	<LQ	2694.72	2.15	170.99
Amostra D2	41.47	39.49	<LQ	1654.75	3.47	168.78
Amostra V	18.27	8.08	<LQ	1564.61	9.31	97.42
LQ	0.55	0.31	0.63	24.50	0.41	10.75

LQ = Limite de Quantificação

Nas tabelas 4.1 e 4.2 são apresentadas as concentrações dos elementos nas 3 amostras de solo; o Limite de Quantificação (LQ), por sua vez, se trata do menor valor que pode ser analisado com exatidão aceitável de acordo com as condições experimentais propostas. Para caráter de comparação, utilizou-se a tabela com os valores orientados para substâncias – Deliberação Normativa COPAM nº 166 – no solo (Tabela 4.3) como referência para analisar os teores de elementos químicos nas amostras.

Tabela 4.3: Valores orientados para elementos químicos no solo (COPAM 2011).

Valor de					
Solo (mg.kg⁻¹ de peso seco)					
Substâncias	Referência de qualidade	Prevenção	Investigação		
			Agrícola	Residencial	Industrial
Inorgânicos					
Alumínio	-	-	-	-	-
Bário	93	150	300	500	750
Cobalto	6,0	25	35	65	90
Cobre	49	60	200	400	600
Cromo	75	75	150	300	400
Ferro	-	-	-	-	-
Manganês	-	-	-	-	-
Molibdênio	<0,9	30	50	100	120
Níquel	21,5	30	70	100	130
Vanádio	129	-	-	-	-
Zinco	46,5	300	450	1000	2000

De acordo com a Tabela 4.3 e com os resultados das análises geoquímicas de solos deste trabalho, nenhum dos metais listados está acima dos valores orientados de prevenção e, portanto, não há enriquecimentos de metais que possam representar alguma anomalia a ser avaliada. Vale lembrar, ainda, que esses elementos também são aproveitados pelas plantas e a presença deles não necessariamente é um indicativo de contaminação. A Figura 4.1 sintetiza de maneira esquemática os processos superficiais que regem a dinâmica dos metais pesados no solo.

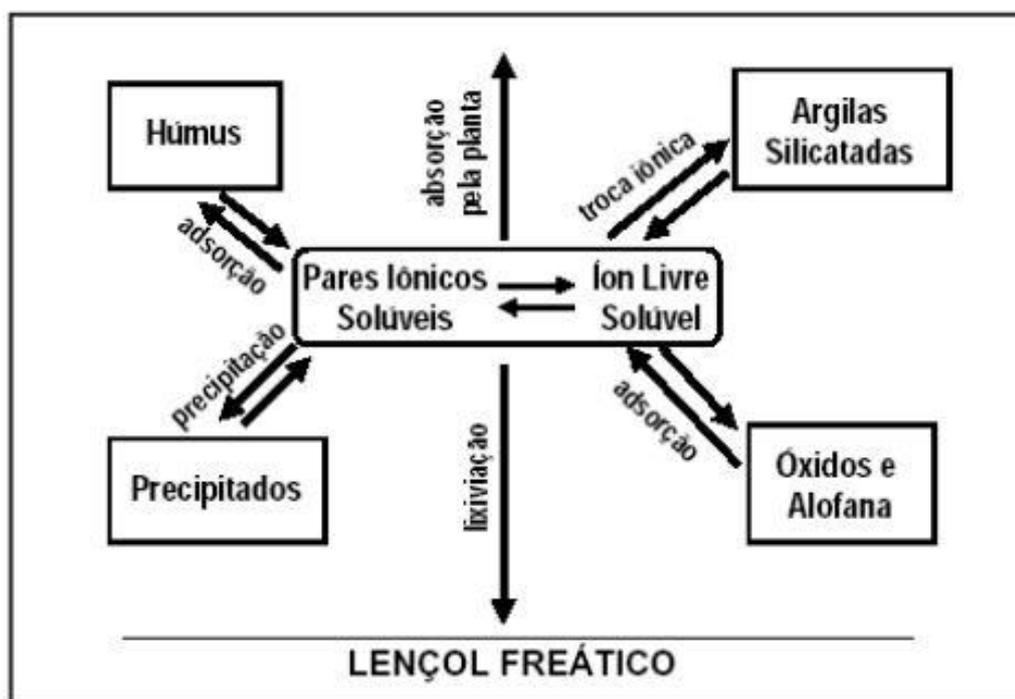


Figura 4.10: Processos que governam a mobilidade, disponibilidade e solubilidade dos metais pesados no solo. Fonte: Paiva 2008.

Além disso, também é possível perceber que as concentrações de muitos dos elementos analisados seguem um padrão de alta concentração para as amostras “D1” e “D2” e menores valores em “V”. A Figura 4.11 sintetiza essa relação com os elementos alumínio, enxofre, ferro, fósforo, magnésio e potássio que, com exceção do enxofre, apresentam um comportamento de declínio das concentrações. É importante ressaltar que esse comportamento é diretamente proporcional à cota do ponto de coleta; as amostras “D1”, “D2” e “V” foram coletadas, respectivamente, nas cotas de 1542, 1491 e 755 metros.

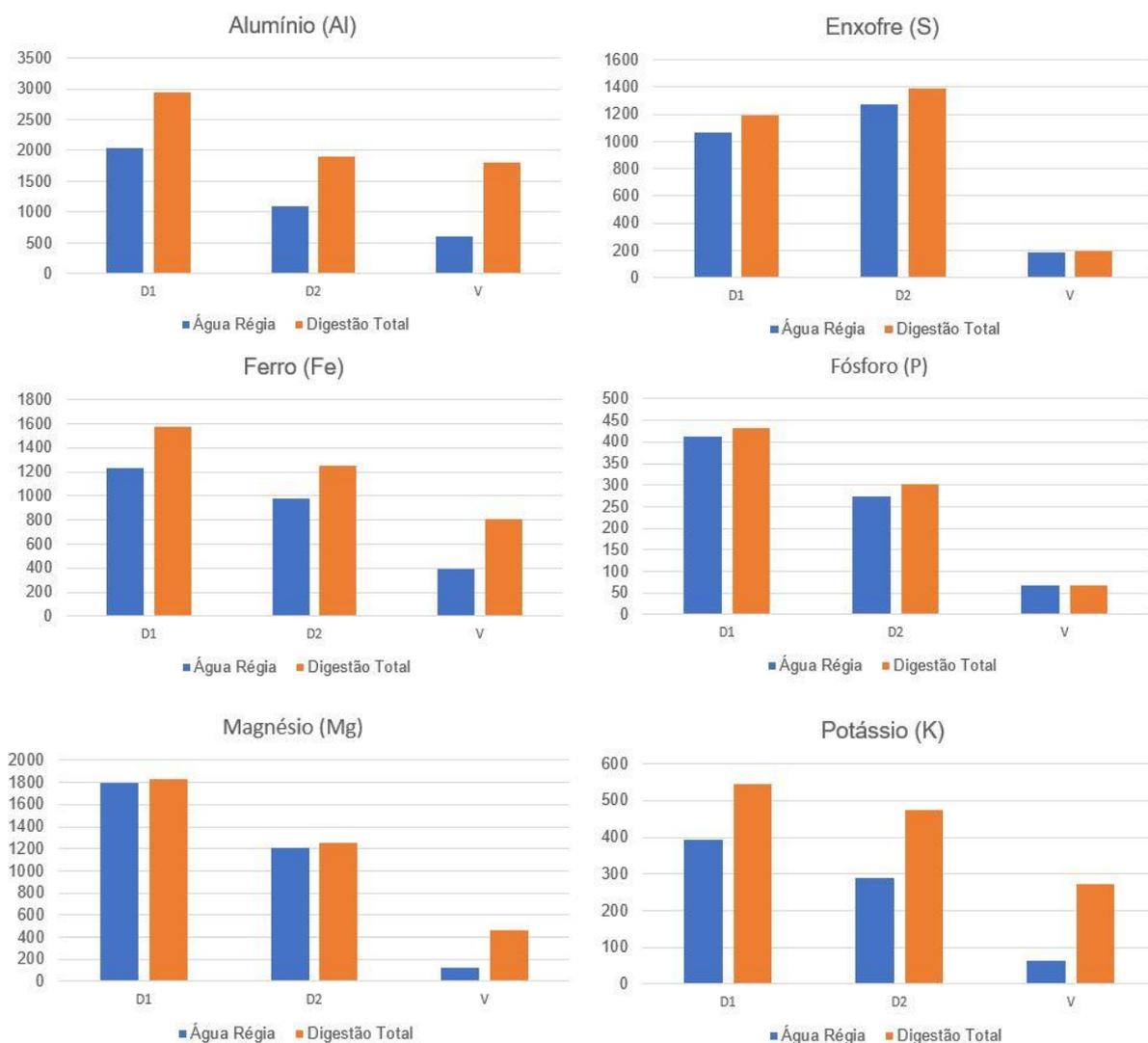


Figura 4.11: Gráficos com as concentrações dos elementos Al, S, Fe, P, Mg e K nas amostras após digestão por água régia (colunas em azul) e digestão total (colunas em laranja).

O fenômeno ilustrado na Figura 4.11 pode ser explicado pela quantidade de matéria orgânica presente no solo. A quantidade de matéria orgânica no solo “D1” é superior à quantidade no solo “D2” que, por sua vez, é muito superior no solo “V” – inferidas visualmente. Como descrito por Santos (2014), a matéria orgânica no substrato se comporta como uma barreira geoquímica, fazendo com que a amostragem dessas regiões tenha como resposta maiores concentrações de alguns elementos químicos que em regiões pobres nesse tipo de material.

4.3.2 Raízes

O resultado da análise química das raízes da *Drosera magnifica* são apresentados na Tabela 4.4. Em laranja, são destacados os valores encontrados na amostra “P” que estão em maior concentração que o solo no qual a amostra em questão foi retirada (amostra de solo “D1”).

Tabela 4.4: Resultados da geoquímica das raízes da *Drosera magnifica*.

Micronutrientes					
Amostra	Cu	Zn	Mn	Fe	
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	
Amostra P	8.88	14.30	14.09	676	
Amostra P D.	8.50	16.08	15.49	744	
LQ	0.716	0.508	0.382	2.46	
Macronutrientes					
Amostra	Ca	Mg	Na	P	S
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Amostra P	1405	493	468	451	564
Amostra P D.	2265	542	487	467	582
LQ	3.48	11.34	4.08	18.52	30.00
Não essenciais					
Amostra	Ba	Sr	V	Al	Ti
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Amostra P	38.20	14.41	1.12	905	66.0
Amostra P D.	45.25	17.72	1.38	1302	71.8
LQ	0.057	0.0174	1.10	2.94	0.88

LQ = Limite de Quantificação

Asati *et al.* (2015) apresentam uma visão geral dos metais pesados, suas concentrações nas plantas (Tabela 4.5) e efeitos negativos em caso de contaminação dos solos por essas substâncias.

Tabela 4.5: Faixa de concentrações médias de metais nas plantas terrestres. Fonte: Asati *et al.* (2015).

Elementos	Plantas ($\mu\text{g g}^{-1}$)
As	0.02–7
Cd	0.1–2.4
Hg	0.005–0.02
Pb	1–13
Sb	0.02–0.06
Co	0.05–0.5
Cr	0.2–1
Cu	4.15
Fe	140
Mn	15–100
Mo	1–10
Ni	1
Sr	0.30
Zn	8–100

Se comparadas as tabelas 4.4 e 4.5, nota-se que nenhum dos metais pesados apresentados no estudo de Asati *et al.* (2015) está em maior concentração nas raízes da *Drosera magnifica* que o esperado, já que o local de estudo não apresenta histórico de contaminação do solo. Ainda é explicado que alguns metais, como o Cu, Zn, Fe, Mn, Mo, Ni e Co são micronutrientes essenciais para as plantas, entretanto, em grandes concentrações podem ser tóxicos para elas, o que não acontece com a amostra “P”.

Foi calculado, também, o Coeficiente de Absorção Biológica (CAB) para os elementos encontrados na amostra de raízes (P) em relação aos elementos disponíveis no solo “D1”, analisado após a digestão por água régia (Tabela 4.6).

Tabela 4.6: Coeficiente de Absorção Biológica da *Drosera magnifica*.

<i>Micronutrientes</i>					
	Cu	Zn	Mn	Fe	
CAB	5.36	1.49	0.71	0.58	
<i>Macronutrientes</i>					
	Ca	Mg	Na	P	S
CAB	2.74	0.29	2.53	1.12	0.54
<i>Não essenciais</i>					
	Ba	Sr	Al		
CAB	1.47	2.31	0.54		

O CAB da *Drosera magnifica* indica a acumulação de macros e microelementos, além do bário, estrôncio e alumínio – elementos não essenciais para a nutrição de plantas. Além disso, é possível notar que não foi identificado nenhuma concentração de potássio no tecido vegetal, em desacordo com o solo, que apresenta concentrações notáveis de K disponível. Foi feita, também, uma análise dos elementos químicos presentes na planta em relação às amostras de solo coletadas (Figura 4.12).

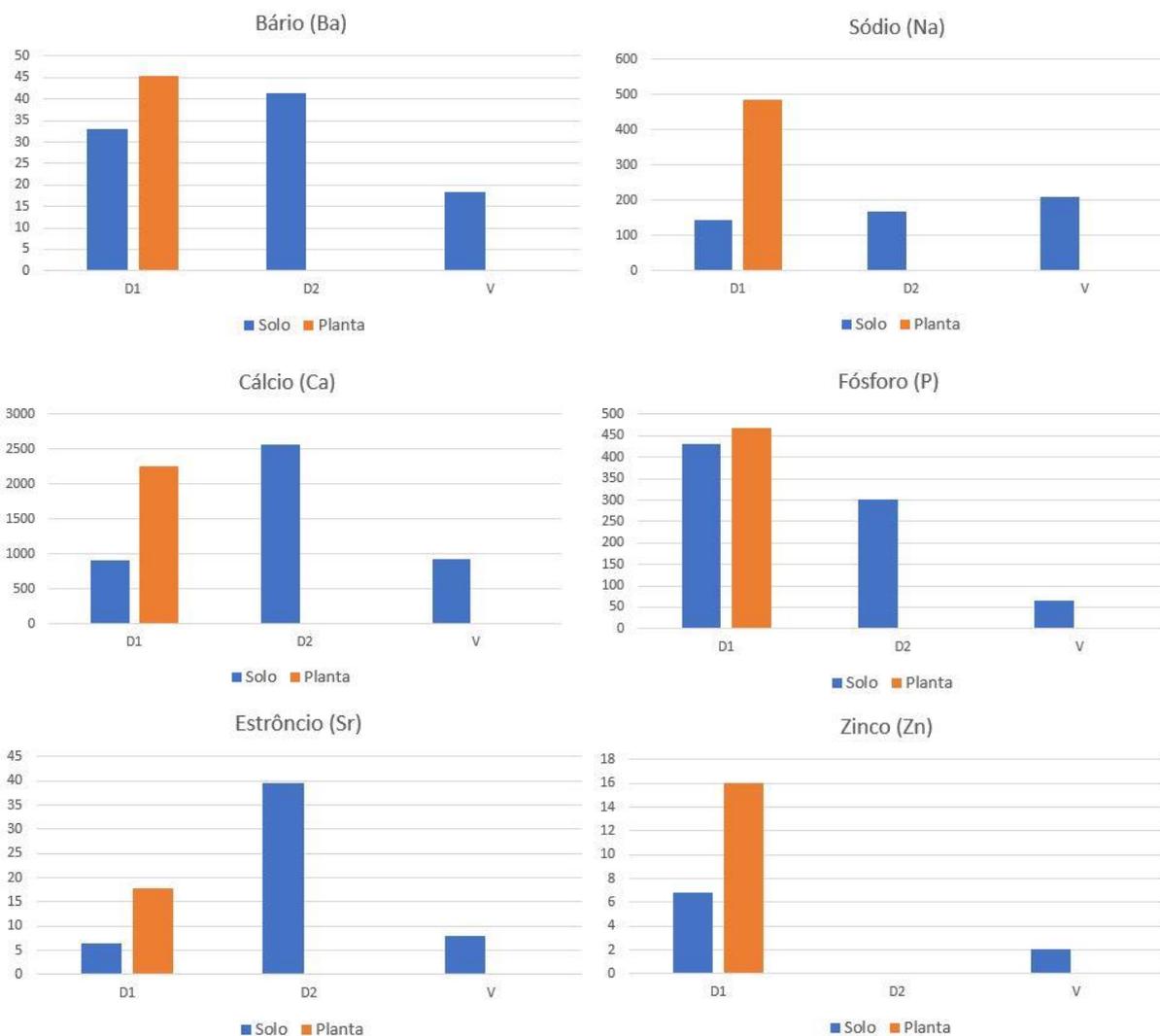


Figura 4.12: Gráficos com as concentrações dos elementos Ba, Na, Ca, P, Sr e Zn na amostra "P" (colunas em laranja) e nas amostras de solo "D1", "D2" e "V" (colunas em azul).

É notável, ao analisar os gráficos da Figura 4.12, que as concentrações de bário, cálcio e estrôncio na amostra "P", embora sejam maiores que as concentrações no solo "D1", são inferiores – senão próximas – as concentrações desses mesmos elementos no solo "D2", que também abriga indivíduos da *Drosera magnifica*. Esses três elementos fazem parte dos metais alcalinos-terrosos e, excetuando-se o cálcio, não possuem grande relevância para a nutrição das plantas no geral.

4.4 GEOFÍSICA

4.4.1 Radiometria

A análise geofísica da região pelo método da radiometria foi feita por meio do mapa de contagem total (Figura 4.13) e da imagem ternária.

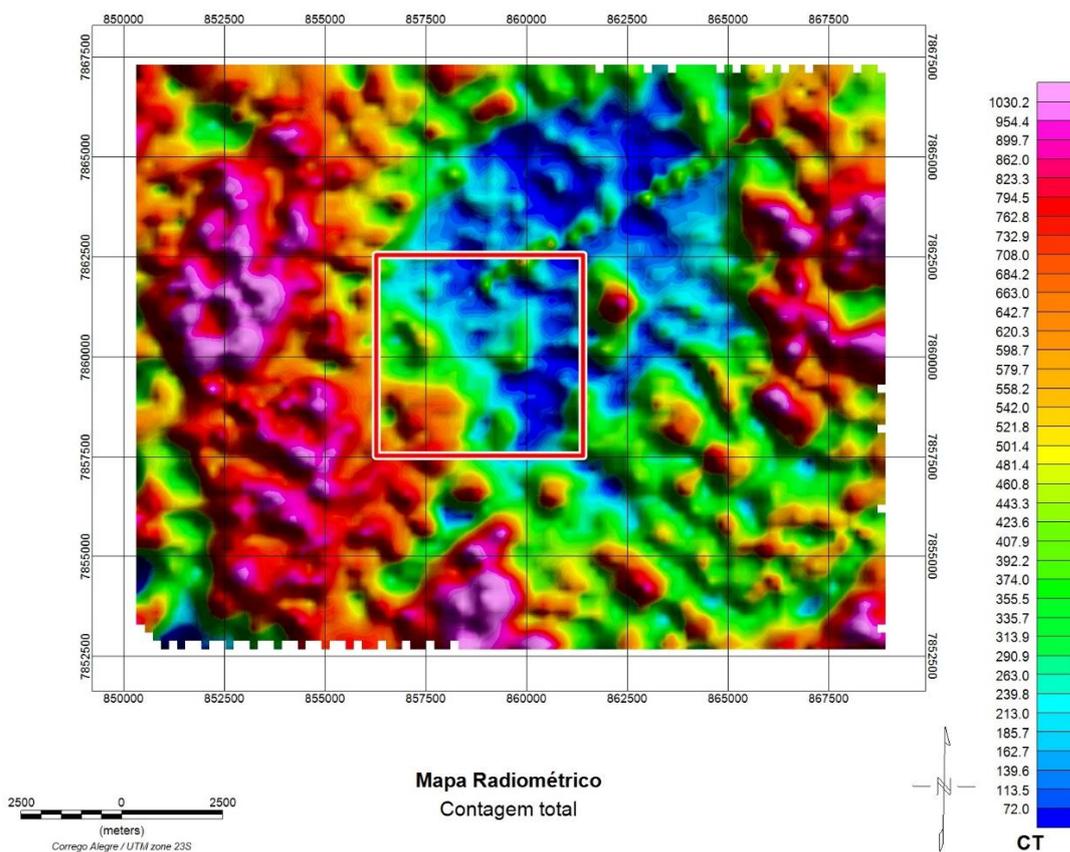


Figura 4.13: Mapa radiométrico de contagem total para a região de estudo com destaque (polígono em vermelho) para a região da Serra do Padre Ângelo.

O mapa de Contagem Total revela que a região onde está localizada Serra do Padre Ângelo não apresenta significativa emissão de radiação se comparada com as regiões a leste e, principalmente, a oeste, onde há uma alta taxa de emissão, representada pelas tonalidades avermelhadas e magenta.

Entretanto, ao analisar os contrastes de emissão de radiação na área da serra (Figura 4.14), é possível perceber que as amostras de solo “D1”, “D2” e “V” foram coletadas em uma zona com mais alta taxa de emissão de radiação se comparada com as adjacências. Também é possível notar que essa zona coincide com as cotas mais elevadas da serra, que são representadas pelas tonalidades avermelhadas e alaranjadas no Mapa de Elevação da Serra do Padre Ângelo (Figura 4.15).

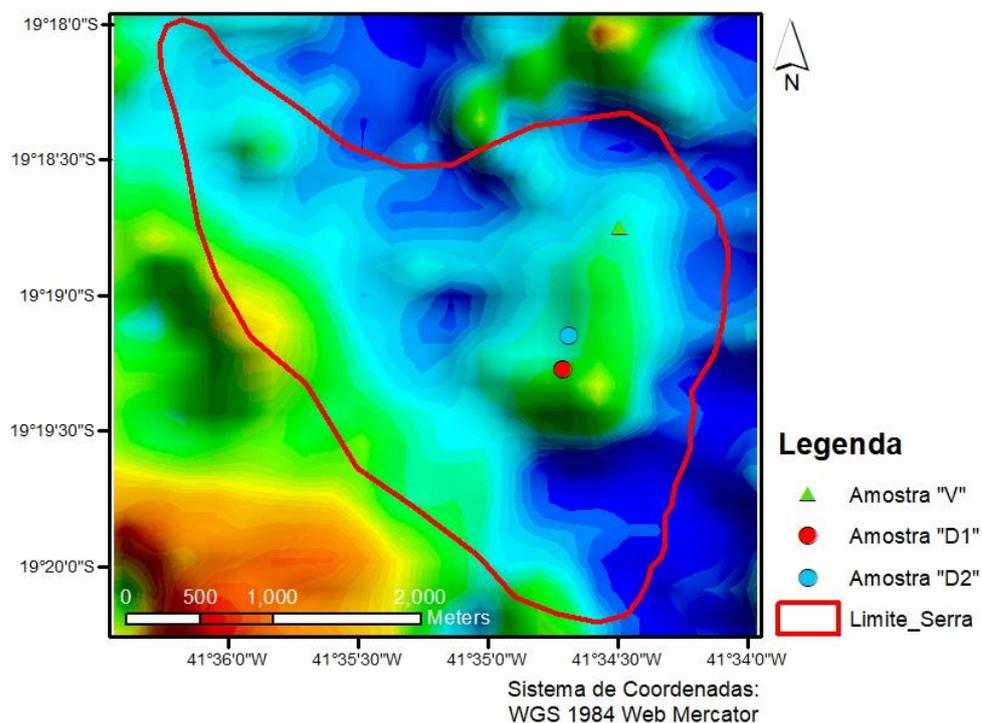


Figura 4.14: Mapa radiométrico de contagem total com foco na Serra do Padre Ângelo. O código de cores é o mesmo da Figura 4.13.

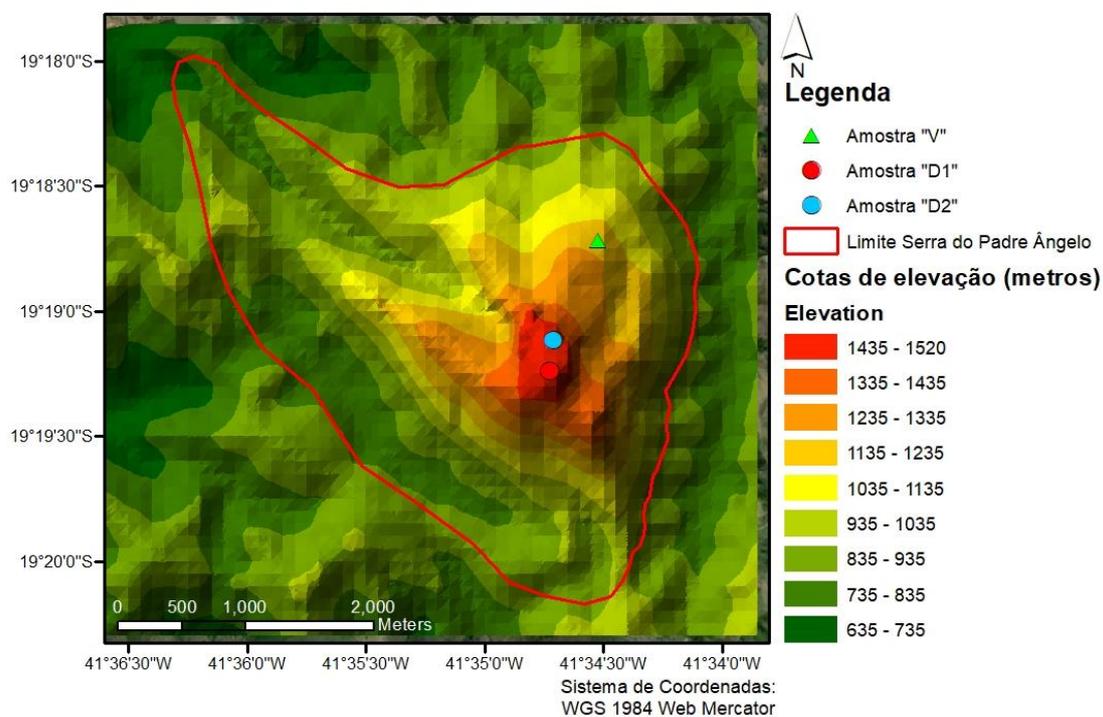


Figura 4.15: Mapa de Elevação da Serra do Padre Ângelo.

Ribeiro *et. al* (2014) explicam que o relevo está intimamente associado as respostas radiométricas, uma vez que as áreas que apresentam maior taxa de erosão tendem a refletir a composição química e mineralógica da rocha exposta, enquanto as áreas com manto de alteração normalmente costumam apresentar baixas contagens de radiação (Figura 4.16). Essa teoria pode explicar a contagem radiométrica relativamente maior nas cotas mais elevadas da serra, já que é uma área também mais susceptível à ação dos agentes erosivos.

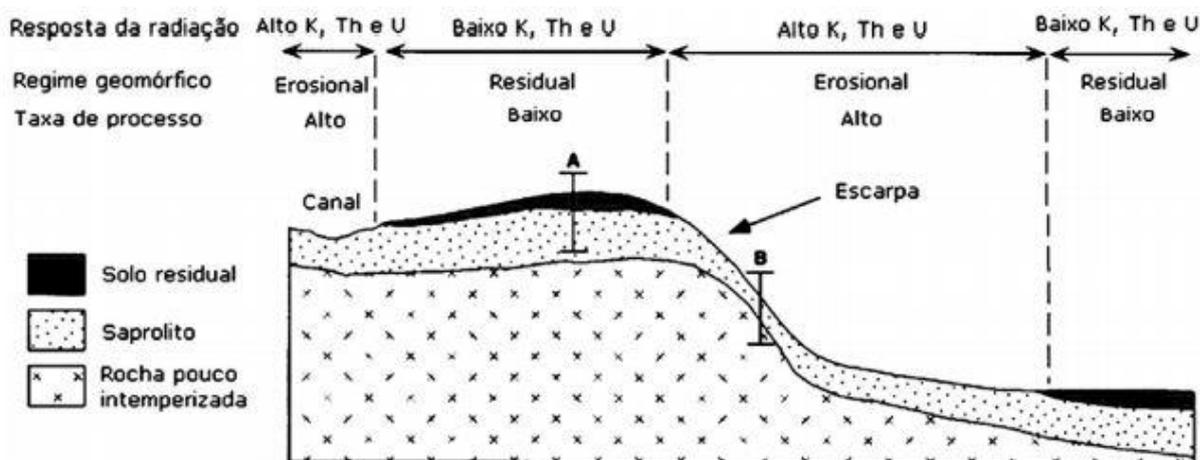


Figura 4.16: Influência da geomorfologia na emissão de radiação. Fonte: Ribeiro *et. al* 2014.

Ainda no campo radiométrico, a imagem ternária (Figura 4.17) fornece importantes informações sobre a área de estudo, uma vez que apresenta o contraste entre os teores dos radioelementos urânio, tório e potássio, o que torna possível entender a distribuição deles na área de estudo. A serra, no geral, apresenta altas respostas para o potássio (Figura 4.18), o que está de acordo com a mineralogia das rochas que sustentam o relevo: quartzitos da formação João Pinto compostos por quartzo, turmalina e sericita (mineral que fornece o radioelemento ^{40}K).

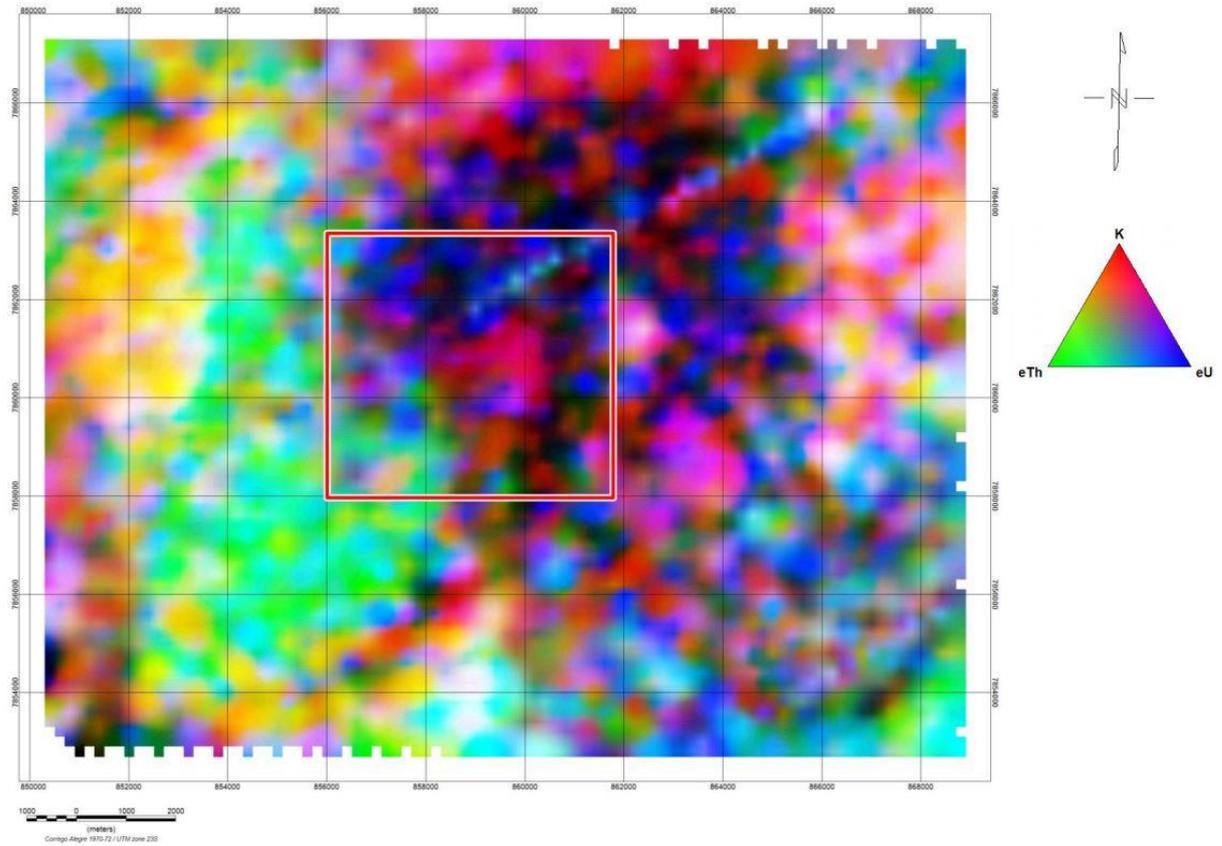


Figura 4.17: Imagem Ternária da região de estudo com destaque (polígono em vermelho) para a região da Serra do Padre Ângelo.

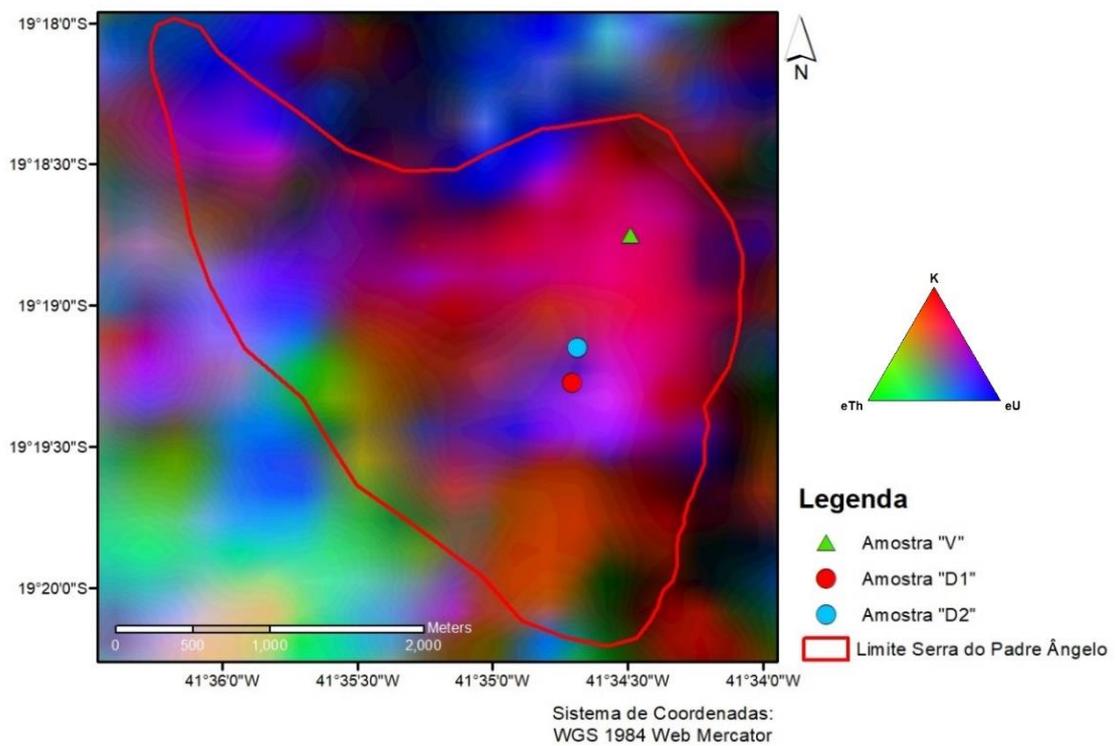


Figura 4.18: Imagem Ternária com maior detalhamento na Serra do Padre Ângelo.

É possível perceber que, também de acordo com as cotas mais altas apontadas pelo mapa de elevação da serra (Figura 4.15), ocorre na região sudeste, uma predominância da tonalidade arroxeadada, que indica maior taxa de radiação dos elementos potássio e urânio. Esse fato pode estar relacionado à maior mobilidade do urânio, que não se acumula em concentrações tão altas nos solos residuais quanto o potássio, que é o radioelemento em maior proporção no quartzito. Portanto, o contraste do topo da serra, que reflete a composição mais fiel à rocha, com as adjacências, gera uma cor arroxeadada nessa região do mapa ternário.

4.4.2 Magnetometria

A análise da área de estudo pelo método da magnetometria é feita por meio do mapa de campo anômalo (Figura 4.19).

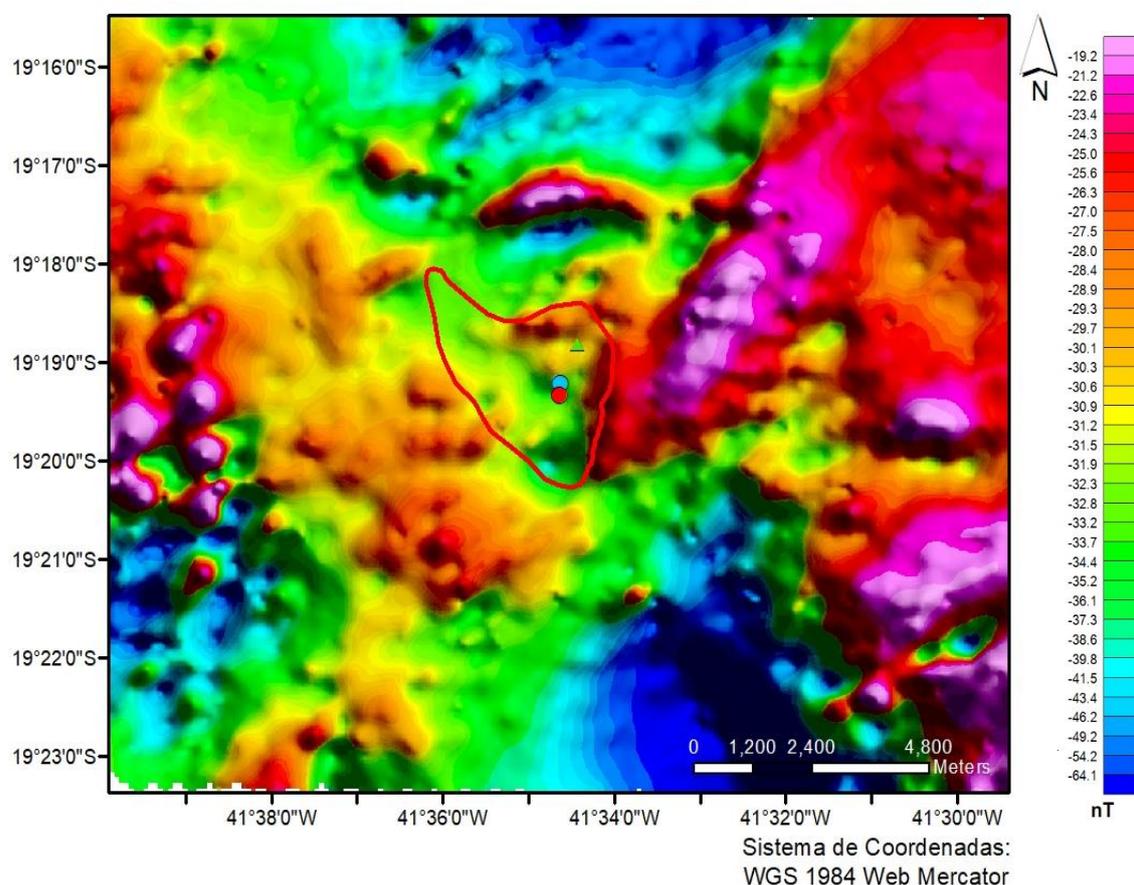


Figura 4.19: Mapa magnetométrico de campo anômalo na região estudada.

O mapa de campo anômalo é uma importante ferramenta para reiterar as informações contidas no mapa geológico da região e verificar a presença ou ausência de anomalias que mereçam maior foco. Na Figura 4.18 é possível perceber que as regiões com mais alta susceptibilidade magnética estão diretamente relacionadas com o magmatismo que ocasionou a deposição das rochas da Suíte Intrusiva Galiléia: Tonalito Galiléia a leste (onde também existe uma falha) e o Tonalito Cuieté Velho a oeste. Já

Oliveira, R. M. 2021, Fatores geológicos e fisiográficos que condicionam...

nas porções dominadas pela Sequência Supracrustal do Grupo Rio Doce – onde está localizada a Serra do Padê Ângelo – as respostas de susceptibilidade magnética são baixas a médias, o que condiz com a composição mineralógica dessas rochas.

CAPÍTULO 5

DISCUSSÃO

Partindo de uma perspectiva microscópica das rochas que sustentam o relevo da Serra do Padre Ângelo – os quartzitos da Formação João Pinto – é possível perceber que existe a predominância de minerais resistentes ao intemperismo, como o quartzo e a turmalina, e ausência de feições microscópicas que possam indicar áreas de grande complexidade geológica, como zonas de cisalhamento e alteração hidrotermal, por exemplo. Além disso, os resultados apresentados pela difratometria de raios X corroboram a presença da mineralogia indicada na etapa anterior. Portanto, qualquer enriquecimento geoquímico dos solos pela decomposição dos minerais que compõem essas rochas não é significativo.

Com o aumento da escala de estudo, nota-se que o substrato no qual a *Drosera magnifica* está fixada é um solo pouco desenvolvido, com a predominância de quartzo e matéria orgânica. Sabe-se, ainda, que os quartzitos, por serem rochas resistentes ao intemperismo, dificultam a evolução grandes perfis de solo, o que acarreta a mobilização de elementos móveis facilitada pelo escoamento de águas meteóricas e um empobrecimento químico ainda maior da área de ocorrência da planta.

Tendo em vista os resultados da geoquímica dos solos, é possível perceber que, embora sejam solos pobres, existem consideráveis concentrações de elementos fundamentais para o crescimento e desenvolvimento dos vegetais, como o enxofre, o ferro, o magnésio e o potássio. Ademais, a concentração desses elementos também é diretamente proporcional à altitude de coleta e à quantidade de matéria orgânica presente nas amostras. Não foi possível, no entanto, fazer um estudo mais detalhado de propriedades do solo como a fertilidade e o pH, o que torna difícil a análise dos elementos móveis e imóveis, já que a mobilidade dos elementos químicos está diretamente associada ao pH do ambiente.

A maior concentração geral de elementos químicos nas amostras que estão no topo da serra – se comparada com a amostra coletada em menores cotas – merece atenção, já que o esperado para regiões acidentadas é que a percolação de fluidos meteóricos cause um enriquecimento relativo de elementos móveis na base das serras; o inverso foi apontado na etapa geoquímica deste trabalho. Todavia, é importante ressaltar que os relevos são dinâmicos e com topografia não regular, o que permite acumulações, por exemplo, de matéria orgânica em áreas mais elevadas, que nesses lugares serve como uma barreira geoquímica favorável (Santos 2014). A análise das amostras com maior quantidade de matéria orgânica, portanto, reflete um comportamento local e não necessariamente regional.

Foi possível, por meio dos métodos geofísicos da radiometria e da magnetometria, entender a região da Serra do Padre Ângelo sob uma perspectiva regional. Os resultados geofísicos também estavam dentro do esperado para as rochas da serra (Figura 5.1). A magnetometria indicou um baixo magnetométrico em relação aos altos regionais representados pelos Tonalitos Galiléia e Cuieté Velho, já que a quantidade de minerais ferromagnéticos nos quartzitos João Pinto e Palmital do Sul é pouco

expressiva. A radiometria apontou baixa contagem total de radiação e predominante resposta para o radioelemento potássio (^{40}K) – constituinte da mica sericita que é parte da rocha.

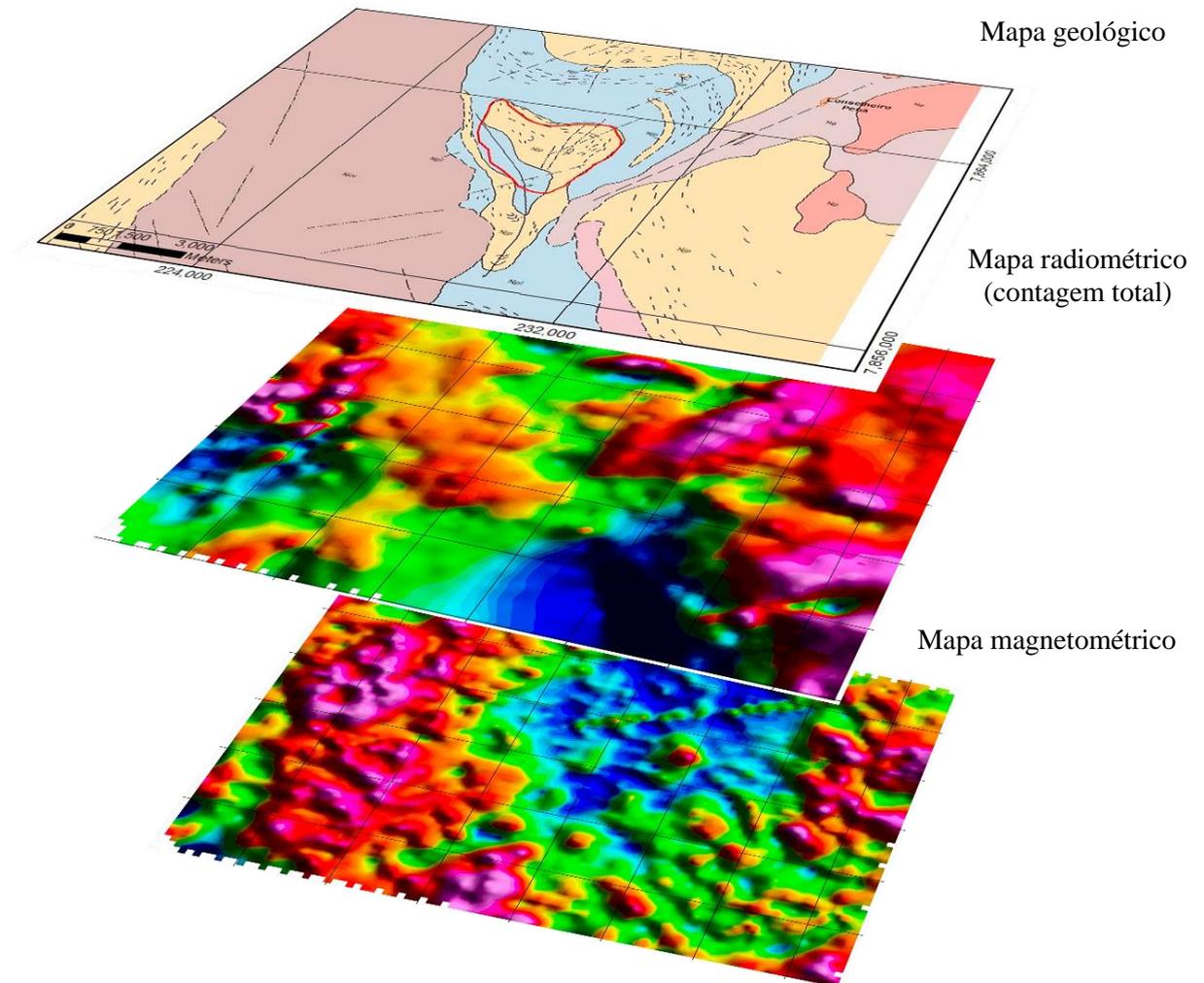


Figura 5.1: Sobreposição dos mapas geológico, magnetométrico e radiométrico.

CAPÍTULO 6

CONCLUSÃO

A Serra do Padre Ângelo é uma feição geológica cuja topografia é sustentada pelos quartzitos da Formação João Pinto que, próximos à área de ocorrência da *Drosera magnifica*, apresentam mineralogia principal composta por quartzo e, secundariamente, turmalina, mica sericita e minerais opacos. Regionalmente, não existem anomalias geofísicas expressivas, o que indica um comportamento semelhante das rochas em toda a área estudada.

Por estar situada sobre quartzitos, a área onde a planta foco deste estudo está fixada é um solo pouco desenvolvido e que apresenta características geoquímicas ordinárias. Apesar disso, as análises químicas do solo indicaram a presença de elementos essenciais para o desenvolvimento de plantas nesse local, fato que pode estar associado à grande quantidade de matéria orgânica disponível.

As características da região, entretanto, não significam um impeditivo para o crescimento de formas de vida complexas, como a *Drosera magnifica*, que é a maior de seu gênero nas américas. Essas características, na verdade, representam o ambiente ideal para o desenvolvimento de espécies adaptadas a essas condições: um ambiente elevado, úmido e com pouca disponibilidade geoquímica, que é substituída pela absorção de nutrientes das presas.

É importante, em futuros trabalhos, que análises químicas mais precisas sejam feitas no solo – fertilidade, pH e análise sequencial – para que as propriedades do substrato, bem como a mobilidade e disponibilidade dos elementos seja melhor compreendida. Embora não existam quantidades de amostras suficientes para estudos estatísticos, é importante levar em consideração a não absorção do potássio, observada na análise química das raízes e comparada ao solo por meio do Coeficiente de Absorção Biológica; o que dependerá de análises químicas nas demais partes da planta e estudos botânicos complementares.

A geologia e fisiografia da Serra do Padre Ângelo descritas neste trabalho são singulares e permitem, dessa maneira, a existência de um ecossistema tão singular quanto. É importante, então, que seja criada, na área, o Parque Natural Municipal da Serra do Padre Ângelo, que possibilitará maior efetividade na preservação do ambiente que é habitado por uma espécie única de planta carnívora gigante.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Antoni, A. V.; Allow, A.B.J. (2001) *Availability of Cd, Ni and Zn to ryegrass in sewage sludge-treated soil at different temperatures*. Water Air Soil Pollut. 132 – 201p.
- Agência Nacional das Águas - ANA. 2016. *Encarte especial sobre a bacia do rio Doce. Romprimento da barragem em Mariana/MG*. Superintendência de Recursos Hídricos – SPR. Brasília – DF.
- Aguiar, J. E., Martins, R. V., Almeida, M. D. 2007. Comparação de metodologias de digestão de sedimentos marinhos para caracterização da geoquímica de metais-traço na plataforma continental nordeste oriental brasileira. Instituto de Ciências do Mar-Labomar/UFC. Fortaleza – CE. *Geochimica Brasiliensis*, **21**(3): 304 – 323.
- Amaral, F. C. S. do. 2004. *Mapa de solos do estado de Minas Gerais, Escala 1:1.000.000*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos.
- Anand, R. R. 2005. Weathering history, landscape evolution and implications for exploration. In: BUTT, C.R.M. et al. (Ed.). *Regolith expression of Australian ore systems: a compilation of exploration case histories with conceptual dispersion, process and exploration models*. Canberra, Australia: Cooperative Research Centre for Landscape Environments and Mineral Exploration. Disponível em 2-weathering.pdf (crcleme.org.au). Acessado em 10 out. 2020.
- Alkmim, F.F, Chemale, Jr. F., Endo, I. 1996. A deformação das coberturas proterozóicas do Cráton do São Francisco e o seu significado tectônico. *Revista da Escola de Minas*, **49**: 22-38.
- Alkmim F.F., Marshak S., Pedrosa-Soares A.C., Peres G.G., Cruz S.C.P., Whittington A. 2006. Kinematic evolution of the Araçuaí-West Congo orogen in Brazil and Africa: Nutcracker tectonics during the Neoproterozoic assembly of Gondwana. *Precambrian Research*, **149**:43-64.
- Almeida, L. 2020. Após 7 dias, incêndio que devastou a Serra do Padre Ângelo é controlado. G1 Vales de Minas Gerais. 06 de outubro de 2020. Disponível em <https://g1.globo.com/mg/vales-mg/noticia/2020/10/06/apos-7-dias-incendio-que-devastou-a-serra-do-padre-angelo-e-controlado.ghtml>. Acessado em 2 nov. 2020.
- Asati, A., Pichhode, M., Nikhil, K. 2015. Effect of Heavy Metals on Plants: An Overview. In: *International Journal of Application or Innovation in Engineering and Management*.
- ASF Data Search. 2011. Alaska.edu. Disponível em <https://search.asf.alaska.edu/#/>. Acessado em 6 Jan. 2020.
- Barbosa A.L. de M., Grossi Sad J.H., Torres N., Melo M.T.V. 1964. *Geologia das quadrículas de Barra do Cuieté e Conselheiro Pena, Minas Gerais*. Belo Horizonte, DNPM/GEOSOL, 285 p.
- Benzig, D. H. 1987. *The origin and rarity of botanical carnivory*. TREE. v. 2. n. 12. Eisewer Publications Cambridge.
- Blakely, R. J., 1996. *Potential theory in gravity and magnetic applications*: Cambridge University Press, New York, 441p.
- Bowen, J. E. 1969. *Absorption of copper, zinc and manganese by sugarcane tissue*. Plant Physiol., **44**: 255-261.
- Bonotto, D. M. 2004. *Radioatividade nas águas: da Inglaterra ao Guarani*. UNESP, São Paulo. 251p.
- Brady, N. C., Weil, R. R. 2009. *Elementos da natureza e propriedades dos solos*. v. 3. Catálogo. Mg.gov.br. Disponível em <http://iede.fjp.mg.gov.br/Catalogo.html>. Acessado em 6 fev. 2020.
- Castro, C. 1986. *O solo. Sua vida e sua morte*. v.1, 154p.
- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB. 2005. Decisão de Diretoria nº 195-2005- E, 23 de novembro de 2005. Dispõe sobre os Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo. 4p.
- Chandler, G. E., Anderson, J. W. 1976. *Uptake and metabolism of insect metabolites by leaves and tentacles of Drosera species*. Botany Department, La Trobe University. Australia. New Phytol. (1976) **77**: 625-634.
- Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Doce – CBH-DOCE. 2010. *Plano integrado de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio doce e planos de ações para as unidades de planejamento e gestão de recursos hídricos no âmbito da bacia do rio doce*. v.1 – Relatório Final. Consórcio Ecoplan – Lume. Disponível em: <<http://www.cbhdoce.org.br/pirh-parh-pap/pirh>>. Acesso em: 05 jul. 2020.
- Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais – CODEMIG. 2009. Belo Horizonte: Levantamento Aerogeofísico de Minas Gerais, Área 12, Patos de Minas-Araxá-Divinópolis. Belo Horizonte: 11 DVDs.
- Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM. 2000. Programa levantamentos geológicos básicos do Brasil. *Projeto Leste: geologia – nota explicativa do mapa geológico integrado – etapa I*, folhas SE.24-V, SE.23-Z, SE.24-Y (partes) escala 1:500.000 Belo Horizonte: SEME/COMIG/MME/CPRM, 1997, reimpressão 2000.

Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM. 2011. Deliberação Normativa COPAM nº 166, de 29 de junho de 2011. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=18414>. Acessado em 25 de fevereiro de 2021.

Dechen, A. R., Nachtigall, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. *In*: Novais, R. F., Alvarez, V., V. H., Barros, N. F., Fontes, R. L. F., Cantarutti, R. B., Neves, J. C. L. (Ed). Fertilidade do Solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2007 – 91-132.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. 2018. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: Embrapa -SPI; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2018. 356p.

Espírito-Santo, M. M., Werneck, M. 1999. Efeitos da umidade do solo e da cobertura vegetal na distribuição e abundância de *Drosera montana* (Droseraceae).

Féboli, W. L., Paes, V. J. C., Drumond, J. V. B. 2014. *Folha Itanhomi SE.24-Y-C-I*. Escala 1:100.000. Minas Gerais, Belo Horizonte: UFMG; CPRM. Projeto Norte de Minas.

Fleischmann, A., Cross, A. T., Gibson, R., Gonella, P. M., and Dixon, K. W. 2018. Systematics and evolution of Droseraceae. *In*: Carnivorous Plants: Physiology, ecology, and evolution. Edited by Aaron M. Ellison and Lubomír Adamec: Oxford University Press.

Freitas, E. M. de., Pereira, R. F. 1987. Uso potencial da terra - Climatologia. *In*: SILVA, J.M.R., LIMA, M.I. C., VERONESE, V.F., et al. Projeto RADAMBRASIL, Folha SE.24 - Rio Doce. Rio de Janeiro: IBGE, v.34, p.512-544.

Gonçalves, L. E. da S. 2009. *Características gerais e história deformacional da suíte granítica G1, entre Governador Valadares e Ipanema, MG*. Universidade Federal de Ouro Preto. Departamento de Geologia, Ouro Preto, MG. Dissertação de mestrado, 111p.

Gonella P. M., Rivadavia F., Fleischmann A. 2015. *Drosera magnifica (Droseraceae): the largest New World sundew, discovered on Facebook*, *Phytotaxa*. **220**(3):257–267.

Guimarães, A. T. A. 2005. *Avaliação geoquímica ambiental da barragem do Ribeirão da Cachoeira, Ouro Preto, sudeste do Quadrilátero Ferrífero, MG*. Universidade Federal de Ouro Preto. Departamento de Geologia, Ouro Preto, MG. Dissertação de mestrado, 111p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2018. Conselheiro Pena (MG): Cidades e Estados. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/conselheiro-pena.html>>. Acesso em: 21 Dec. 2020.

Jordy Filho, S. Vegetação; as regiões fitoecológicas, sua natureza e seus recursos econômicos. *In*: Projeto RADAMBRASIL: Folha Rio Doce – SE.24. Rio de Janeiro: IBGE, 1987. v.34, 04:353-416, il, mapas.

Kearey, P.; Brooks, M.; Hill, I. 2009. Geofísica de exploração. Oficina de Textos, 1: 438p.

Lepsch, I. F. 2011. *19 Lições de Pedologia*. v. 1. Oficina de Textos. São Paulo.

Licht, O. A. B. 2001. *A geoquímica multielementar na gestão ambiental: identificação e caracterização de províncias geoquímicas naturais, alterações antrópicas da paisagem, áreas favoráveis à prospecção mineral e regiões de risco para a saúde no Estado do Paraná, Brasil*. Universidade Federal do Paraná. Faculdade de Geologia, Curitiba. Tese de Doutorado.

Lüttge, U. 1983. Ecophysiology of carnivorous plants. Pp. 489-517. *In*: O. L. Lange; P. S. Nobel; C. B. Osmond & H. Ziegler (Eds.), *Physiological plant ecology II Responses to the chemical and biological environment*.

Maas, M. V. R., de Oliveira, C. G., Pires, A. C. B., Moraes, R. A. V. 2003. Aplicação da geofísica aérea na exploração mineral e mapeamento geológico do setor sudoeste do Cinturão Cuprífero Orós-Jaguaribe. *Revista Brasileira de Geociências*. **33**(3): 279-288.

Minty, B. R. S. 1997. Fundamentals of airborne gamma-ray spectrometry. *In*: AGSO Journal of Australian Geology and Geophysics

Nalini Jr., H.A. 1997. *Caractérisation des suites magmatiques néoproterozoïques de la région de Conselheiro Pena et Galiléia (Minas Gerais, Brésil)*. Saint Etienne: Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris et de Saint Etienne. Tese de PhD, 237p.

Napolitano, H. B., Camargo, A. J., Mascarenhas, Y. P., Vencato, I., Lariucci, C. 2007. Análise da Difração dos Raios X. *Revista Processos Químicos*. **3**:35-45p.

Nascimento, E. J. 2007. *Alterações mineralógicas e distribuição de metais traços em perfis de argissolos desenvolvidos de argilitos e folhelhos na região de Piracicaba-SP*. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências, Belo Horizonte. Tese de Doutorado, 107p.

Noce C.M., Pedrosa-Soares A.C., Silva L.C., Alkmim F.F. 2007. O Embasamento Arqueano e Paleoproterozóico do Orógeno Araçuai. *Geonomos*, **15**(1):17-23.

Paiva, C. T. 2008. *Estudo da mobilidade e dispersão de ²³⁸U, ²³²Th, ⁴⁰K, ²²⁶Ra, ²²²Rn e metais pesados no sistema solo-rocha do depósito de U-ETR de São José de Espinharas (PB)*. Universidade Federal da Paraíba. Centro de Tecnologia e Geociências, Recife, PE. Tese de Doutorado, **01**: 33-51.

- Pedrosa-Soares, A.C., Noce, C.M., Pinto, C.P. 1998. Da litosfera oceânica ao arco magmático cálcio-alcalino: uma síntese das evidências de subducção - B no Orógeno Araçuaí – Oeste-Congo. *In: Congresso Brasileiro de Geologia. Anais. Belo Horizonte: SBG – Núcleo Minas Gerais, 1998. 19p.*
- Pereira, J. C., Guimarães-Silva, A. K., Nalini, H. A. J., Pacheco-Silva, E., Lena, J. C. 2007. Distribuição, fracionamento e mobilidade de elementos traço em sedimentos superficiais. *In: Quím. Nova, Vol. 30, No. 5, 1249-1255.*
- Pires, A. C. B. 1995. Identificação geofísica de áreas de alteração hidrotermal, Crixás-Guarinos, Goiás. *Revista Brasileira de Geociências, 25:61-68.*
- Portal Minas Gerais 2021. Turismo em Minas Gerais | Parque Estadual Sete Salões. Portal Minas Gerais. Disponível em <https://www.minasgerais.com.br/pt/atracoes/resplendor/parque-estadual-sete-saloos>. Acessado em 17 jan. 2021.
- Rauret G., López-Sánchez J.F., Lück D., Yli-Halla M., Muntau H., Quevauviller P. 2001. *The certification of the extractable contents (mass fractions) of Cd, Cr, Cu, Ni, Pb and Zn in freshwater sediment following sequential extraction procedure - BCR 701, BCR information reference material.* Bruxelas, Bélgica, 76p.
- Reisenauer, J. A. 1963. The effect of sulfur on the absorption and utilization of molybdenum by peas. *In: Soil Sci. Soc. Am. Proc. , 27: 553-555.*
- Ribeiro V.B., Mantovani M.S.M., Louro V.H.A. 2014. Aerogamaespectrometria e suas aplicações no mapeamento geológico. *Terra Didática, 10(1):29-51.* Disponível em <http://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/>. Acessado em 05 jul. 2020.
- Santos, C. C. 2014. *Mobilidade de elementos químicos no perfil de solo e seu controle na prospecção geoquímica: Aplicação na região de Santa Maria da Vitória, BA.* Universidade de Brasília. Instituto de Geociências, Brasília, DF. Tese de mestrado.
- Serafim, I. C. C. O. 2017. *Caracterização Magnética e Gamaespectrométrica de Zonas de Alteração Hidrotermal Associadas à Prospecção Aurífera, Nova Roma e Monte Alegre de Goiás.* Universidade de Brasília. Instituto de Geociências, Brasília, DF. Dissertação de Mestrado, 112p.
- Singh, P. A., Bajwa, N. 2017. *Future perspectives of Drosera magnifica: the first ever plant discovered on the social media. Journal of Drug Delivery & Therapeutics. 2017; 7(4):12-19.*
- Soares, R., Escalera, V., Monteiro, M. I. C., Pontes, F. V. M., Santelli, R. E., Bernardi, A. C. C. 2010. Uso de ICP OES e titrimetria para determinação de cálcio, magnésio e alumínio em amostras de solos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo, 34: 1553-1559.*
- Tabarelli, M., Silva, J. M. C., Pinto, L. P., Bede, L. C. 2005. Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira. *Megadiversidade. Belo Horizonte, v. 1, n. 1.*
- Tazava, E. 1999. *Mineralização de Au-Cu-(ETR + U) associada às brechas hidrotermais do depósito de Igarapé Bahia, Província Mineral de Carajás, PA.* Universidade Federal de Ouro Preto. Departamento de Geologia, Ouro Preto, MG. Dissertação de Mestrado, 81p.
- Teixeira, J. B. G. 2012. *Recursos Minerais.* In: HASUI, Yociteru et al. Geologia do Brasil. São Paulo: Beca. p. 814-832.
- Thompson, A. J. B., Thompson, J. F. H. 1996. *Atlas of alteration.* Geological Society of Canada, 119p.
- Vieira, V. S. 2007. *Significado do Grupo Rio Doce no contexto do Orógeno Araçuaí.* PhD Thesis. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências, Belo Horizonte, MG, 117p.
- Vieira V.S., Pedrosa-Soares A.C., Silva L.C., Castañeda C. 2004. Relações entre o Grupo Rio Doce, Complexo Kinzigítico e Granitogêneses Associadas no Leste de Minas Gerais e Norte do Espírito Santo. *In: Congresso Brasileiro de Geologia, 42, Araxá, Anais, p. 42.*
- Vieira V.S., Noce C.M., Silva L.C., Pedrosa-Soares A.C. 2006. Idades U-Pb SHRIMP de Áreas-Fontes da Sedimentação do Grupo Rio Doce, Orógeno Araçuaí. *In: Congresso Brasileiro de Geologia, 43, Aracaju, Anais, p. 313.*
- Zamora, R. 2002. Importancia de la heterogeneidad ambiental en la ecología de plantas carnívoras mediterráneas: implicaciones para la conservación. *Revista chilena de história natural.*