

Universidade de São Paulo

Instituto de Geociências

Bacharelado em Geologia

**Identificação, classificação e caracterização petrográfica de um meteorito acondrito e
sua relação com seu corpo parental**

Matheus Troan Dias Parra

MONOGRAFIA

(TF-24/37)

Orientador: Professor Dr. Gaston Eduardo Enrich Rojas

Coorientador: Dr. Gabriel Gonçalves Silva

2024

São Paulo

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a todos que me apoiaram ao longo dos últimos anos no curso de Geologia da Universidade de São Paulo, dentre tantas pessoas as quais conheci e fiz amizade, fica difícil citar todas aqui, por tanto espero que não tenha deixado ninguém de fora desse agradecimento. Agradeço ao meu co-orientador, Gabriel, que me forneceu os materiais de pesquisa e me ajudou muito ao longo desses anos que estou trabalhando com meteoritos.

Em primeiro lugar gostaria de agradecer ao meu pai, Sérgio, por ter me incentivado desde o início em escolher essa carreira e saber que estou aqui graças a ele, junto da minha mãe, Rosângela, minha irmã, Juliana, minha avó, Leonor, e a todos da minha família que me apoiaram também e alguns amigos como Carlos, Giovanni (Mineiro), Felipe (Lobo), Vinícius, Matheus Pieri, Lucas Mayon, Leonardo Freire, Gabriel (Gantos), Alessandro Takeda e outros.

Dentre meus amigos da Geologia, os quais muito fiz, gostaria de primeiro agradecer os “Urubus”, nome dado a nosso grupo pelo Prof Boggiani, entre eles estão o Antônio (Cipó), Cássio (Frieria), Cauê (Joanete), Eduardo (Bocão), Giovanni (Xarrete), Leonardo (Origami), Luís (Clavipes), Matheus (Mourão), Rodrigo (Micose), Thiago (Progidio) e Vinícius (Ovolete).

Dentre os professores gostaria de agradecer principalmente ao meu orientador, Prof Gaston, que me abriu as portas para esse mundo e me ajudou muito desde o início da minha pesquisa, ainda quando era um projeto de IC anos atrás, também ao meu antigo orientador que me ajudou de forma que não sou capaz de retribuir, Prof Boggiani, o qual tenho enorme admiração.

Dentre outros amigos que gostaria de citar estão: Matheus Ávila (Judeu), Paulo Amaro (Capim), Matheus (Canivete), Caroline (Lava), Baymax (Thais), Gabriela (Xorão), Gabrielle (Tecna), Camila (Nessie), Otto (Akassio), Maria (Mingau), Alana (Froda), Mariane (Roxy), Julia (Gimli), Rodrigo (Conha), Danilo (Darwin), Guilherme (Ventosa), Larissa (Flora), Ellen (Caipora), Alexandre (Kayak), Isadora (Protex), Gabriel (Dev), Lucas (Peregrino), Mateus (Perdigas), Ariane (Crina), Nikolas (Hannibal), Jóschuas (Areia), Vic (L), João (Picareta), Milena (Harley), Ester (Mariposa), André (Reddit), Rosana do Acolhegeo por me ajudar e ajudar tantos outros e ao meu supervisor na BTX, o João. Agradeço também a todos outros amigos e colegas os quais não consegui colocar aqui.

Geologia é o estudo da complexa arquitetura do mundo, marcada por sua aparente aleatoriedade, caos e com ausência de finalidade, seguindo apenas leis universais. Não há metas ou objetivos a serem alcançados na natureza, isso é invenção humana - o universo não tem um propósito, sentido ou objetivo, isso é interno a nós -. Talvez instintivamente tenhamos evoluído esse desejo, de explorar e entender, e com certeza esse é um dos traços mais marcantes de nossa espécie. Quem dá sentido à geologia é o homem.

RESUMO

Um fragmento de rocha de aproximadamente 3cm e 9,901g encontrado no noroeste da África que se assemelha muito com um meteorito foi adquirido e cedido para pesquisa por Gabriel Gonçalves. A amostra foi então analisada por microscopia óptica, MEV, Microsonda Eletrônica e Raman. O material foi compreendido como sendo um meteorito acondrito Eucrito monomítico do Tipo petrográfico 1 com clastos do Tipo petrográfico 1 e 2, muito provavelmente pertencente ao asteróide Vesta ou algum vestóide. Sua composição é máfica com proporção modal de plagioclásio 42,1%, piroxênio de baixo cálcio 36,87% , piroxênio de alto cálcio 13,1%, polimorfos de sílica 6,42% e ilmenita 1,54%, A O eucrito é do tipo não-equilibrado, com a composição do piroxênio variando entre: $Wo_{0,46-41,58}$, $En_{1,45-65,38}$, $Fs_{28,95-82,28}$. e o plagioclásio possui composição média de $An_{83,58 \pm 2,05}$. Outros minerais acessórios, encontrados foram ilmenita, apatita, cromita, K-feldspato, olivina, baddeleyíta, troilita e ferro metálico, sendo esses dois últimos muito raros em rochas terrestres, e comuns em meteoritos. As análises Raman indicam a presença de três polimorfos de sílica: quartzo, tridimita e cristobalita, que representam complexidade em seu desenvolvimento térmico e de origem. A amostra foi então correlacionada com os modelos de evolução de Vesta, como os modelos de evolução de crosta, manto e núcleo de oceano de magma, sendo essa amostra um possível análogo de crosta primordial que pode ser relacionado à crosta primordial terrestre e de outros planetas rochosos.

ABSTRACT

A rock fragment measuring approximately 3 cm in size and weighing 9.901 g, found in northwest Africa and closely resembling a meteorite, was provided for research by Gabriel Gonçalves. The sample was then analyzed by optical microscopy, SEM (Scanning Electron Microscopy), Electron Microprobe, and Raman spectroscopy. The material was found to be a monomictic eucrite achondrite meteorite of petrographic type 1, with clasts of petrographic types 1 and 2, most likely originating from the asteroid Vesta or a vestoid. Its composition is mafic, with a modal proportion of plagioclase 42.07%, low-calcium pyroxene 36.87%, high-calcium pyroxene 13.1%, silica 6.42% and ilmenite 1.54%. The composition is notably unequilibrated, with pyroxene ranging in $Wo_{0.46-41.58}$; $En_{1.45-65.38}$, and $Fs_{28.95-82.28}$; and plagioclase with an average $An_{83.58 \pm 2.05}$. Other accessory minerals were found, including ilmenite, apatite, chromite, K-feldspar, olivine, baddeleyite, troilite, and metallic iron, the later two being very rare in terrestrial rocks but common in meteorites. Raman analyses indicate the presence of three silica polymorphs: quartz, tridymite, and cristobalite, indicating complexity in its thermal evolution and origin. The sample was then correlated with Vesta's evolutionary models, including crust, mantle, and magma ocean core evolution models, suggesting that this sample may serve as an analogue for primordial crust that could relate to the primordial crust of Earth and other rocky planets.

Sumário

1.INTRODUÇÃO	6
2.OBJETIVOS.....	7
3. FUNDAMENTAÇÃO BIBLIOGRÁFICA	7
3.1.Classificação dos Meteoritos	7
3.2. Meteoritos do Clã HED (Howardito, Eucrito e Diogenito).....	8
3.2.1. Eucritos	9
3.2.2. Diogenitos	11
3.2.3. Howarditos	11
4. MATERIAIS E MÉTODOS	12
5. RESULTADOS.....	13
5.1 Textura da amostra vista em microscópio óptico e MEV	14
5.1.1. Matriz.....	14
5.1.2. Clasto Brechado.....	15
5.1.3. Clastos tipo A - Textura fina/média	15
5.1.3. Clastos tipo B - Textura afanítica	18
5.2. Textura Mineral - Mapas Composicionais e MEV	20
5.2.1 Mapas composicionais.....	20
5.2.1.1 Mapa 1 - Grande área, menor detalhamento	20
5.2.2.1 Mapa 2 - Mapa detalhado.....	21
5.2.2. Piroxênio de Baixo Cálcio	22
5.2.3. Piroxênio de Alto Cálcio	23
5.2.4. Plagioclásio	24
5.2.5. Olivina.....	25
5.2.6. Ilmenita.....	26
5.2.7. Ferro metálico	26
5.2.8. Baddeleyíta	27
5.3. Química Mineral por WDS	27
5.3.1. Piroxênio	28
5.3.1. Plagioclásio	28
5.3.3. Olivina.....	29
5.3.4. K-feldspato	29
5.5. Composições Minerais por EDS.....	30
5.6. Composição de Rocha Total Estimada	30
5.7. Raman - Polimorfos de Sílica	31
6. DISCUSSÃO	33
6.1. Classificação.....	33
6.2. Origem - Corpo Parental.....	34
6.3. Basaltóide de Vesta - Eucrito	36
6.3. Tipo Petrográfico.....	37
6.4. Evolução Petrológica - Textura, Metamorfismo, Intemperismo e Grau de Choque	38
6.5. Relação com o Protoplaneta Vesta	41
6.6. Relação com a evolução da Terra e de outros Planetas Rochosos	42
7. CONCLUSÃO	43
8. REFERÊNCIAS.....	44

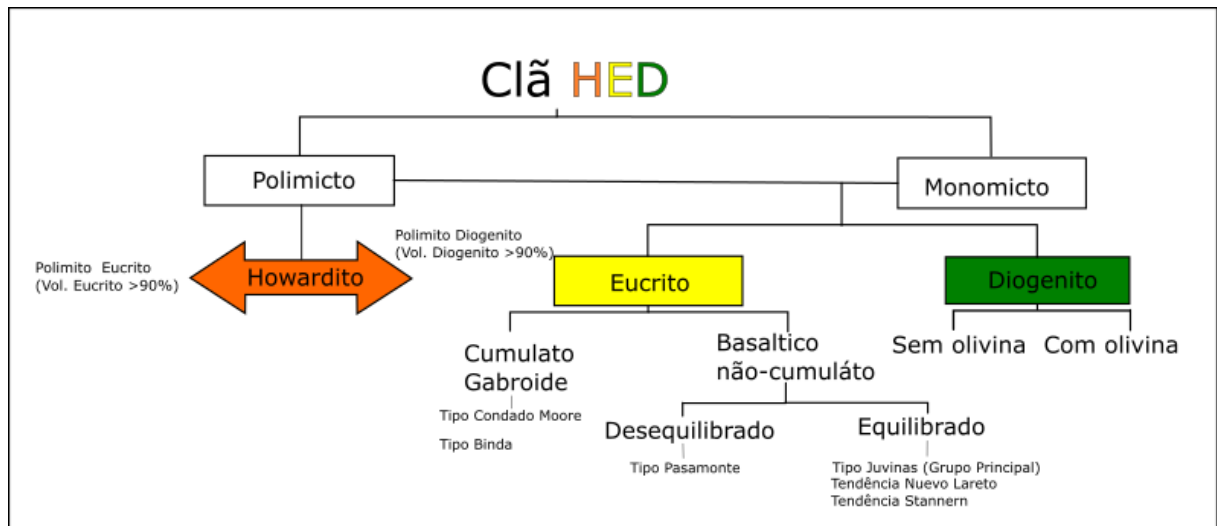
1.INTRODUÇÃO

O Sistema Solar possui uma série de corpos diferenciados, termo utilizado em astrogeologia, para se referir a corpos que passaram por um alto grau de fusão ou metamorfismo. Esse processo, chamado de diferenciação, apaga a textura condritica das rochas que os compunham originalmente e gera uma distribuição geoquímica em camadas (e.g. núcleo, manto e crosta) desses grandes corpos parentais (Norton, 1994).

Os meteoritos são rochas provenientes de diferentes locais do nosso Sistema Solar e revelam a sua história de formação e evolução. Em particular, eles podem ser usados para entender a história da Terra e de outros planetas rochosos. Os meteoritos Não-Condriticos são uma importante fonte de informação a respeito da composição da superfície e do interior dos planetas rochosos, tanto do núcleo, como do manto e da crosta. Eles também ajudam a explicar os processos de formação planetária como a diferenciação em modelo de oceano de magma por intensa cristalização fracionada, diferença de densidade, fusão parcial e segregação de magmas. Mais especificamente, exemplos clássicos de sua importância incluem (Day, 2015): (i) a associação dos meteoritos metálicos à composição do núcleo terrestre; (ii) o estudo de meteoritos lunares para a elaboração do modelo do impacto com o planeta Theia para a formação da Lua.

Os corpos diferenciados incluem todos os planetas e luas, além dos protoplanetas, sendo o tema deste trabalho. O corpo conhecido como 4 Vesta é um asteroide diferenciado do cinturão de asteroides, localizado entre 2.15 e 2.57 Unidades Astronômicas (U.A.) do Sol, com diâmetro equatorial de 570 km. Esse corpo foi estudado pela missão Dawn em 2007, que obteve dados geológicos importantes, que permitiram a comparação entre as rochas de Vesta e meteoritos reconhecidos como prováveis candidatos a terem advindos de lá (Rayman & Mase, 2014). Esses estudos reforçam a hipótese de que os meteoritos do chamado clã HED se originaram no asteroide Vesta.

O estudo dos meteoritos Não-Condriticos também nos permite investigar, aqui na Terra, materiais vindos de outros corpos celestes. As únicas amostras de Marte na Terra hoje são de meteoritos que caíram aqui. Isso permite um estudo mais detalhado dessas rochas, já que não há laboratórios acoplados em *rovers* ou sondas em Marte que consiga a mesma robustez de dados que os equipamentos laboratoriais terrestres, por uma questão de logística e técnica (Bouvier et al., 2009). O mesmo vale para o asteroide Vesta. O estudo dos meteoritos do clã HED e sua identificação petrológica foi crucial para o entendimento de Vesta como um corpo parental diferenciado, semelhante a um planeta rochoso. Com isso, há a percepção de que o cinturão de asteroides entre Marte e Júpiter foi muito mais agregado e chegou a formar protoplanetas diferenciados, diferente do que se acreditava antes (O'Brien & Sykes, 2011). Além disso, a associação dos meteoritos do clã HED



(howardito, eucrito e diogenito). com os Vestóides, asteroides de espectro

semelhante aos de Vesta, sugere que Vesta sofreu um grande impacto que resultou na perda de $\frac{2}{3}$ de seu volume (Consolmagno et al., 2014).

O número de meteoritos Acondritos do clã HED conhecidos é muito reduzido, em comparação ao total de meteoritos, devido à sua raridade na natureza. Portanto, estudos nesses tipos de meteoritos, como o apresentado na presente monografia, nos permitem um maior entendimento dos processos de diferenciação de corpos parentais, da formação dos protoplanetas, da evolução do cinturão de asteroides e até entender melhor os momentos iniciais de formação da Terra e de outros grandes corpos rochosos do Sistema Solar.

2.OBJETIVOS

O presente projeto tem por objetivo a classificação e a caracterização petrográfica de um meteorito não estudado, identificado como possível acondrito, encontrado no Noroeste Africano, possivelmente na região do Marrocos. O material foi adquirido e posteriormente cedido por Gabriel Gonçalves para incorporação à coleção do IGc e seu estudo.

Como objetivos específicos, serão avaliadas sua textura e química mineral através de microscopia óptica, microscopia eletrônica de varredura, microsonda eletrônica e Raman, com o intuito de descrever sua petrografia, avaliar seu grau metamórfico, a fim de caracterizá-lo petrologicamente e geoquimicamente, comparando-o com outros meteoritos acondritos estudados na literatura e principalmente com os trabalhos de Papike *et al.* (2003, 2017). Dessa forma, pretende-se colocá-lo no contexto da história geológica do seu corpo parental e compará-lo à história geológica da Terra.

3. FUNDAMENTAÇÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1.Classificação dos Meteoritos

Os meteoritos podem ser classificados em duas categorias bastante abrangentes segundo sua origem (Krot *et al.*, 2014; Grady *et al.*, 2014). A primeira, chamada de condritos, refere-se aos meteoritos rochosos mais primitivos, formados por partículas esféricas denominadas côndrulos. Esses meteoritos possuem texturas ígneas, são compostos por olivina e piroxênios de baixo cálcio dispersos em uma matriz feldspática vítrea ou microcristalina e muitas vezes são acompanhados de fase metálica de Fe-Ni e sulfetadas, como a troilita. Sua composição geralmente é ultramáfica com Fe, Mg, Si e O como principais elementos constituintes (Krot *et al.*, 2014; Grady *et al.*, 2014).

O segundo tipo, chamado de não-condritos, refere-se aos meteoritos não primordiais, ou seja, aqueles que resultam da alteração térmica, via fusão total ou parcial dos condritos. Esse tipo tem como característica a ausência dos côndrulos, já que essa textura é apagada pela fusão. Além

disso, pode ocorrer a separação total ou parcial das fases rochosas e metálicas devido à diferença de densidade desse material em estado de fusão. Por fim, pode ocorrer também a cristalização fracionada desse material. Esse processo, chamado de diferenciação, está relacionado a corpos celestes maiores do que aqueles dos quais se formaram os meteoritos condritos, como grandes asteroides, protoplanetas, satélites e planetas, que atingem graus térmicos e de pressão muito elevados, o suficiente para a ocorrência do processo de diferenciação (Krot *et al.*, 2014; Grady *et al.*, 2014).

Entre os não-condritos há os metálicos, os ferro-silicáticos e os acondritos. Os metálicos são compostos principalmente por ligas de Fe-Ni. Composicionalmente são os melhores análogos ao material que compõe o núcleo terrestre, já que são associados a núcleos de grandes asteroides diferenciados (Krot *et al.*, 2014; Grady *et al.*, 2014). Os intermediários entre metálicos e silicáticos são chamados de ferro-silicáticos, como os palasitos e os mesosideritos. Os mesosideritos são compostos basálticos, gabróides ou piroxenitóides, com grande quantidade de metais, possivelmente formados por grandes impactos entre corpos metálicos e rochosos. Já os palasitos são considerados de origem mais profunda e são compostos por metais, olivinas e também muitas vezes piroxênios (Benedix *et al.*, 2014; Grady *et al.*, 2014).

Os acondritos são rochosos e se subdividem em acondritos diferenciados e acondritos primitivos. Os diferenciados são aqueles que apresentam textura ígnea, por impacto ou de metamorfismo termal. Já os acondritos primitivos tem como característica uma composição química comparável a dos Condritos, avançada recristalização e um baixo grau de derretimento, considerado o material intermediário entre acondritos diferenciados e condritos (Krot *et al.*, 2014; Grady *et al.*, 2014).

3.2. Meteoritos do Clã HED (Howardito, Eucrito e Diogenito)

Segundo o site Meteoritical Bulletin da Meteoritical Society (<https://www.lpi.usra.edu/meteor/>), existem 3.890 acondritos registrados em seu catálogo, de um total de aproximadamente 81.300 meteoritos classificados. Isso equivale a aproximadamente 5,3% do total de meteoritos registrados.

Dentre os meteoritos acondritos, o clã mais comum é o HED (howardito, eucrito e diogenito). O eucrito é muito similar a um basalto ou a um gabro/cumulato. Os diogenitos são compostos predominantemente de ortopiroxênio, geralmente com proporção modal de olivina abaixo de 15% em volume (Grady *et al.*, 2014). O howardito é uma brecha com uma mistura de clastos de composição de eucrito e diogenito, contendo mais de 10% de ambos os tipos. A classificação está esquematizada na Figura 1. Quando brechados, podem ser classificados como monomito, quando todos os clastos possuem a mesma origem, ou polimito, quando os clastos possuem diferentes origens (Grady *et al.*, 2014).

Os HED são entendidos como rochas pertencentes aos asteroides da família dos Vestoídes, ou seja, aqueles associados ao asteroide Vesta, o maior do Sistema Solar, localizado no cinturão principal de asteroides entre Marte e Júpiter, interpretado como remanescente de um antigo protoplaneta (Mittlefehldt, 2013; Mittlefehldt, 2014). A associação dos HED com Vesta foi feita pela primeira vez por Larson & Fink (1975), que compararam o sinal de infravermelho de meteoritos eucritos com sinal da superfície do asteroide. Mais tarde, Consolmagno & Drake (1977) baseando-se em modelos de fusão em mar de magma e cristalização fracionada e utilizando os elementos de terras raras identificaram a relação genética entre os diogenitos e o eucritos.

Estudos mais recentes em eucritos identificaram que esses possuem idades próximas e foram formados em um único evento de cristalização (Russel *et al.*, 2012). Essa associação entre meteoritos HED e o asteroide Vesta foi reforçada pelos dados obtidos pela missão Dawn que visitou o asteroide entre 2011 e 2012 (McSween *et al.*, 2013). Esses dados indicam que os meteoritos HED são todos parentes próximos de um único evento de cristalização fracionada em mar de magma, que muito provavelmente tem origem no asteroide Vesta (Mittlefehldt, 2014).

No entanto, há classificações que consideram a existência de eucritos polimíticos baseado em mais de uma origem de seu material clástico, gabroide e basáltico como nos trabalhos de Delaney *et al.* (1984) e Buchanan & Reid (1996).

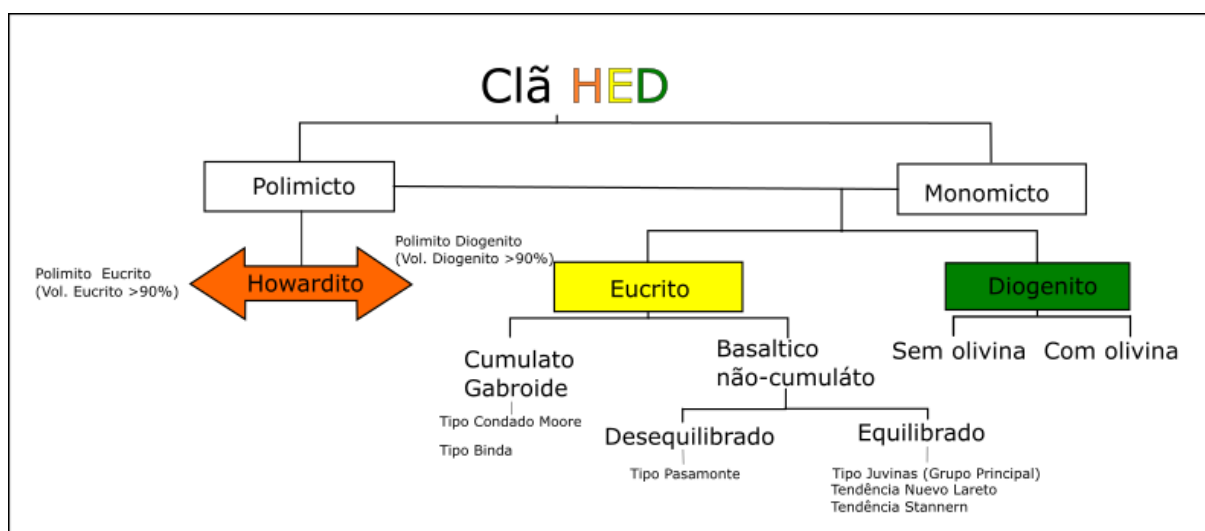


Figura 1: Divisão do Clã HED. Modificado de Grady *et al.* (2016).

3.2.1. Eucritos

Os eucritos são muito semelhantes aos gabros e basaltos. Sua composição é dominada por piroxênios e plagioclásios. A maior parte dos eucritos basálticos são brechas que incluem pequenos clastos e matriz fina (Grady *et al.*, 2014).

Os eucritos cumuláticos ou gabroides possuem textura média a grossa, dominada por pigeonita e plagioclásios cálcicos, tendo como acessórios mais comuns cromita e ilmenita. Pode haver também a presença de minerais fosfáticos, sílica, sulfetos (troilita) e fase metálica, esta última

formada por redução do FeO durante o metamorfismo térmico ou por incorporação de material exógeno impactante (Mayne *et al.*, 2009; Rubin & Ma, 2021; Shisseh *et al.*, 2024). Uma característica determinante desses eucritos gabróides/cumuláticos é a exsolução do diopsídio para lamelas de augita, em baixos graus metamórficos, visível apenas por microscopia por transmissão. Da mesma forma, a ilmenita ocorre não somente em grãos, mas também como lamelas de exsolução da cromita. A fase metálica, quando presente, geralmente possui baixíssimo teor de Ni (<0,5% em peso) e baixo valor na razão Ni/Co (<5%) (Mayne *et al.*, 2009; Grady *et al.*, 2014; Rubin & Ma, 2021), ainda que possa haver incorporação de material exógeno, caracterizado pela presença de maior teor de Ni (Shisseh *et al.*, 2024).

Já os eucritos basálticos ou microcristalinos/afaníticos, como o próprio nome sugere, são muito similares às rochas basálticas terrestres, também chamados de não-cumuláticos. Possuem textura fina a média e são compostos principalmente por pigeonita (média de 50% em volume) e plagioclásio (média de 42% em volume) (Grady *et al.*, 2014). Os eucritos basálticos/não-cumuláticos são divididos também em equilibrados e não equilibrados baseados na composição dos piroxênios. Assim como nos condritos, esse termo se refere a metamorfismo térmico, sendo os mais equilibrados com maior grau de metamorfismo e os não equilibrados, os de menor grau (Mayne *et al.*, 2009; Grady *et al.*, 2014; Rubin & Ma, 2021). Tanto nos eucritos basálticos equilibrados e não equilibrados/desequilibrados, o teor de ferro é maior do que nos eucritos gabróides. Os plagioclásios têm menor teor de Ca do que nos eucritos gabróides. No entanto, os plagioclásios ricos em Ca são acompanhados de lamelas de baixo teor em Ca (Mittlefehldt, 2013).

Assim como nos meteoritos condritos, existe uma divisão petrológica baseada em metamorfismo de 1 a 6 feita por Takeda & Graham (1991) e apresentada na Tabela 1.

Tabela 1: Classificação petrográfica (quanto a metamorfismo) dos meteoritos Eucritos Basálticos/Não-cumuláticos por Takeda & Graham (1991). TEM (Microscópio Eletrônico por transmissão) e EPMA (microsonda eletrônica).

Tipo	1	2	3	4	5	6
Zoneamento químico	Extenso zoneamento totalmente preservado	Piroxênios ricos em Fe metaestáveis	Fe-Ca tende do centro a borda	Homogeneidade do hospedeiro e zonamento remanescente	Homogeneidade do hospedeiro e exsolução da piogenita	Homogeneidade do hospedeiro e exsolução da piogenita
Inversão para Opx	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Falha de empilhamento	Parcialmente invertido
Turbidez dos Px	Ausente	Ausente	Traços	Presente	Presente	Presente
Vidro em Mesostasis	Preservado	Não claro	Não claro	Recristalizado ou ausente	Recristalizado ou ausente	Recristalizado ou ausente
Exsolução de augita	TEM escala	TEM escala	TEM escala grosseiramente	Resolução por EPMA	Resolução por EMPA	Resolução por EMPA

Exemplos	Y75011, 84 Clastos em Y75015, Y74450	Pasamonte	Clasto Y790266 em	Stannern Nuevo Laredo	Juvinas, Haraiya, Emmaville, Sioux Co,	Y791186 Y792510
----------	---	-----------	----------------------	--------------------------	--	--------------------

3.2.2. Diogenitos

Diogenitos são rochas bem granuladas com minerais que variam de milímetros a centímetros de diâmetro. Existem dois padrões texturais entre os diogenitos, os brechados (interpretados como brechas de impacto) e os granulares (interpretados como embasamento) (Shearer *et al.*, 1997; Rubin & Ma, 2021). Sua composição é predominantemente composta por ortopiroxênios (>85%), que podem ocorrer tanto da matriz como em grãos principais, com baixa proporção de plagioclásio (<5%) (Grady *et al.*, 2014; Rubin & Ma, 2021).

Os diogenitos apresentam alguma semelhança com as rochas mantélicas terrestres que sofreram fracionamento devido à diferenciação química durante a fusão dos condritos primordiais. Isso indica que estes meteoritos pertenceram a corpos parentais grandes, com fusão parcial ou total capaz de enriquecer os diogenitos, que se acumularam em porções mais profundas, em elementos pesados como Fe, Mg e Cr e enriqueceu os eucritos, de ocorrência mais rasa, com elementos leves, como Al, Na, Ca e outros (Shearer & Papike, 1996; Shearer *et al.*, 1997).

Ou seja, é muito provável que os eucritos, na verdade, sejam fundidos segregados dos diogenitos. O teor de Mg no magma diogenítico simulado em estudos experimentais é maior do que nos eucritos e corrobora para essa hipótese. Com isso os diogenitos seriam os meteoritos primordiais do clã HED. (Shearer & Papike, 1996; Shearer *et al.*, 1997).

3.2.3. Howarditos

Os howarditos são brechas que possuem em sua composição principal material eucrito e diogenito misturado, que pode variar de 90% diogenito e 10% eucrito (howardito diogenítico) até 90% eucrito e 10% diogenito (howardito eucritítico) (Grady *et al.*, 2014). A característica textural dessas rochas é a presença de matriz fina a vítrea, com esférulas de vidro, clastos angulosos, fragmentos líticos ou até minerais de vários tamanhos, além de fragmentos, em menor proporção, de outros tipos de meteoritos (material exógeno). Essas rochas apresentam intenso sinal de metamorfismo de choque como vidro de fusão rápida, fraturamento planar, entre outros (Rubin & Ma, 2021).

Tudo isso corrobora a interpretação de que esses meteoritos são possivelmente brechas de impacto que misturam materiais de diferentes profundidades, como os diogenitos e os eucritos, depositando-os na superfície do corpo parental (Rubin & Ma, 2021).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

O meteorito estudado foi encontrado no Noroeste da África, pesa 9,901 g e tem aproximadamente 3 cm e foi cedido para estudo por Gabriel Gonçalves Silva. Destaca-se uma fina crosta de fusão bastante lisa e escura e formato levemente côncavo. **(Figura 2).**

As análises foram realizadas com o auxílio do microscópio óptico Zeiss Axio Imager do laboratório de Microscopia Óptica do Geoanalítica do IGc-USP utilizando luz transmitida e refletida. As imagens foram capturadas usando a câmera acoplada AxioCam MRc. Posteriormente essa amostra foi analisada com uso da Microsonda Eletrônica JEOL JXA-FE-8530 do Laboratório de Microsonda também do Geoanalítica-USP. Foram realizadas análises de Espectroscopia por Dispersão de Energia (EDS) e de Espectroscopia por Dispersão de Comprimento de Onda (WDS), além de imagens de elétrons retro-espalhados (BSE) e imagens composicionais de EDS/WDS. As análises e as imagens BSE utilizaram potencial de 15kV e uma corrente de 20nA, com diâmetro de feixe variando de 1 a 5 µm. As análises WDS foram realizadas nos piroxênios, feldspato e olivina, fundamentais para classificação dos meteoritos rochosos, usando padrões minerais da coleção do Smithsonian, disponível no laboratório. Os demais minerais contaram com determinações EDS. Imagens composicionais foram realizadas para os elementos K, Na, Ni, P, S, Si, Ti, Zr (EDS) e Al, Ca, Cr, Fe e Mg (WDS), utilizando potencial de 15kV e corrente do feixe de 100nA.

Foram realizadas análises Raman com intuito de identificar os possíveis polimorfos de sílica, utilizando o equipamento Renishaw InVia Reflex do Laboratório Quimiosfera do Instituto de Química da USP (IQ-USP) acoplado a um microscópio Leica DM2500M, com um laser de diodo de 785 nm (Renishaw) de 500 mW. Cada espectro individual foi coletado usando 30 acumulações de 2 s cada com o laser a 5% de sua potência e com a remoção de raios cósmicos.

Foram utilizados os seguintes *Softwares* ao longo do trabalho: o programa para criação de gráficos *Origin*, os programas de edição e manipulação de imagem *Inkscape* e *Gimp*, o *XMapTools* para tratamento dos dados de mapas composicionais e o *Fitky* para tratamento dos dados do Raman.

A classificação foi realizada com base nos trabalhos de Weisberg *et al.* (2006), Mittlefehldt (2013, 2014), Grady *et al.* (2014), Rubin & Ma (2021). Para identificação do corpo parental foram utilizados os trabalhos de Papike *et al.* (2003, 2017), para classificação petrográfica os de Takeda & Graham (1991) e para correlação com o corpo parental os trabalhos de Shearer *et al.* (1997) e Aileen Yings *et al.* (2023).

5. RESULTADOS

Um desenho esquemático feito a partir da fotografia da lâmina delgada da amostra foi realizado a fim de caracterizar alvos a serem analisados separadamente por microsonda. Para o

presente trabalho foram selecionados 8 clastos (de 1 a 8) de textura ígnea, a matriz e um clasto brechado. Os clastos de textura ígnea foram divididos de acordo com a granulometria, entre os com textura fina/média e os afaníticos (**Figura 2**).

Os minerais identificados na amostra com base nos métodos descritos acima foram: piroxênio, plagioclásio, feldspato potássico, apatita, olivina, ferro metálico, troilita, ilmenita, cromita, quartzo, tridimita, cristobalita, baddeleyíta e barita.

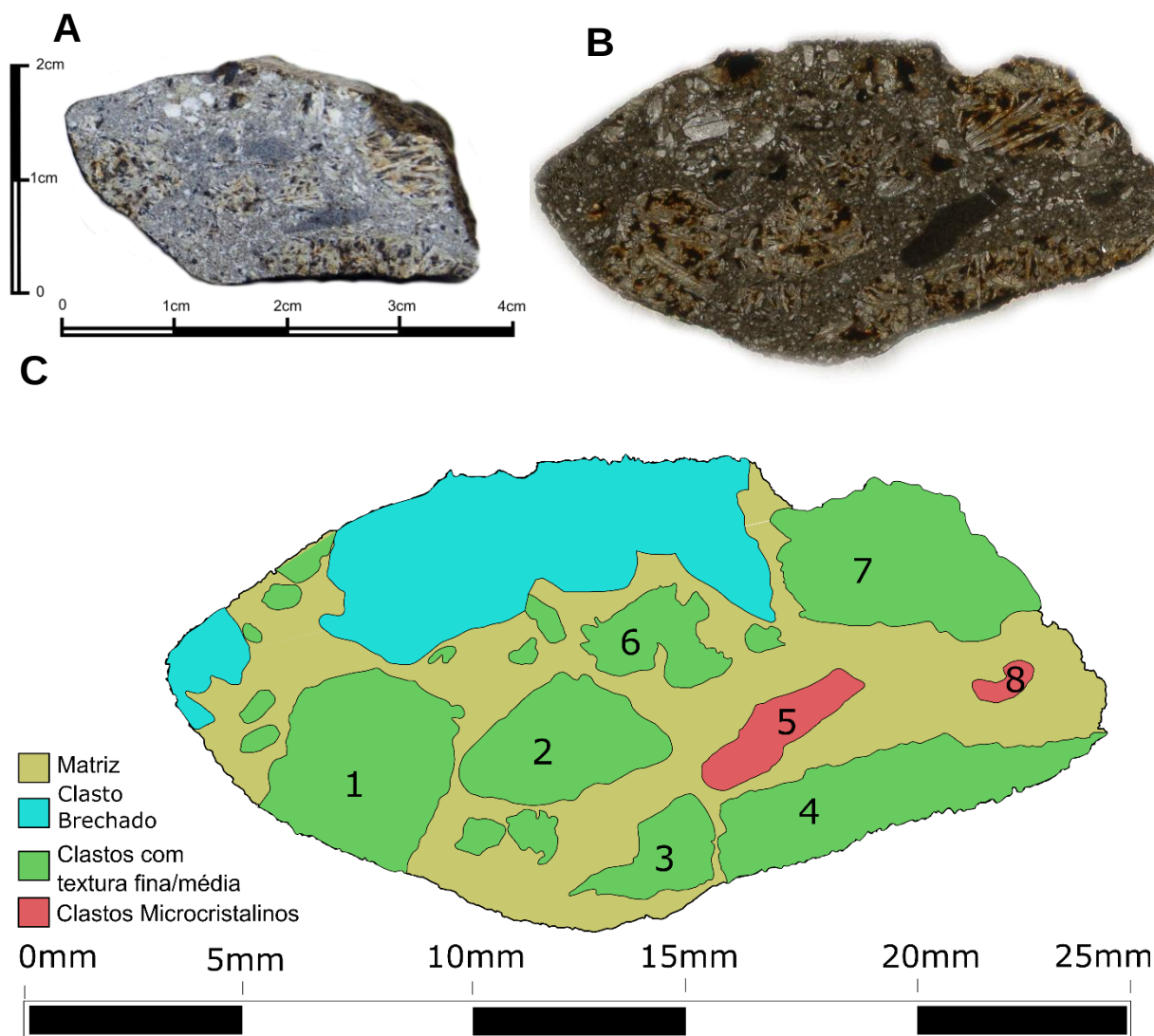


Figura 2: a) fotografia da amostra. b) Scan da sessão delgada. c) Croqui esquemático de separação textural entre as diferentes fases principais da amostra.

5.1 Textura da amostra vista em microscópio óptico e MEV

A seção polida da amostra estudada possui área de cerca de 2,5 x 1,5 cm e espessura de 50 μm . Ela apresenta feições de uma brecha ígnea de impacto, com duas texturas distintas de clastos líticos. A amostra foi dividida em Matriz, Clastos com textura fina/média (Clastos do tipo A), Clastos

afaníticos (Clasto do tipo B) e um Clasto Brechado. Os clastos são milimétricos, com diâmetro entre 1 e 5 mm e são sub arredondados a arredondados (**Figura 2**). O contato entre os clastos e a matriz é abrupto, conforme ilustrado na **Figura 3**.

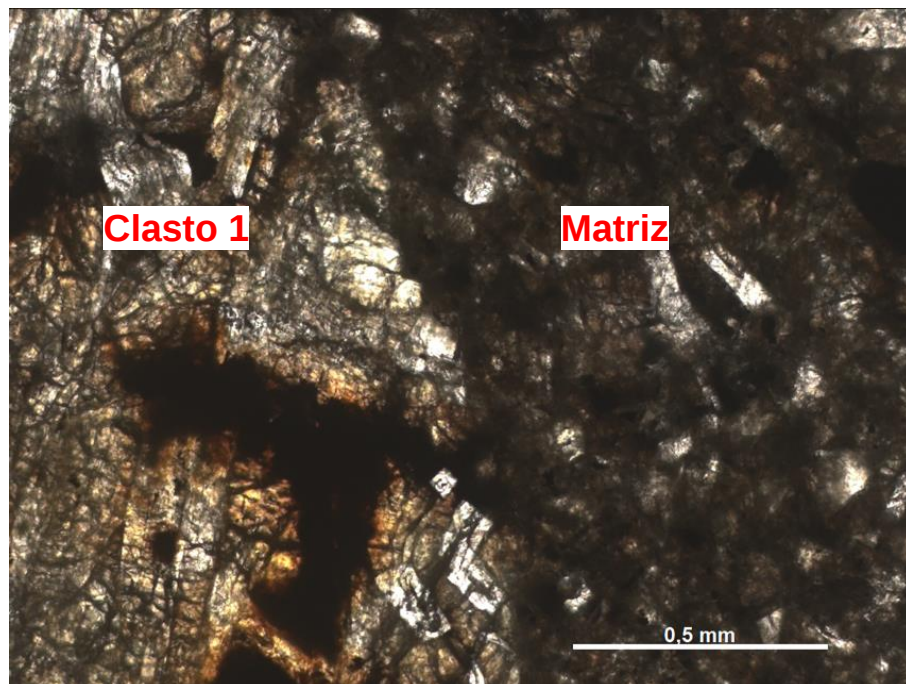


Figura 3: A esquerda, o Clasto 1, a direita a Matriz A, observa-se que o contato entre ambas as fases é abrupto e arredondado sem muitas irregularidades.

5.1.1. Matriz

A brecha é suportada pela matriz (**Figura 4**). A matriz é seriada entre fina e média, contendo alguns minerais finos e médios, como piroxênios e plagioclásios com tamanhos entre 50 μm e 200 μm . Os plagioclásios possuem textura subédrica, enquanto os piroxênios possuem textura anédrica. Ambos apresentam sinais de retrabalhamento por abrasão e por fusão de suas extremidades, alguns com textura de resfriamento rápido do tipo “rabo de andorinha”. Também ocorre grãos de sílica em menores dimensões, com até 50 μm . Da mesma forma, minerais opacos inferiores a 50 μm , como ilmenita, troilita, ferro metálico e cromita, ocorrem ao longo da matriz.

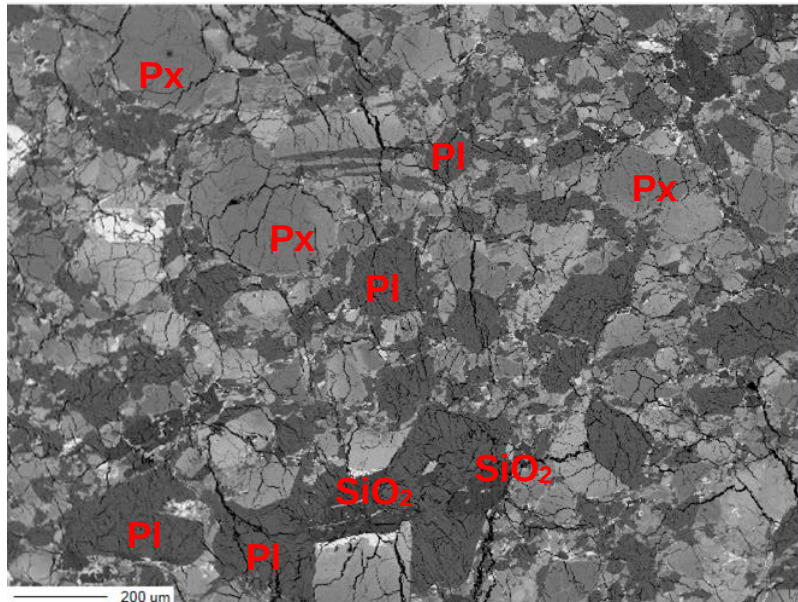


Figura 4: Imagem de elétrons retroespalhados da Matriz B.
 Pl = Plagioclásio, Px = Piroxênio, SiO₂

5.1.2. Clasto Brechado

O Clasto Brechado é suportado por clastos inequigranulares e mal selecionados, com muitos fragmentos minerais subarredondados a angulosos, principalmente de feldspatos e piroxênios. Também apresenta fases metálicas e sulfetadas similares às contidas nos clastos do resto da amostra, com tamanhos variando de 0,5 a 3 mm. Possui alguns litoclastos arredondados, bem como fragmentos subédricos de plagioclásios, observáveis na Figura 5. Da mesma forma que a Matriz A, ocorrem as porções opacas de ilmenita, troilita, ferro metálico e também olivina.

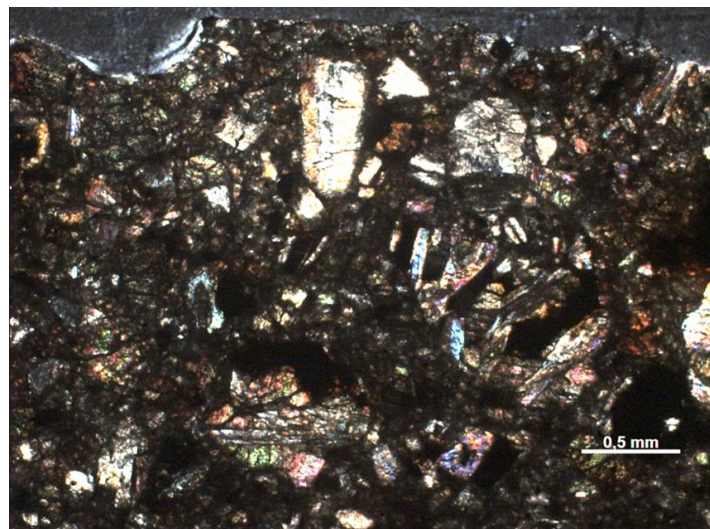


Figura 5: Clasto Brechado visto através de microscópio óptico.

5.1.3. Clastos tipo A - Textura fina/média

Os clastos do tipo A, com textura fina a média, têm como principal característica apresentar uma textura seriada marcada por grandes piroxênios zonados alongados, que variam de 0,1 mm a 2 mm (**figura 6**), plagioclásios ripiformes com, às vezes, textura esquelética e, localmente, textura “Rabo de Andorinha”. Ocorrem também algumas micro falhas com rejeito de até 0,15 mm em alguns clastos (**Figura 7**).

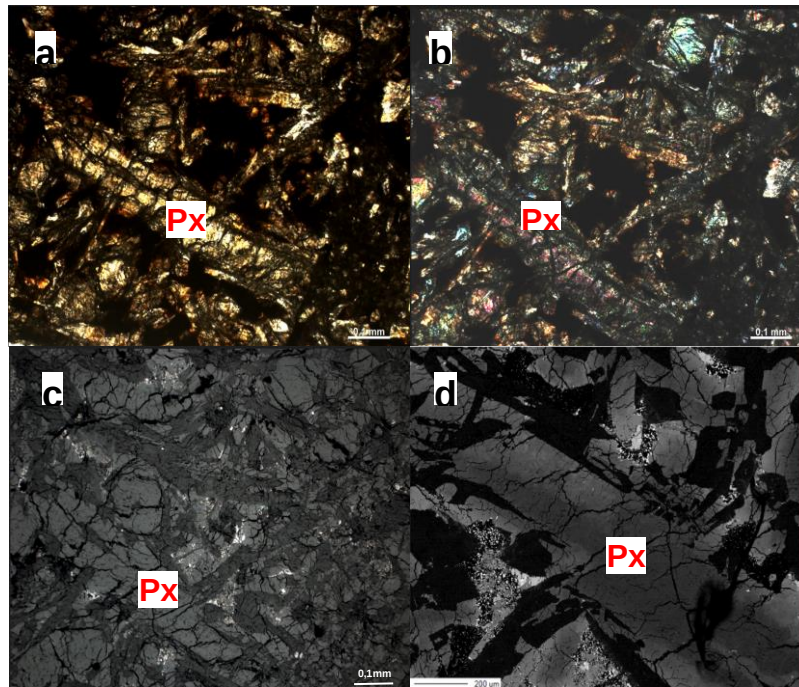


Figura 6: Clasto 1 observado em (a) luz transmitida sem polarizador por microscópio óptico, (b) luz transmitida com polarizadores por microscópio óptico, (c) luz refletida sem polarizador microscópio óptico, (d) Imagem de elétron retroespalhado evidenciando o zonamento químico do piroxênio.

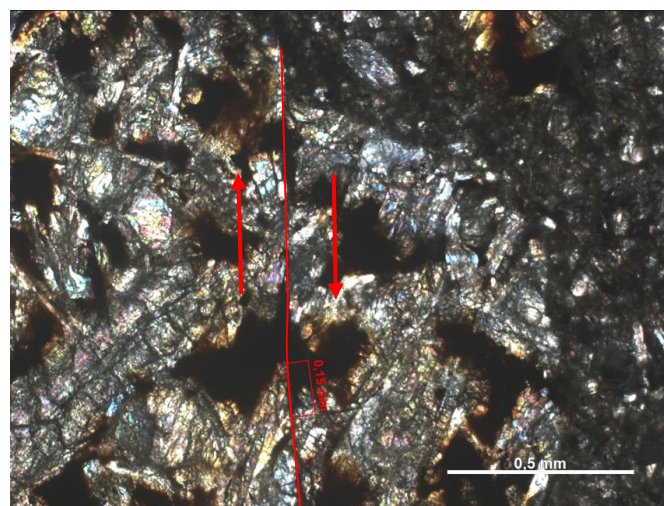


Figura 7: Falha com movimentação com rejeito de 0.15mm observável no Clasto 1.

No Clasto A7 (**Figura 8**) ocorre uma textura similar à “Spinifex”, onde grandes plagioclásios e piroxênios alongados de mais de 2 mm de comprimento ocorrem. Esse padrão de crescimento ocorre de forma mais isolada e bem menor nos outros clastos.

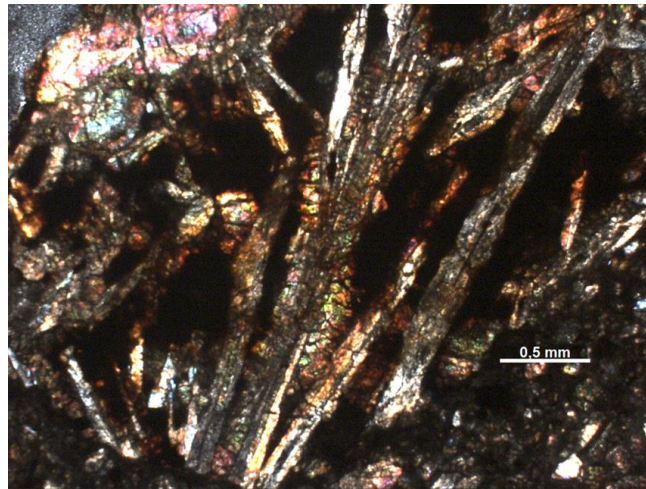


Figura 8: Textura similar a Spinifex dos Clasto A7 vista em microscópio óptico em 5x.

Os plagioclásios ocorrem quase sempre subédricos, um pouco menores que os piroxênios, atingindo geralmente no máximo 0,5 mm. Por sua vez, ocorre um polimorfo da sílica (SiO_2) com no máximo 0,3 mm. Intersticialmente à fase silicática principal, ocorrem minerais de cristalização tardia, como o feldspato potássico e o polimorfo de sílica, bem como troilita, ferro metálico, ilmenita, baddeleyíta, apatita e cromita, conforme pode ser visto na **Figura 9**. Há também cristais de cromita, que variam de 0,5 mm a 2 mm de diâmetro em meio à matriz e aos clastos brechados.

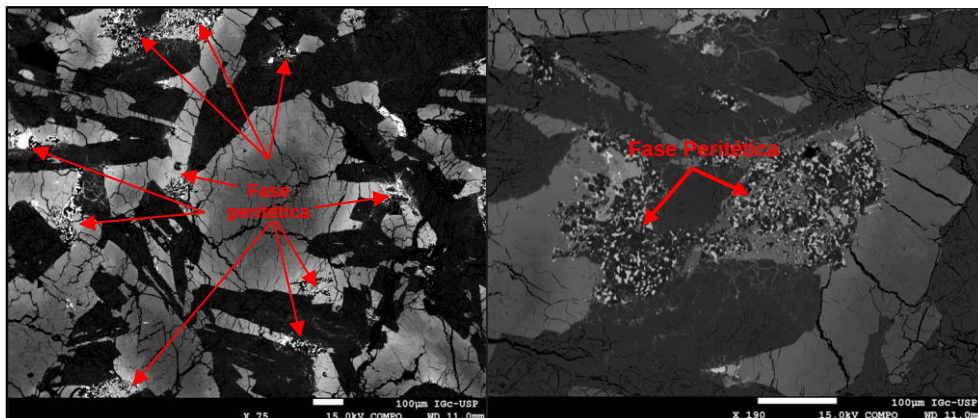


Figura 9: Fases peritéticas compostas por troilita, Fe metálico, olivina, feldspato potássico, cromita e badeleíta do Clasto B2 por MEV por eletroespalhado.

Há texturas associadas à recristalização por fusão parcial dos clastos B pelo processo de brechamento ígneo, muito provavelmente causado pelo choque de outro objeto em seu corpo parental. Um sobrecrecimento de faialita é observado em torno da ilmenita e do ferro metálico,

possivelmente associado à mistura de material silicato fundido pertencente à matriz com o ferro desses minerais (**Figura 10**).

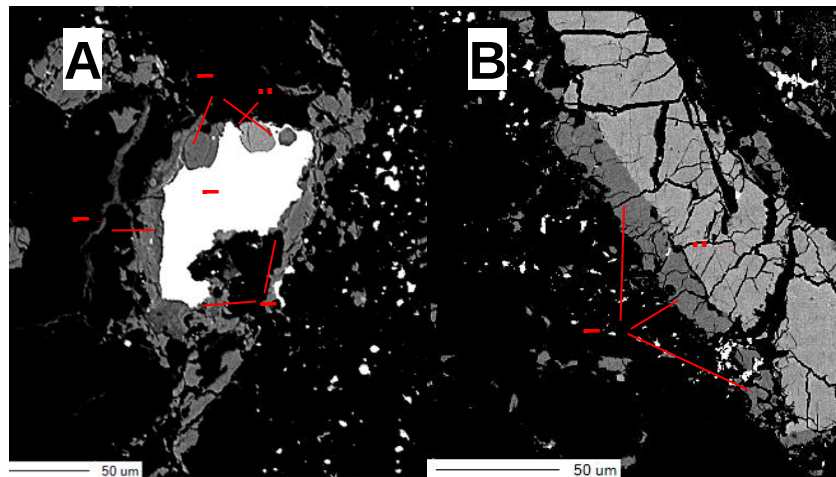


Figura 10: Em a) Ferro metálico (Fe) com Faialita (Fa) e Ilmenita (Ilm) em suas bordas pertencentes a Matriz A. Em b) Ilmenita com borda de Faialita na Matriz A. Vistos em MEV por eletroespalhamento.

Há alguns clastos, que embora pareçam independentes, são de fato um único clasto partido. Isso pode ser verificado devido à presença de uma continuidade textural, principalmente de grandes cristais de piroxênios que são alinhados e conectáveis, apresentando um bom encaixe. Esses são o caso dos Clastos A4 e A5 (**Figura 11**).

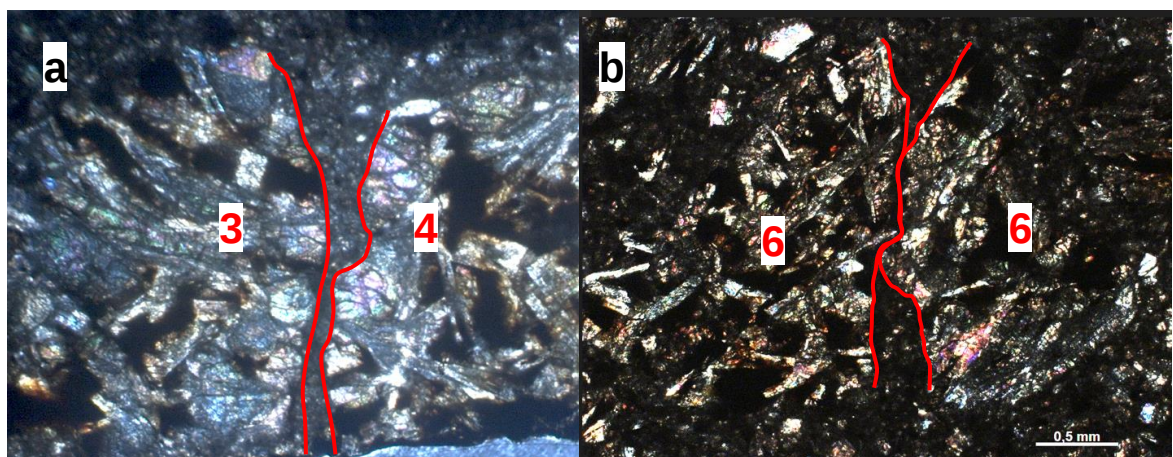


Figura 11: (a) mostra a fratura com sinais de fusão entre os clastos A3 e A4 já separados e a figura (b) mostra o mesmo processo no clasto A6, porém não houve completa separação.

5.1.3. Clastos tipo B - Textura afanítica

Os únicos clastos do tipo B correspondem aos clastos B5 e B8. A principal característica que os diferencia dos demais clastos é sua textura afanítica. Nestes, a granulometria é bimodal, com piroxênios alongados e zonados com até 0,2 mm de comprimento, em uma matriz composta principalmente por piroxênios menos zonados, associados a plagioclásio e sílica, todos com

textura muito fina, às vezes esquelética. Ao contrário dos clastos tipo A, nos tipo B não ocorrem as fases peritéticas, sendo que ferro metálico, cromita, ilmenita e troilita ocorrem intersticialmente e não em agregados. O Clasto B5 (**Figura 12**) possui contato bastante abrupto com a matriz e suas faces apresentam-se bastante arredondadas.

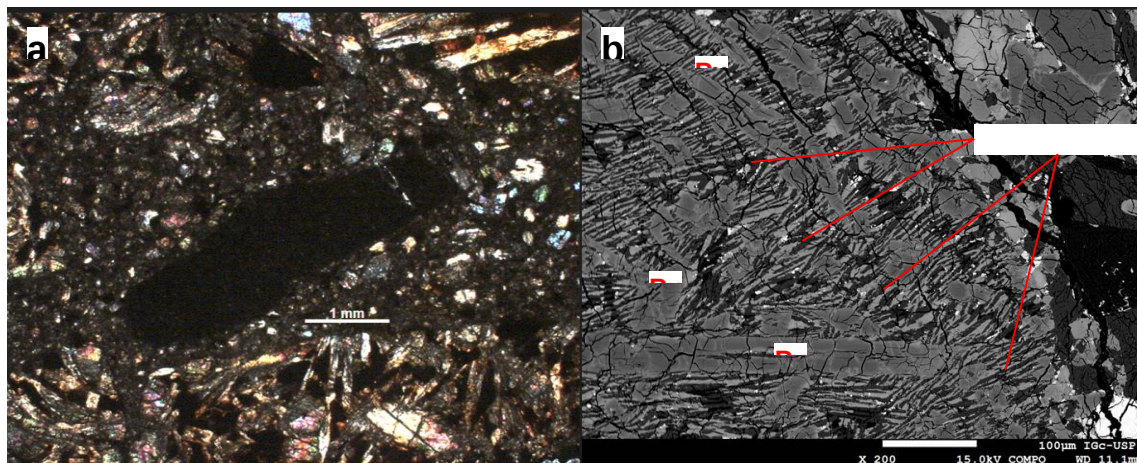


Figura 12: em (a) vista do Clasto 5 no microscópio óptico, em (b) vista do mesmo clasto em 200x em MEV por eletroespalhamento, na mesma imagem a direita, a matriz A para comparação. Note que à primeira vista o clasto parece vidro vulcânico, porém a partir dos 40x é possível começar a distinguir os minerais que só são realmente discerníveis com uso do MEV.

O Clasto B8 possui textura e mineralogia modal muito similar ao Clasto B5. No entanto, ele não possui contato abrupto com a matriz, sendo bastante gradual, o que pode sugerir que o material da matriz, quando fundido, estivesse recristalizado junto à suas bordas (**Figura 13**).

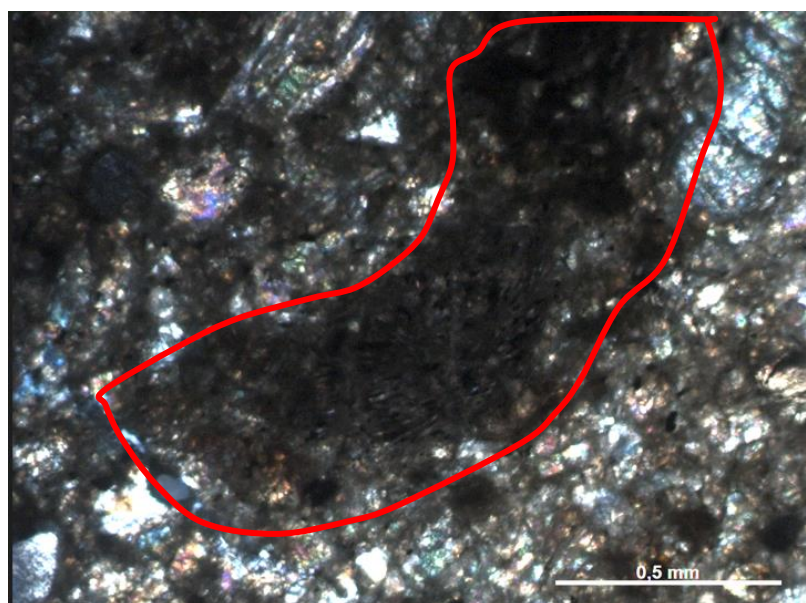


Figura 13: Clasto B8 visto em microscópio óptico, observa-se dificuldade de posicionar as bordas do clasto devido a intensa mistura com a matriz, diferente do clasto B5.

5.2. Textura Mineral - Mapas Composicionais e MEV

5.2.1 Mapas composicionais

Dois mapas composicionais foram feitos através de análises WDS e EDS, segue de elemento no Anexo 8. O **Mapa 1** representa uma grande área da parte superior a inferior do meteorito com menos detalhes, mas incluindo vários clastos e a matriz. Já o **Mapa 2** é menor, no entanto, foi feito com maior resolução, com intuito de observar as relações texturais do clasto 5 microcristalino e da matriz. Ambos os mapas estão apresentados na **Figura 14**.

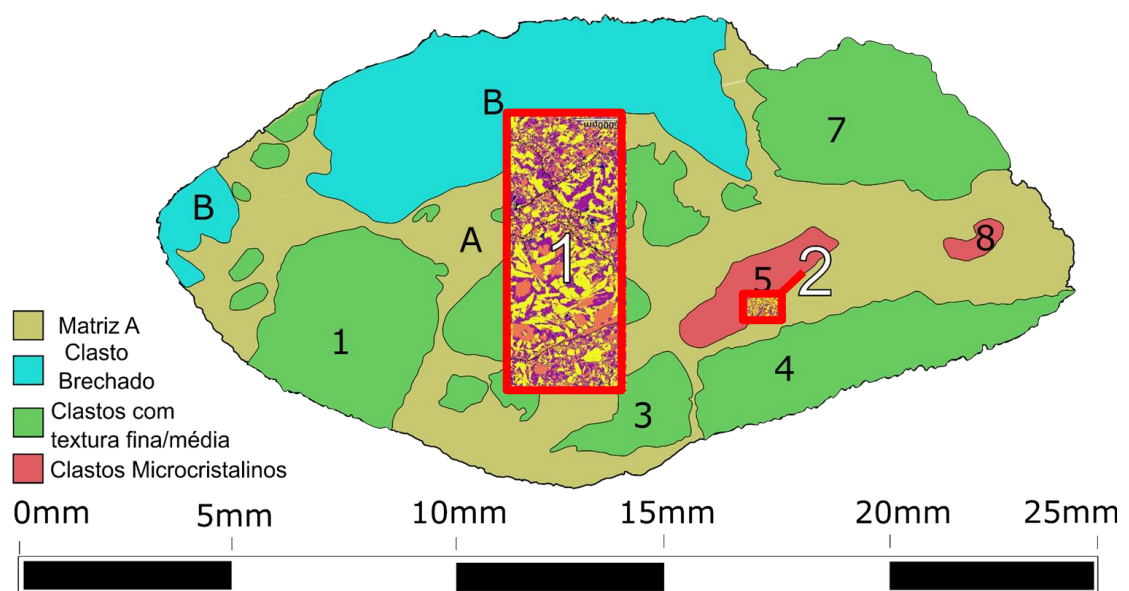


Figura 14: Localização do Mapa 1 e Mapa 2 composicionais da amostra. Os retângulos vermelhos com numeração em branco são os mapas composicionais indicados.

5.2.1.1 Mapa 1 - Grande área, menor detalhamento

O **Mapa 1** cobre uma parcela da amostra e através dele foi calculada a porcentagem em volume das principais fases minerais: polimorfos de sílica 6,42%, ilmenita 1,54%, piroxênio de baixo cálcio 36,87%, piroxênio de alto cálcio 13,1%, plagioclásio 42,1%. Ver Anexo 1.

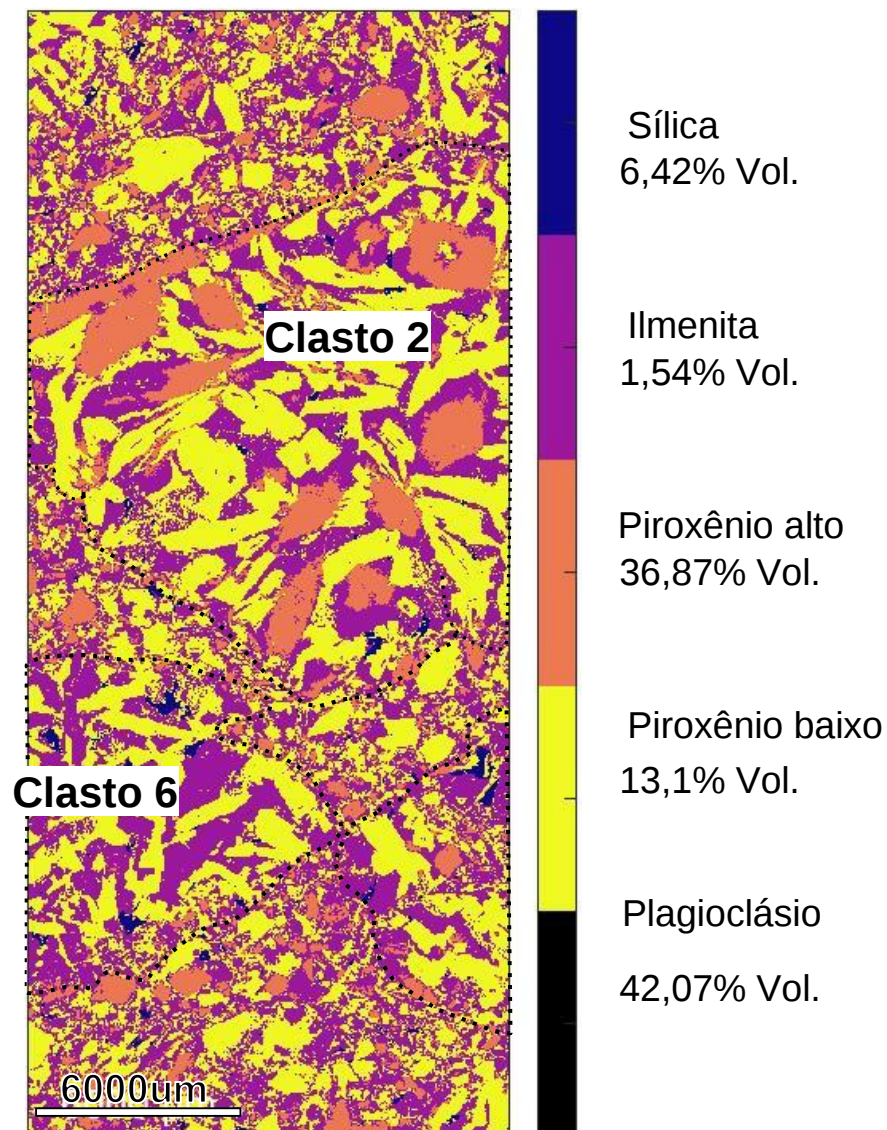


Imagem 15: Mapa e estimativa volumétrica das fases minerais calculadas a partir dos mapas elementais WDS e EDS (anexo 1) realizados através do programa *XmapTools*.

5.2.2.1 Mapa 2 - Mapa detalhado

O Mapa 2 (**Figura 15**) tem dimensões menores do que o Mapa 1 (**Figura 14**), de modo que possibilitou fazer uma área menor por pixel durante o imageamento composicional por WDS e EDS. Nesse mapa, além de apresentar em maior detalhe a matriz e o clasto afanítico B5, é possível identificar mais fases minerais não observáveis na resolução do Mapa 1, como Cromita, Badeleíta, Apatita. Ver anexo 2.

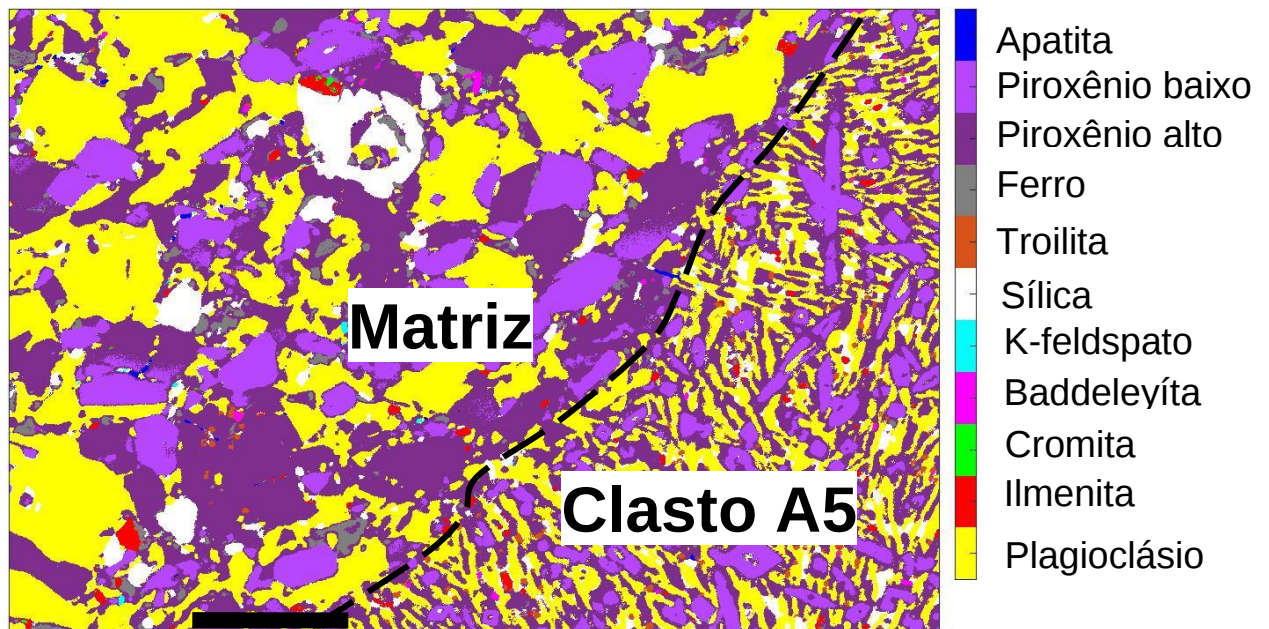


Imagem 16: Mapa das fases minerais calculadas a partir dos mapas elementais WDS e EDS (anexo 2) realizados através do programa *XmapTools*.

5.2.2. Piroxênio de Baixo Cálcio

Nos clastos, os núcleos do piroxênio tem baixo cálcio são mais idiomórficos e menos volumosos se comparado às suas bordas e grãos intersticiais com piroxênio com alto teor cálcio (**Figura 17**).

O zoneamento de Ca é bastante intenso, com o magnésio e com o ferro a composição também varia, mas em menor quantidade, ao longo de todo o grão.

Nos clastos tipo A, o formato dos grãos é idiomórfico a subidiomórfico, inequigranulares seriados com dimensões que variam de 200 a 2000µm, na matriz são igualmente zonados com dimensões inferiores a 400µm com formato subidiomórfico a anédricos, nos clastos tipo B são subidiomórficos a anédricos com dimensões inferiores a 200 µm.

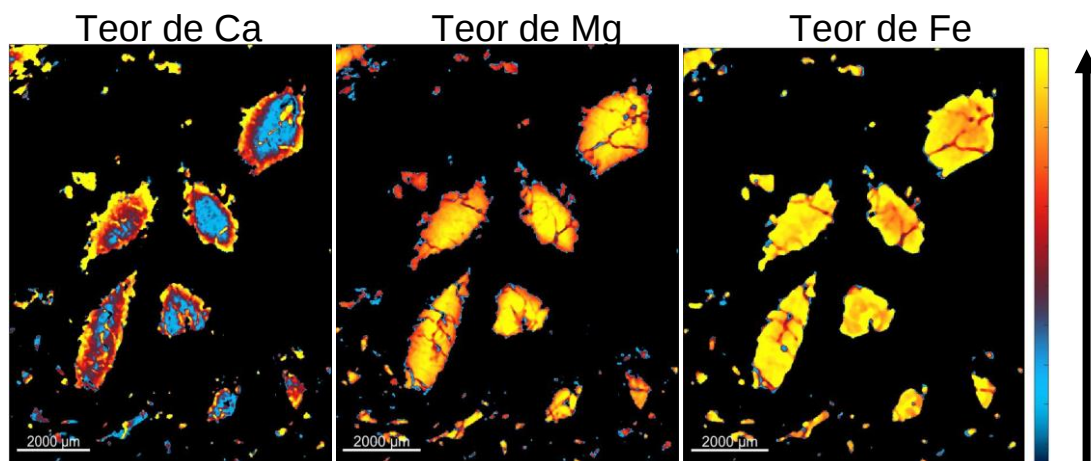


Figura 17: Zoneamento da Ca no piroxênio de baixo cálcio em um único clasto tipo A. Cores indicam intensidade de sinal e não valores absolutos.

A variação do cálcio não muda somente dentro de cada piroxênio, mas também ao longo da amostra, principalmente na matriz, sem um ordenamento observável como pode ser visto na **Figura 18**.

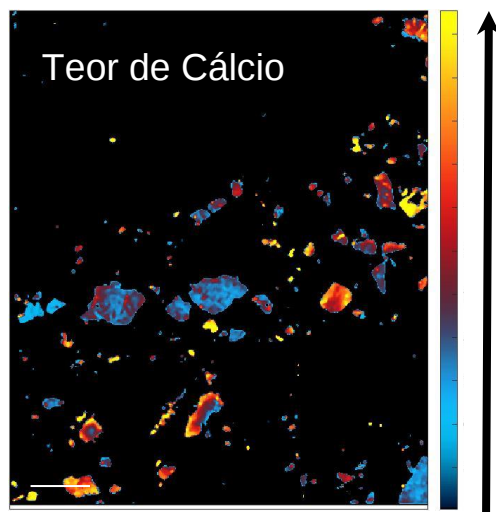


Figura 18: Variação de Cálcio entre vários piroxênios cálcicos ao longo de uma área da Matriz. Cores indicam intensidade de sinal e não valores absolutos

5.2.3. Piroxênio de Alto Cálcio

O zoneamento químico de cálcio, ferro e magnésio nos piroxênios de alto teor de cálcio (>5%) é ainda mais intenso, como pode ser visto nas **Figura 19** e **Figura 20**. O teor de cálcio tende a aumentar do núcleo para as bordas e em alguns casos chegando às bordas com composição de piroxênio de baixo cálcio (enstatita) como pode ser visto na **Figura 20**, o teor de ferro também tende a variar de forma mais sucinta aumentando nas bordas, enquanto o teor de magnésio tende a diminuir drasticamente em direção à borda.

Nos clastos do tipo A são minerais subidiomórficos equigranulares, anédricos e alongados de no máximo 2000 μm , por vezes possuem textura esquelética, presença intersticial, dividindo espaço entre os plagioclásios e os piroxênios de baixo teor de cálcio. Na matriz são quase sempre subidiomórficos, anédricos e também intersticiais, nos clastos do tipo B são sempre muito alongados, anédricos e esqueléticos e não ultrapassam os 500 μm .

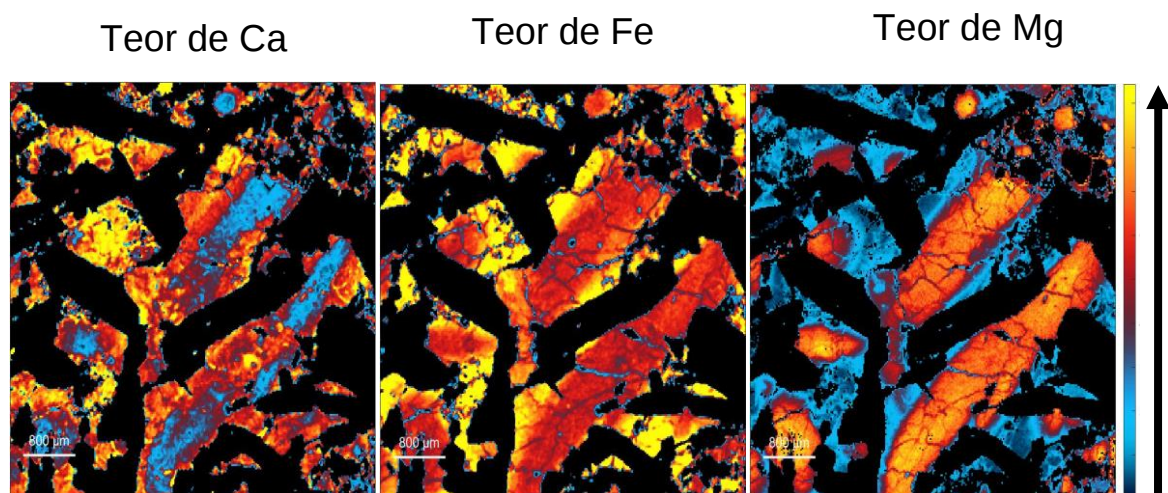


Figura 19: Zoneamento da Ca no piroxênio de alto cálcio em um único clasto de textura fina/média. Cores indicam intensidade de sinal e não valores absolutos

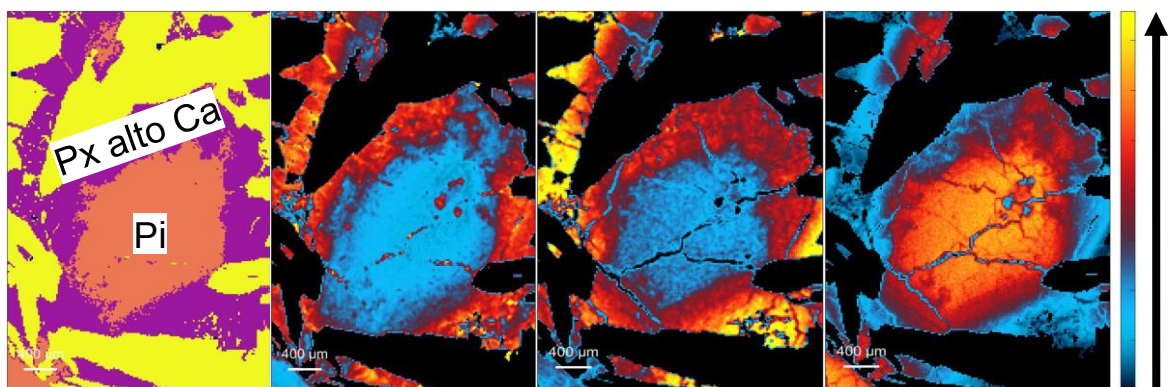


Figura 20: Piogenita (Pi) (piroxênio de baixo cálcio), em torno por piroxênio de alto cálcio (Px alto Ca) em um clasto de textura fina/média. Cores indicam intensidade de sinal e não valores absolutos.

5.2.4. Plagioclásio

Os plagioclásios da amostra não possuem zoneamento composicional, sendo uniforme ao longo de todo o cristal. Sua composição pouco varia ao longo da lâmina, como pode ser observado na **Figura 21**. Sua textura também é bastante uniforme. Nos clastos do tipo A, quase sempre são tabulares idiomórficos a subidiomórficos, inequigranulares bimodais com dimensões entre 200 e 2000 µm. Na matriz eles podem ser subidiomórficos e anédricos com dimensões de até 400 µm. Nos clastos do tipo B, são sempre alongados, anédricos, com textura esquelética e rabo de andorinha, equigranulares com no máximo 400 µm.

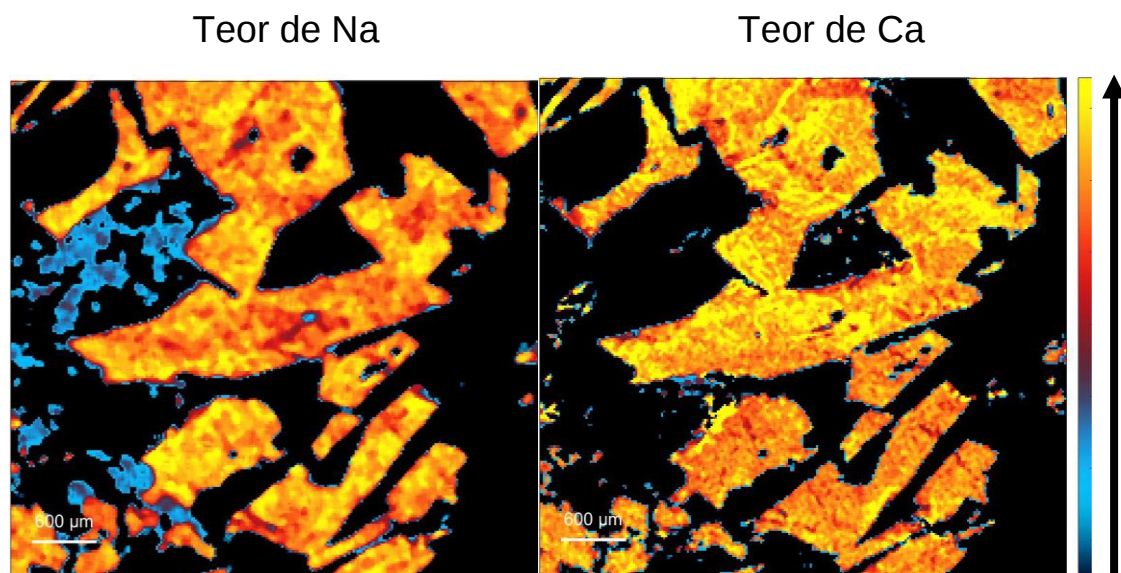


Figura 21: Isotropia composicional de Na e Ca de plagioclásios de um clasto de textura fina/média, o zoneamento não está presente. Cores representam intensidade e não valores absolutos

5.2.5. Olivina

As olivinas representam menos de 1% do volume da amostra e quase sempre ocorrem em fases peritéticas dos clastos do tipo A. Suas dimensões são muito pequenas, raramente ultrapassando os 50 µm. Em um Clasto do Tipo A dentro do Clasto Brechado ocorre uma olivina com textura simplectítica em meio a piroxênio de um agregado peritético, bem como olivinas subidiomórficas com dimensões entre 10 e 20 µm como pode ser observado na **Figura 22**. Na Matriz ocorrem olivinas mais angulosas com dimensões um pouco maiores, de até 50 µm. Nas fases peritéticas dos clastos do tipo A, as olivinas ocorrem de forma distribuída e anédrica com dimensões inferiores a 10 µm.

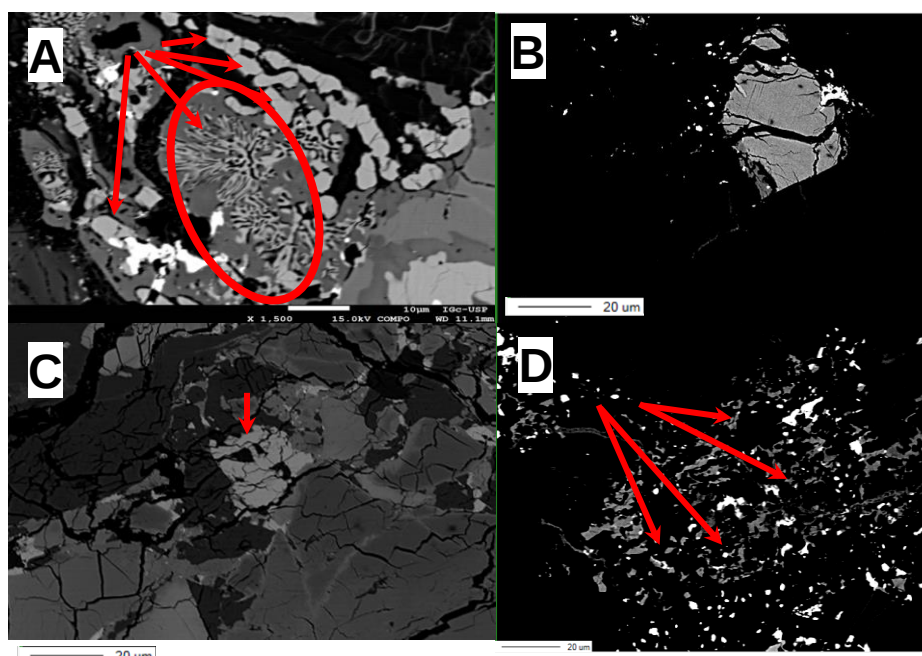


Figura 22: (A) Olivina no Clasto Brechado; (B) Olivina no Clasto A6, (C) Olivina na Matriz, (D) Olivina no Clasto 1

5.2.6. Ilmenita

A ilmenita ocorre com padrão bimodal. O primeiro padrão ocorre intersticialmente com dimensões inferiores a 100 μm nos clastos do tipo A e com dimensões inferiores a 10 μm nos clastos do tipo B. Na matriz elas ocorrem com dimensões variadas de 10 a 100 μm . O segundo padrão ocorre com dimensões entre 0,5 e 1mm de forma grosseira no Clasto Brechado e localmente na Matriz, com formato cúbico idiomórfico e subidiomórfico (**Figura 23**).

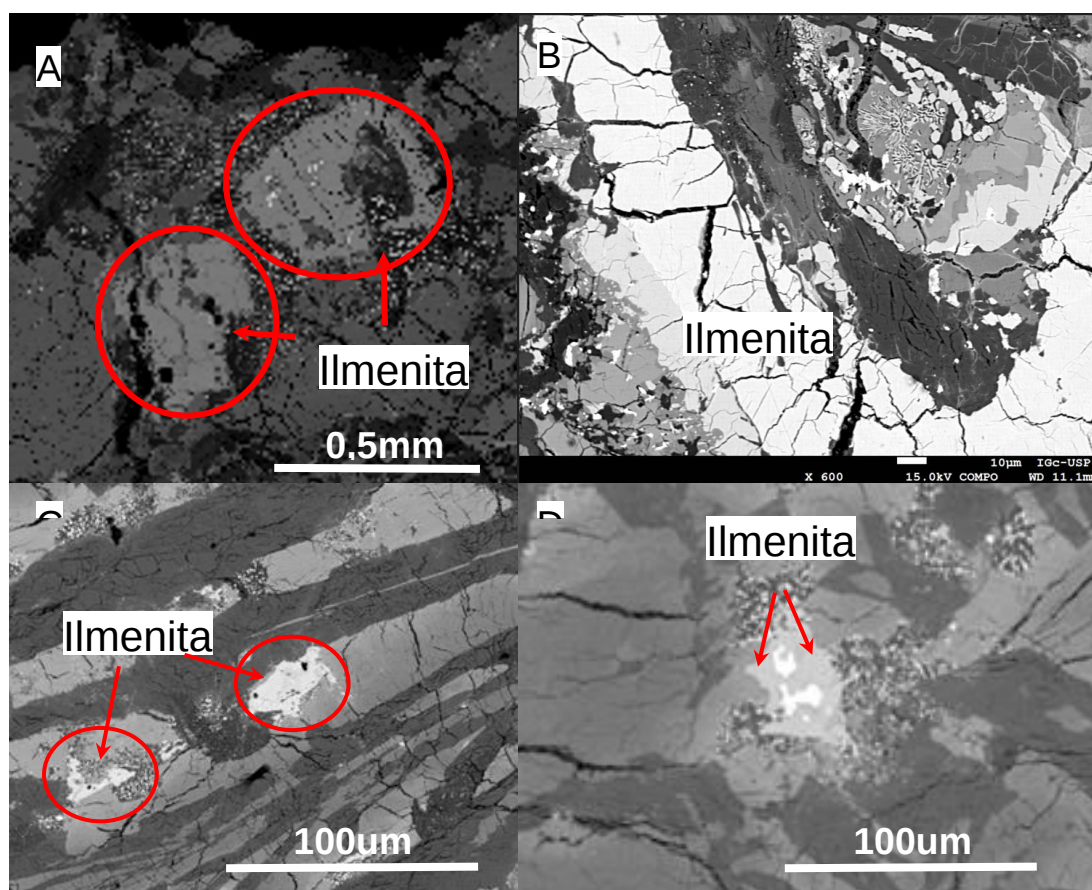


Figura 23: (A) Ilmenitas do Clasto Brechado (B), Ilmenita do Clasto Brechado, (C) Ilmenita do Clasto A7, (D) Ilmenita do Clasto 4.

5.2.7. Ferro metálico

O ferro metálico ocorre em todos os tipos de clastos e na matriz. Nos Clastos do Tipo A possuem em média dimensões de 50 μm , enquanto na Matriz e no nos Clastos do Tipo B suas dimensões são inferiores a 10 μm , ocorrem quase sempre em fases peritéticas, em reação com ilmenita e faialita (olivina) (**Figura 22**).

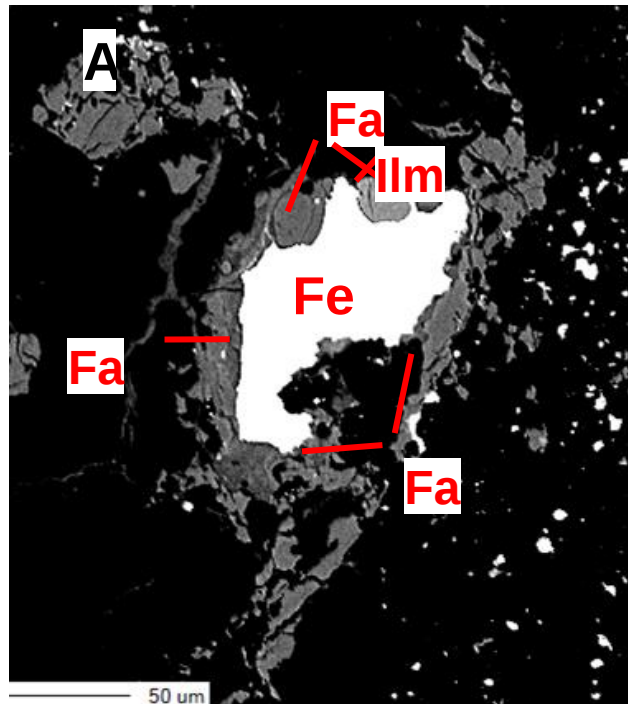


Figura 24: No centro ferro metálico (Fe), com borda predominantemente de Faialita (Fa) e Ilmenita (Ilm).

5.2.8. Baddeleyita

A baddeleyita ocorre em todos os tipos de clastos e na matriz, mas principalmente nos interstícios peritéticos dos Clastos do Tipo A. Suas dimensões são entre 1 e 10 μm, e ocorrem como minerais arredondados ou angulares e com distribuição esparsa (**Figura 23**).

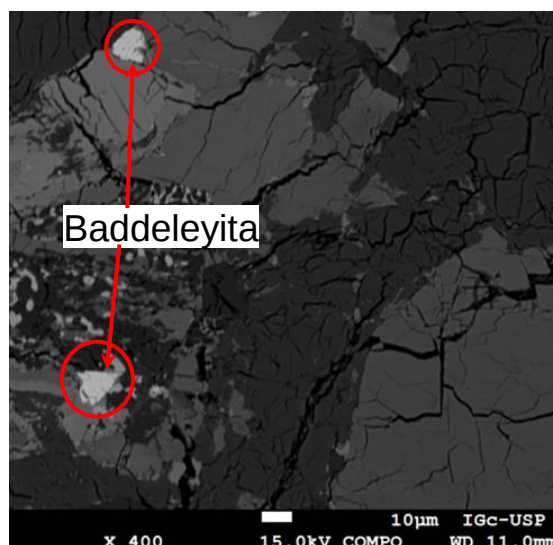


Figura 25: Baddeleyita observada no Clasto Brechado

5.3. Química Mineral por WDS

A química mineral da amostra foi feita através de análises WDS para três minerais, escolhidos por serem importantes para classificação de meteoritos acondritos: piroxênio, plagioclásio e olivina (Weisberg *et al.*, 2006).

5.3.1. Piroxênio

Os piroxênios são o grupo mineral mais abundante da amostra, tanto em variedade composicional, quanto em volume. Foram feitas 209 análises WDS, a composição máxima e mínima dos piroxênios analisados estão apresentados na Tabela 2 e na **Figura 26**.

Tabela 2: Teores em mol% mínimos e máximos para os piroxênios de baixo e alto cálcio. Ver Anexo 3.

Piroxênio	Wollastonita (Ca)		Enstatita (Mg)		Ferrossilita (Fe)	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Baixo Cálcio	0,46%	4,94%	4,73%	65,38%	28,95%	82,28%
Alto Cálcio	5,15%	41,58%	1,45%	59,93%	32,29%	80,76%

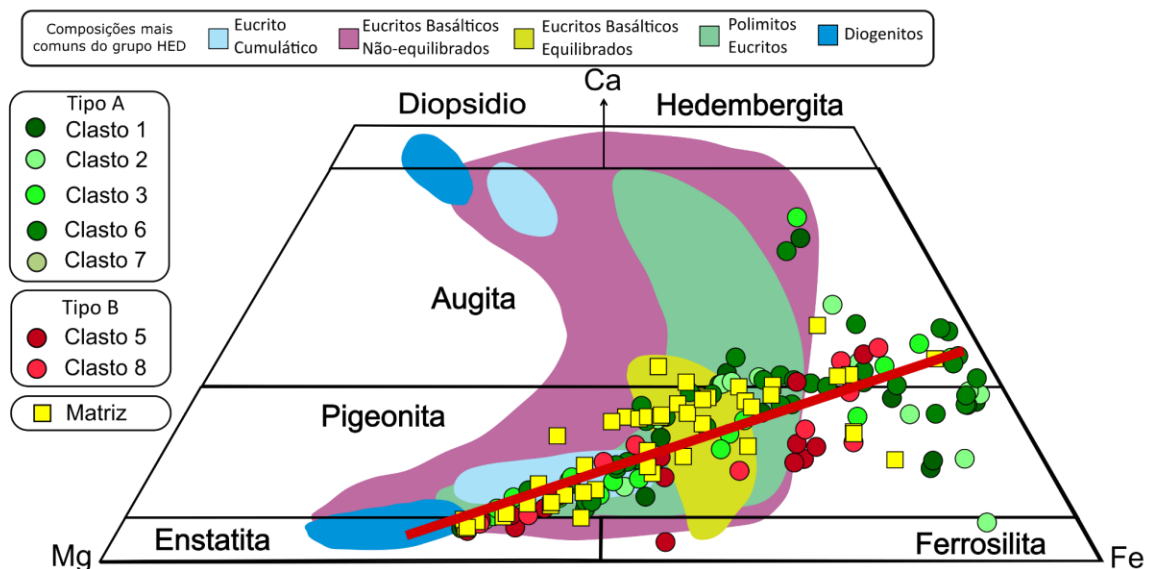


Figura 26: Diagrama Mg-Fe-Ca do piroxênio, apresentando separadamente, em tons de verde os piroxênios dos Clastos do tipo A, em tons vermelhos os clastos do tipo B, em amarelo a Matriz. As áreas coloridas representam as composições mais comuns do clã HED por Gradt *et al.* (2014).

5.3.1. Plagioclásio

Os plagioclásios seguem como segundo mineral mais abundante da amostra, não apresentam zonamento composicional relevante e a variação composicional ao longo da amostra é mais uniforme do que comparado ao piroxênio (**Figura 27**). Com 44 análises WDS os teores médios em mol% do plagioclásio são Anortita (Ca) $83,58\% \pm 2,05$; Albita (Na) $15,08\% \pm 1,64\%$ e Ortoclásio (K) $1,35\% \pm 0,54$. Ver Anexo 4.

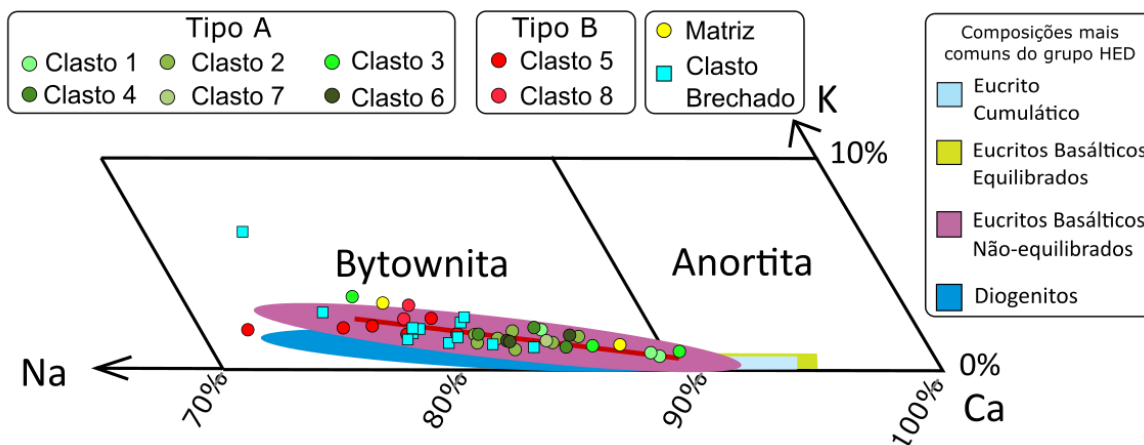


Figura 27: Diagrama Na-Ca-K do plagioclásio, apresentando separadamente em tons de verde os piroxênios dos clastos do tipo A, em tons vermelhos os clastos dos tipos B, em amarelo a matriz e em azul o Clasto Brechado. As áreas coloridas representam as composições mais comuns do clã HED por Gradt *et al.* (2014).

5.3.3. Olivina

A olivina na amostra apresenta volume muito pequeno, inferior a $<1\%$ aproximadamente, mas são relevantes para classificação de certos meteoritos acondritos. Os teores médios em mol% são Larnita (Ca) $1,18\% \pm 1,25$; Forsterita (Mg) $9,17\% \pm 2,6$; Faialita (Fe) $89,65\% \pm 3,02$. Na **Figura 28** apresenta a distribuição composicional das análises. Ver anexo 5.

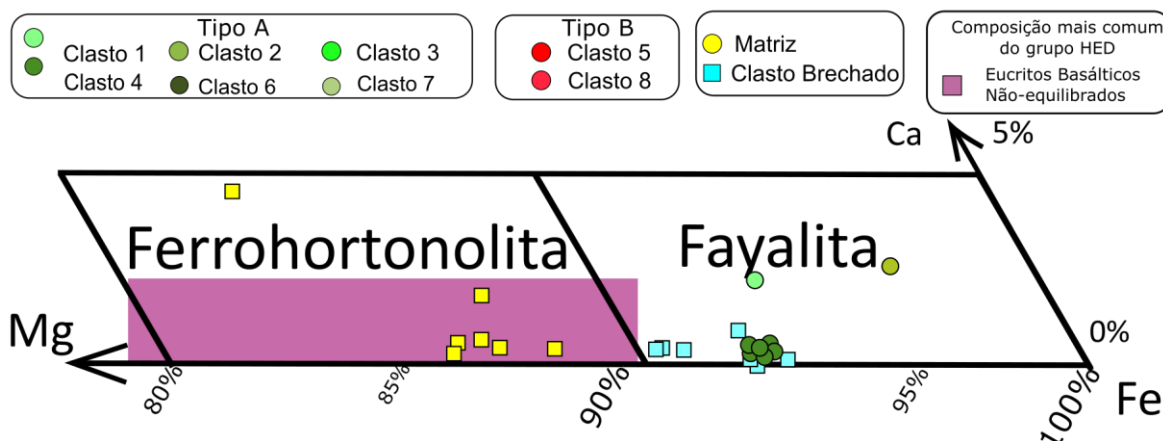


Figura 28: Diagrama Mg-Fe-Ca da olivina, apresentando separadamente em tons de verde os piroxênios dos clastos do tipo A, em tons vermelhos os clastos do tipo B, em amarelo a Matriz e em azul o Clasto Brechado. As áreas em roxo representam a composições mais comuns do clã HED.

5.3.4. K-feldspato

Os K-feldspatos são bastante incomuns na amostra, ocorrem em fases peritéticas intersticiais. Apenas 8 grãos foram identificados: 1 no clasto A1, e 7 espalhados no Clasto Brechado. Sua composição média é Anortita (Ca) $11,8\% \pm 4,1\%$, Albita (Na) $10,5\% \pm 5,9\%$ e Or $77,7\% \pm 5,7$, dentro do intervalo de Ortoclásio-Microclínio no diagrama dos feldspatos. Ver Anexo 6.

5.5. Composições Minerais por EDS

Através de EDS, várias fases minerais menores foram identificadas, entre elas troilita, cromita, ferro metálico, baddeleyíta, ilmenita, barita e apatita, ocorrendo em várias formas ao longo da matriz e dos clastos, suas proporções atômicas (Atom%) encontram-se em anexo.

- A troilita ocorre com razão Fe/S muito próximo de 1, às vezes com um pouco de Si e mais raramente Ti que somados representam menos de 1% em mol.
- O ferro metálico ocorre muito pouco oxidado e em alguns casos sem nenhum sinal de oxidação, raramente ocorre Ca e Ti que também somados dão menos de 1% por mol. Nenhum teor de níquel foi detectado.
- A Ilmenita ocorre com proporção FeO/TiO₂ muito próxima a 1 e também com MnO sempre muito próximo a 1% por mol e às vezes MgO muito próximo a 0,5% por mol.
- A cromita possui grande variação composicional, desde razões Fe/Cr igual a 4 até razões iguais a 1, teor de Al₂O₃ varia de 3,32 a 8,25% por mol e de TiO₂ muito próximo a 4%, localmente SiO₂, Cl e CaO que somam quase 6% por mol e nesse caso, TiO₂ não foi detectado.
- A apatita possui composição bastante uniforme com razão F/CaO próxima a 0,9, com P₂O₅ próximo a 14,5% por mol, teores de Ferro próximos a 1% em mol e localmente Cl e Si com menos de 1 % por mol.
- A baddeleyíta possui grande variação composicional, seu teor de FeO vai de 3,35% até 11,29% por mol, ZrO₂ de 76,47% até 93,68% por mol, Ti de 2,96% até 11,29% por mol e localmente 9,24% por mol de SO₃.
- A barita ocorre apenas na borda da amostra numa região que sofreu fusão durante a passagem pela atmosfera, sua razão SO₃/BaO% por mol é aproximadamente 1, foi detectado CaO entre 0 e 2,02%, SrO entre 3,56% e 5,02%, localmente ocorre Al₂O₃ com 0,52% e FeO entre 2,4 e 2,89% por mol.

5.6. Composição de Rocha Total Estimada

Usando os dados WDS e o **Mapa 1**, foi possível estimar a área que compreende as principais fases minerais, extrapolando esse valor para volume e multiplicando pela densidade (valores

adquiridos da média da densidade de cada mineral extraído do site www.mind.org), assim foi calculado o volume em massa de cada mineral e óxidos. Usando esses cálculos para as principais fases minerais e óxidos temos em % em peso (**Tabela 3**).

Tabela 3: % em peso calculada através da densidade e dos volumes estimados das principais fases minerais e óxidos para a amostra.

Mineral	Plagioclásio	Ilmenita	Quartzo	Piroxênio Alto Ca	Piroxênio Baixo Ca
% em peso	38,44	2,34	5,50	40,23	13,49

Óxido	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	CrO ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O
% em peso	50.14	12.84	0.40	0.28	16.9	0.52	5.44	10.81	0.66	0.09

5.7. Raman - Polimorfos de Sílica

A sílica ocorre em baixas quantidades ao longo da amostra. As análises dos espectros Raman foram realizadas para a identificação de polimorfos de sílica, sendo que eles podem indicar diferentes graus metamórficos os quais a amostra foi submetida ao longo de seu processo de formação. Três polimorfos foram identificados: no Clasto do tipo A foram identificados 3 grãos de quartzo *stricto sensu* com interferência de algum mineral adjacente ou oxidação, no Clasto Brechado foram identificadas 3 grãos de cristobalita e na Matriz foram identificadas 3 grãos de tridimita.

As **Figuras 29 e 30** representam um exemplo de espectro de cada polimorfo de sílica do meteorito, com a descrição do local em que foi encontrado, comparado aos espectros devidamente identificados desses polimorfos disponibilizados pela base de dados www.ruff.info.

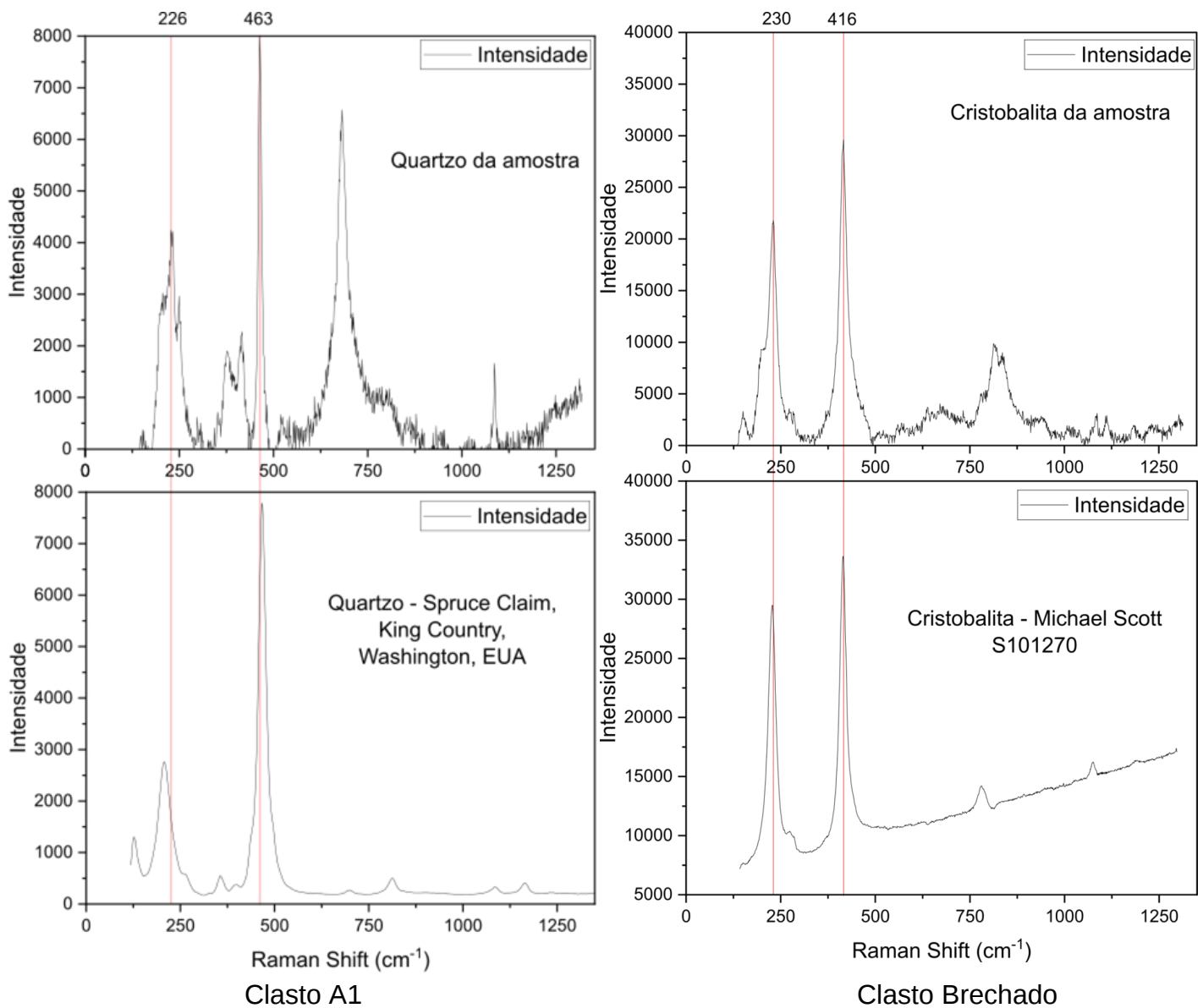


Figura 29: Exemplos de espectros Raman adquiridos de polimorfos de sílica presentes no meteorito. Os painéis esquerdos: o painel superior apresenta o espectro de um grão de quartzo (na presença de outro mineral não identificado) do Clasto 1; o painel inferior apresenta o espectro Raman de uma amostra de quartzo de Spruce Claim, King Country, Washington, EUA (fonte: RRUFF). Os painéis direitos: o painel superior apresenta o espectro de um grão de cristobalita do Clasto Brechado; o painel inferior apresenta o espectro Raman de uma amostra de cristobalita por Michael Scott S102770 (fonte: RRUFF).

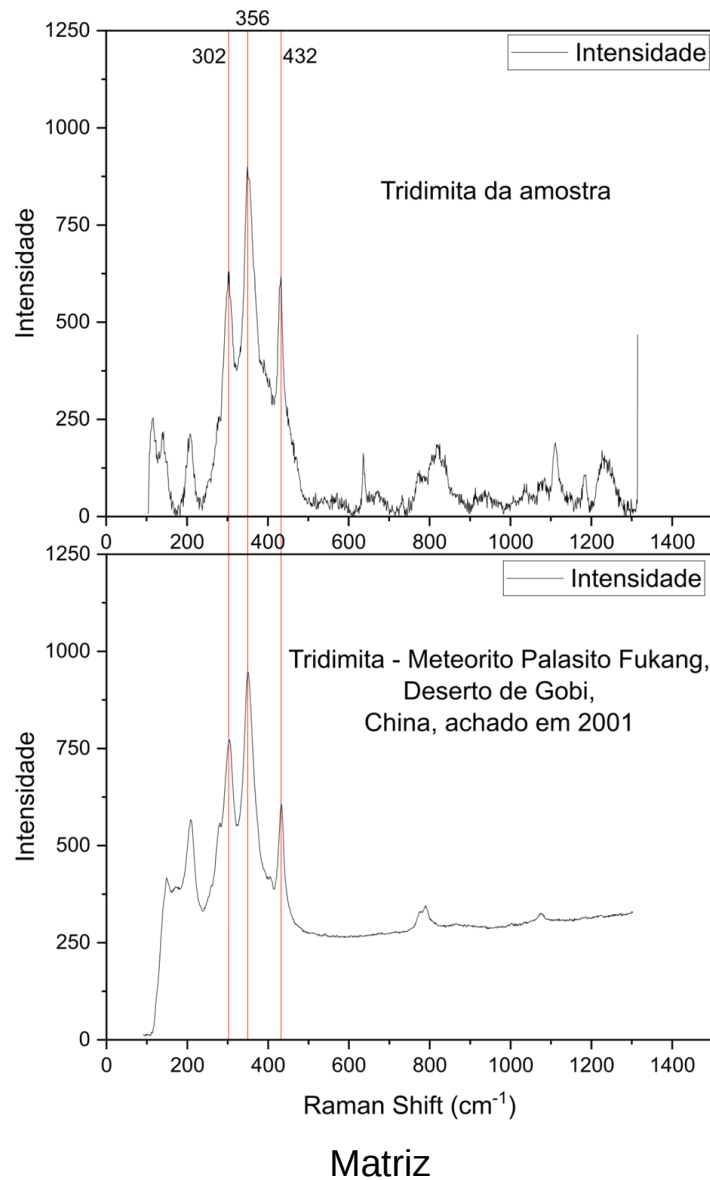


Figura 30: Exemplos de espectros Raman adquiridos de polimorfos de sílica presentes no meteorito. O painel superior apresenta o espectro de um grão de tridimita da matriz; o painel inferior apresenta o espectro Raman de uma amostra de tridimita do meteorito palasito Fukang, Deserto de Gobi, China, achado em 2001 (fonte: RRUFF).

6. DISCUSSÃO

6.1. Classificação

O material estudado foi encontrado no deserto do Saara, a segunda região do globo com mais meteoritos encontrados, atrás apenas da Antártica (*Meteoritical Bulletin Database, 2024*). Ele possui fina crosta negra de fusão vítrea, o que indica que passou por fusão superficial e rápido resfriamento. Isto sugere que o material sofreu aquecimento ao atravessar a atmosfera, característica típica de meteoritos cuja queda ocorreu de maneira relativamente recente devido

a um derretimento preferencial evidenciado por uma orientação estável da rocha durante o processo de aquecimento gerado pela compressão adiabática durante a entrada na atmosfera.

Sua mineralogia também confirma que se trata de um meteorito, pois possui minerais extremamente raros na crosta terrestre, como, a troilita e o ferro metálico. A ausência de côndrulos e a proporção de fase metálica insignificante, indica que a amostra estudada corresponde a um meteorito acondrito (Weisberg *et al.*, 2006).

Suas características petrográficas são similares à dos basaltos (Gill, 2010), como ampla predominância de plagioclásios cálcicos (42,07% vol.) e piogenita (49,97% vol.), além de ilmenita e cromita e um pouco de olivina.

Usando o diagrama TAS (Sílica/álcalis totais) de Le Maitre (1984) como referência, a amostra plota no campo de composição dos basalto, apesar do baixo teor de álcalis. Seu valor de SiO₂ é igual a 50,14% em peso e de álcalis (Na₂O + K₂O) é igual a 0,75% em peso (**Figura 31**).

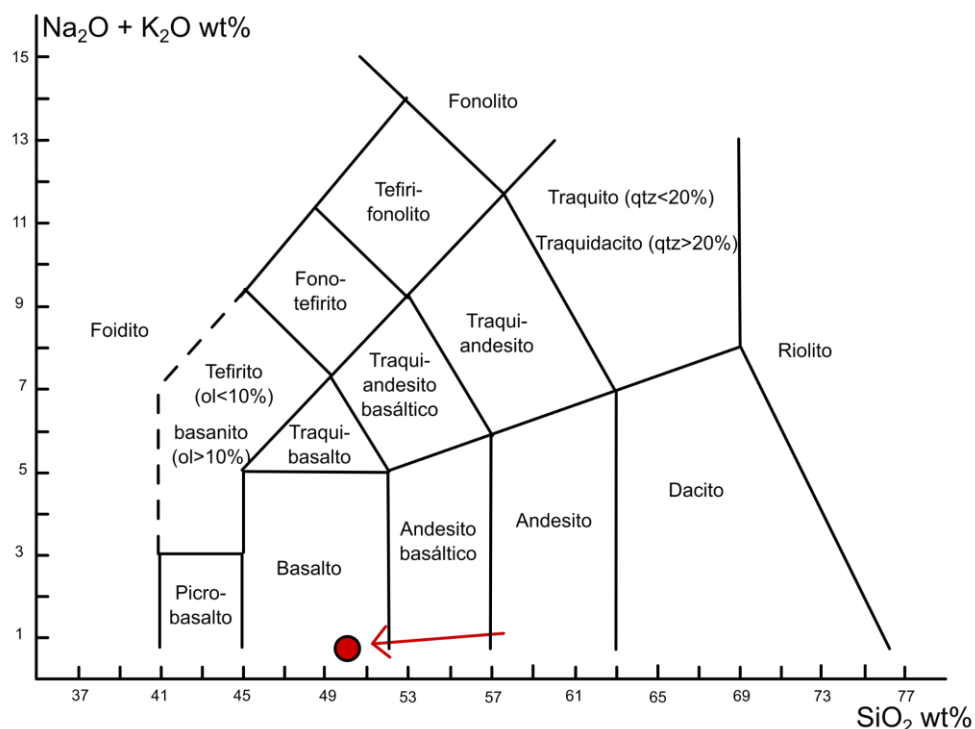


Figura 31: Diagrama TAS (*Total Alkali Silica*) de Le Maitre (1984), com o círculo vermelho que representa o meteorito em estudo.

6.2. Origem - Corpo Parental

Papike *et al.* (2003, 2017) afirma que é possível diferenciar e identificar os corpos parentais de meteoritos acondritos através das razões de Fe/Mn no piroxênio, em conjunto com o teor de cálcio no plagioclásio. Esses parâmetros representam assinaturas químicas que podem indicar o parentesco de materiais acondríticos. A variação de teores está relacionada a uma série de fatores ainda não muito bem definidos e compreendidos que podem envolver

desde a composição inicial do corpo parental, processos de diferenciação magmática, posição espacial na nuvem primordial do Sistema Solar e interferência com o Sol, desde distância até radiação solar (Papike *et al.*, 2017).

Os dados de Fe e Mn do piroxênio e Ca do plagioclásio foram organizados e colocados em três gráficos apresentados nos trabalhos de Papike *et al.* (2003, 2017). Esses gráficos (**Figura 32, Figura 33, Figura 34**) representam a reta média de vários valores médios de uma série de meteoritos.

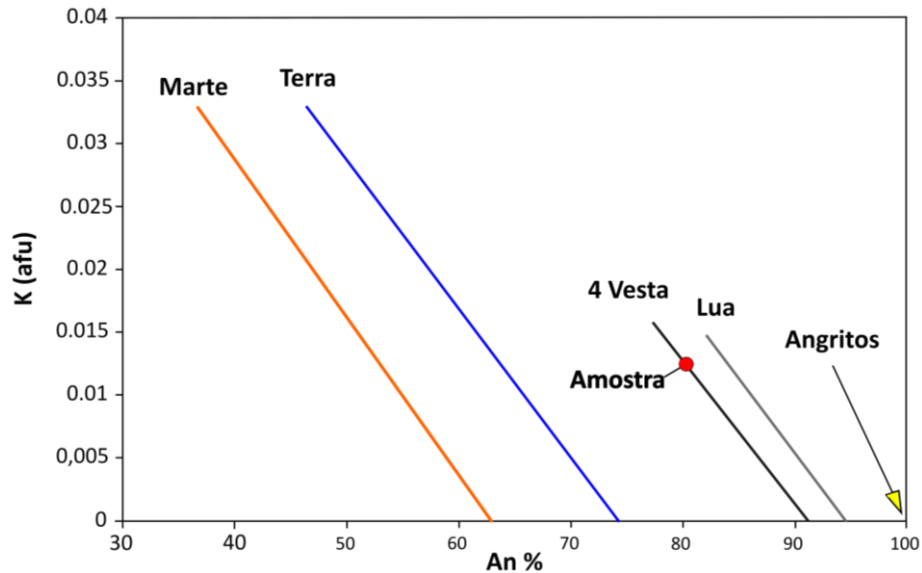


Figura 32: gráfico adaptado de Papike *et al* (2017), apresenta o teor médio de An (Ca)% em mol pelo valor de K (afu) da mesma análise, as retas representam os valores médios de uma série de rochas analisadas e com corpos parentais reconhecidos.

(afu) = átomos por unidade da fórmula de 6-oxigênio.

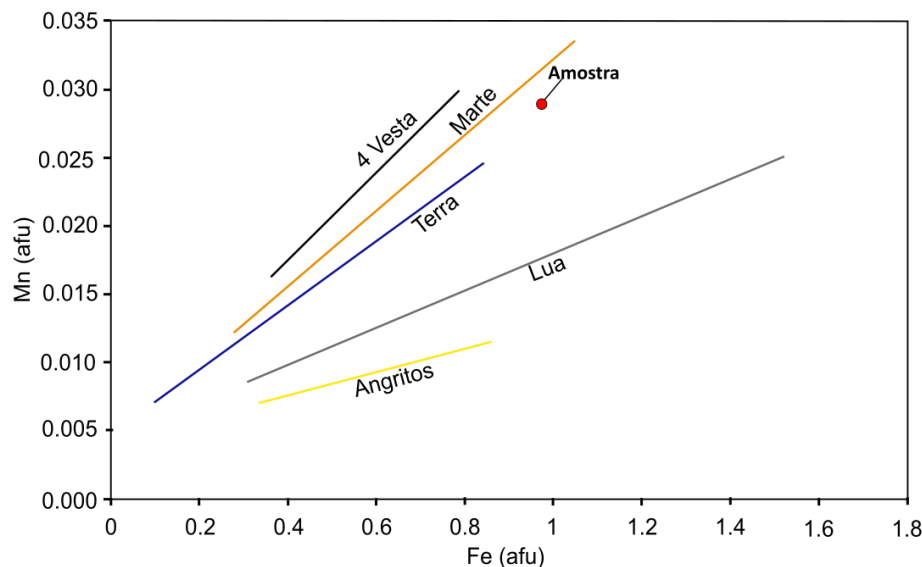


Figura 33: gráfico adaptado de Papike *et al* (2017), apresenta o teor médio de Fe (afu) pelo valor de Mn (afu) da mesma análise em WDS em um mesmo piroxênio, as retas representam os valores médios de uma série de rochas analisadas e com corpos parentais reconhecidos .

(afu) = átomos por unidade da fórmula de 6-oxigênio.

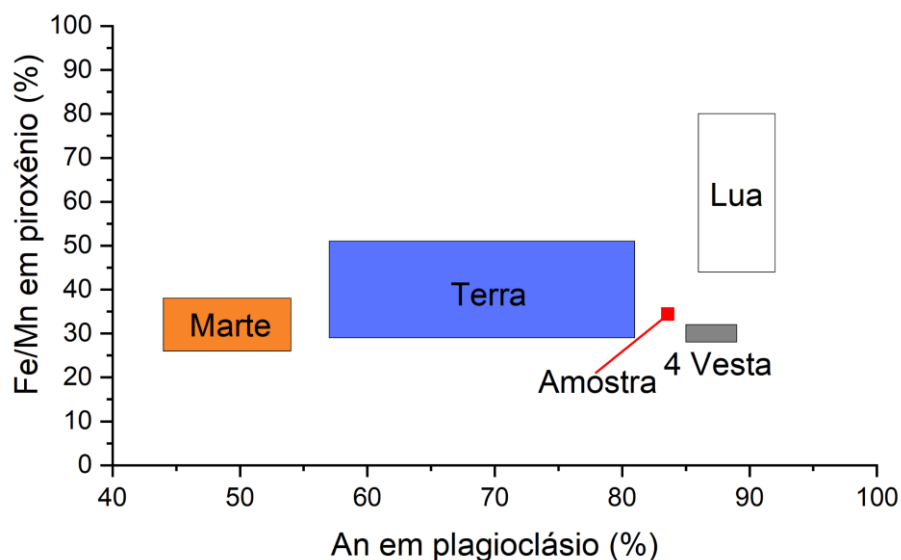


Figura 34: gráfico adaptado de Papike *et al* (2003), apresenta a razão média de Fe/Mn mol% do piroxênio pelo valor de An(Ca) mol% do plagioclásio, as áreas representam os valores médios de uma série de rochas analisadas e com corpos parentais reconhecidos .
(afu) = átomos por unidade da fórmula de 6-oxigênio.

Essas razões e proporções químicas aproximam a amostra de um material acondrito de origem do asteroide Vesta, ou de outro asteroide da família vestoide. Devido à ausência de dados abundantes de Vesta, as retas e áreas dos gráficos podem ser diferentes, mais dados poderiam melhorar a precisão desses gráficos.

6.3. Basaltóide de Vesta - Eucrito

Sua composição é bastante diferente dos Acondritos Primitivos, havendo claramente o processo de diferenciação quando comparado à química de Condritos, ou seja, trata-se de um material Diferenciado.

A amostra possui características muito semelhantes a basaltóides e basaltos como discutido nos itens 6.1 e 6.2, em que foi indicado que possivelmente seu corpo parental é o asteroide Vesta ou similares. Por tanto, esse meteorito é um Eucrito, rocha entendida como um basaltóide (ver tópico 3.2.2).

Sua textura é não-cumulática, a maioria dos clastos possui textura fina e média com padrões de crescimento mineral alongados subidiomórficos, os clastos afaníticos possuem textura esquelética muito fina de rápido desenvolvimento e a matriz é fina a muito fina, ou seja, trata-se de um Eucrito basáltico/não-cumulático (Mittlefehldt 2013; Grady *et al.* 2014).

A assembleia de minerais acessórios também é comum a meteoritos Eucritos não equilibrados. Possui apatita, troilita, cromita, ferro metálico e olivinas com alto teor de Fe. As análises por EDS do ferro metálico não possui teores detectáveis de Ni e a cromita possui teores de TiO₂ entre 3 e 6% (Mayne *et al.*, 2009; Grady *et al.*, 2016; Rubin & Ma, 2021; Shissh *et al.*,

2024). Mittlefehldt (2013, 2014) ainda cita a existência de baddeleyíta nos eucritos, que foi encontrada na amostra estudada. Apenas o zircão e merrillita não foram encontrados dentre os minerais acessórios citados na literatura.

A amostra possui extensa dispersão composicional dos piroxênios, como evidenciado na **Tabela 2** e **Figura 26**, ou seja, não passou por um processo de metamorfismo que levou ao equilíbrio químico, como na maioria dos eucritos descritos. Trata-se, portanto, de um material quimicamente desequilibrado (não-equilibrado)(Mittlefehldt, 2013, 2014; Grady *et al.*, 2014; Rubin & Ma, 2021).

Apesar de ser uma amostra texturalmente variada, a composição química e modal dos minerais é muito similar entre os diferentes clastos e a matriz, o que indica que do ponto de vista composicional e magmático, trata-se de uma amostra monomítica (Grady *et al.* 2014).

A amostra possui grande similaridade com um Eucrito Basáltico Monomítico como o Camel Donga e o Millbillillie, ver **Figura 35** (Grady *et al.*, 2014).

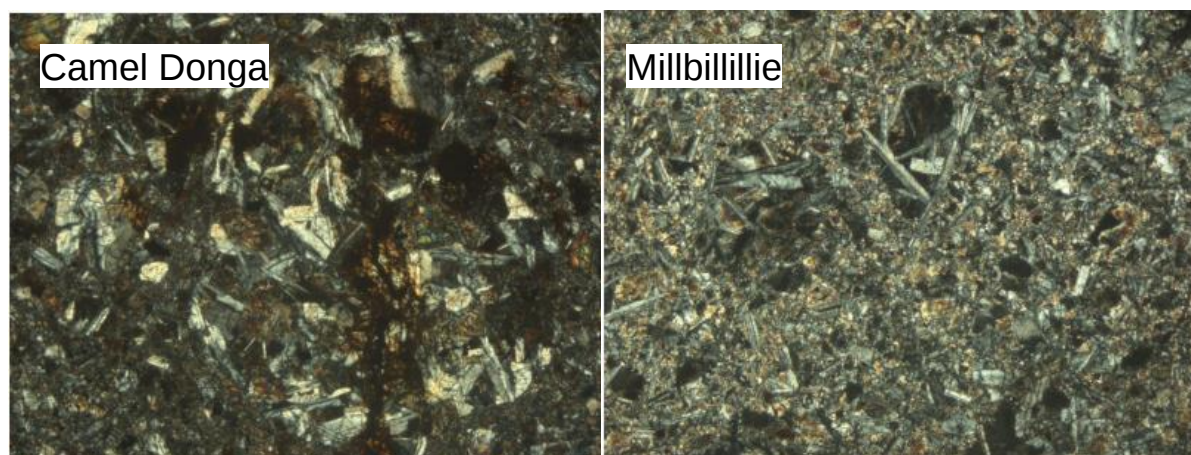


Figura 35: a esquerda o meteorito Camel Donga e a direita o Millbillillie, ambos Eucritos Basálticos Monomíticos (Grady *et al.*, 2016).

6.3. Tipo Petrográfico

Takeda & Graham (1991) definiram tipos petrográficos de 1 a 6 para os Eucritos, de forma similar ao feito para Condritos. A **Tabela 1** descreve as características desses tipos petrográficos.

A amostra estudada apresenta intenso zonamento químico, principalmente dos piroxênios como pode ser visto nas **Figuras 19 e 20**, não apresenta inversão do piroxênio, nem vidro em metastasis ou exsolução da augita visível por microsonda (EMPA).

A distribuição química do piroxênio é muito esparsa, principalmente entre aqueles com altos teores de ferro que covariam muito o teor de cálcio, comportamento muito similar com o Eucrito Tipo 1 Y75011. Vale ressaltar que o meteorito analisado neste trabalho possui um teor de Fe no piroxênio ainda maior do que o Y75011, que é a referencia para os eucritos do tipo petrográfico 1 (**Figura 36**).

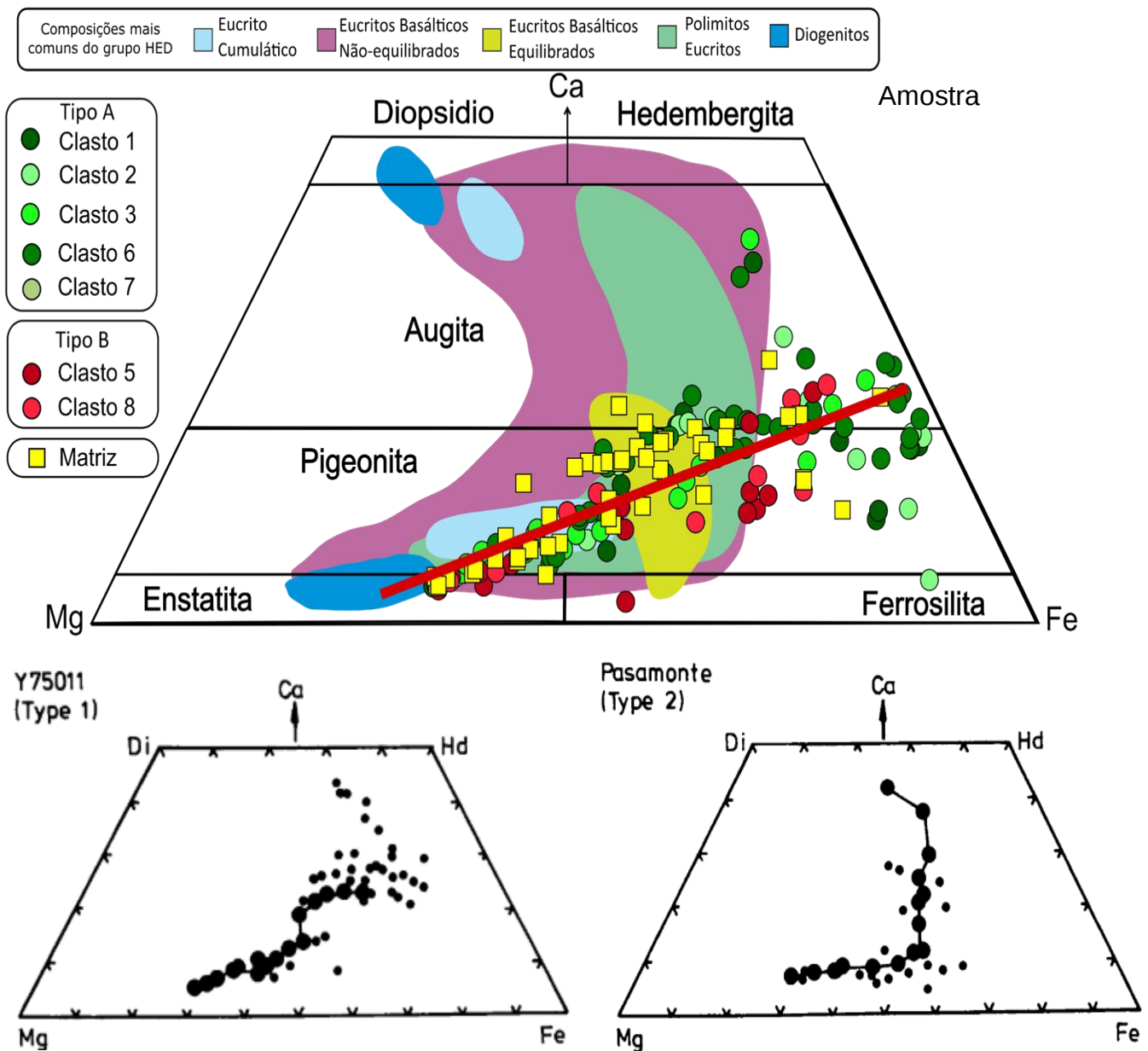


Figura 36: comparação da distribuição do piroxênio na amostra e nos meteoritos Eucrito do Tipo 1 - Y75011 e Tipo 2 - Pasamonte (Takeda & Graham, 1991)

Ono *et al.* (2019) relacionou os tipos petrográficos com os polimorfos de sílica encontrados. Ele relaciona a presença de agregados de cristobalita e quartzo associados para Eucritos do Tipo 1, como o Y75011. Para Eucritos do Tipo 2, como Pasamonte, ocorre também a tridimita. Esses três polimorfos foram encontrados ao longo das análises, porém separados: quartzo no clasto A1, cristobalita no Clasto Brechado e Tridimita na matriz. O número de análises neste trabalho foi limitado, sendo apenas nove grãos investigados, três em cada feição textural. Um futuro trabalho de detalhe poderia identificar de forma mais precisa a distribuição desses polimorfos na amostra. Por tanto, é possível que haja mais polimorfos não identificados em cada feição e apenas um mapa de polimorfismo de sílica a partir dos dados do Raman poderia elucidar essa relação.

Considerando o forte zoneamento dos piroxênios apresentados e a presença dos três polimorfos de sílica, além da ausência de vidro, ortopiroxênio e exsoluções na augita, propõe-se que amostra estudada seja um meteorito eucrito de Tipo petrográfico 1 da classificação petrográfica de Takeda & Graham (1991), com o clasto brechado podendo ser classificado como Tipo Petrográfico 2, devido a presença de tridimita.

6.4. Evolução Petrológica - Textura, Metamorfismo, Intemperismo e Grau de Choque

Por tratar-se de um meteorito Eucrito não-cumulático desequilibrado do tipo 1, pode-se afirmar que o metamorfismo barométrico foi muito baixo, já que não há homogeneização química do piroxênio. No entanto, as texturas de rápido crescimento, como textura esquelética, rabo de andorinha, alongamentos cristalinos e afaníticas (Dunbar *et al.*, 1995), com a presença de três polimorfos de sílica podem indicar que a rocha passou por um ou mais eventos de alta temperatura com rápido resfriamento (Saxena & Surendra, 1994).

A aparente ausência de stishovita indica que não houve metamorfismo de impacto relevante para modificar a estrutura cristalina da sílica, indicando que os clastos da brecha se originaram de locais mais distantes do ponto de impacto que causou seus deslocamentos. A aparente ausência de Coesita corrobora também para o fato dos clastos não terem sofrido episódios de alta pressão. A **Figura 37** apresenta, em vermelho, um provável caminamento TP (Temperatura x Pressão) a qual a amostra passou, apenas baseado no polimorfismo da sílica (Saxena & Surendra, 1994). Por tanto, a temperatura pode ter ultrapassado os 1500 °C sob pressões baixas, esperado para magmas quentes e para um protoplaneta com baixa gravidade e sem atmosfera.

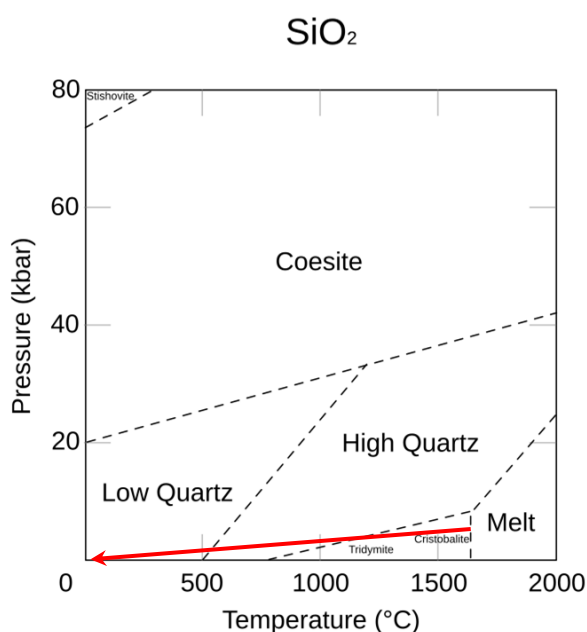


Figura 37: Adaptado de Saxena & Surendra (1994), a linha vermelha representa o caminamento de TP (temperatura x pressão) provável e aproximado.

A amostra se trata de uma brecha de impacto de matriz fundida recristalizada, indicada pela esfericidade dos clastos e o aumento do espaçamento de suas fraturas, como pode ser visto na **Figura 12**. A presença de um clasto brechado dentro de uma brecha indica que esse material passou não apenas por um, mas por prováveis múltiplos impactos antes de ser ejetado em definitivo de seu corpo parental.

O grau de intemperismo é muito baixo, condizente com uma queda relativamente recente, com oxidação extremamente baixa e ferro metálico praticamente inalterado, padrão que perdura por mais tempo em meteoritos que caem em regiões secas como o caso do noroeste da África, sendo assim um tipo W0 (Wlotzka, 1993). Seu grau de choque varia de S3 para os Clastos do Tipo A e a Matriz Brecada, observável pelo intenso fraturamento planar e extinção ondulante do piroxênio, bem como fraturamento dos clastos em si, devido às características afaníticas dos Clastos do tipo B, é impreciso indicar o grau de choque dos mesmos. A matriz, no entanto, apresenta S0, sem presença de fraturamento ou extinção ondulante. Isso indica que o primeiro choque foi muito mais intenso, de 15 a 20 GPa, que o segundo, de 0 a 5 GPa (Fritz *et al.*, 2017).

6.5. Relação com o Protoplaneta Vesta

Considerando que esse material seja de fato original de Vesta, e não de um outro vestóide ou similar, é possível sugerir, ainda que com certo grau de especulação, a unidade geológica onde foi formado.

A missão Dawn, entre 2011 e 2012, registrou uma série de dados de sensoriamento remoto da superfície de Vesta que foram interpretados para um mapa geológico por Aileen Yings *et al.* (2023) (**Figura 38**).

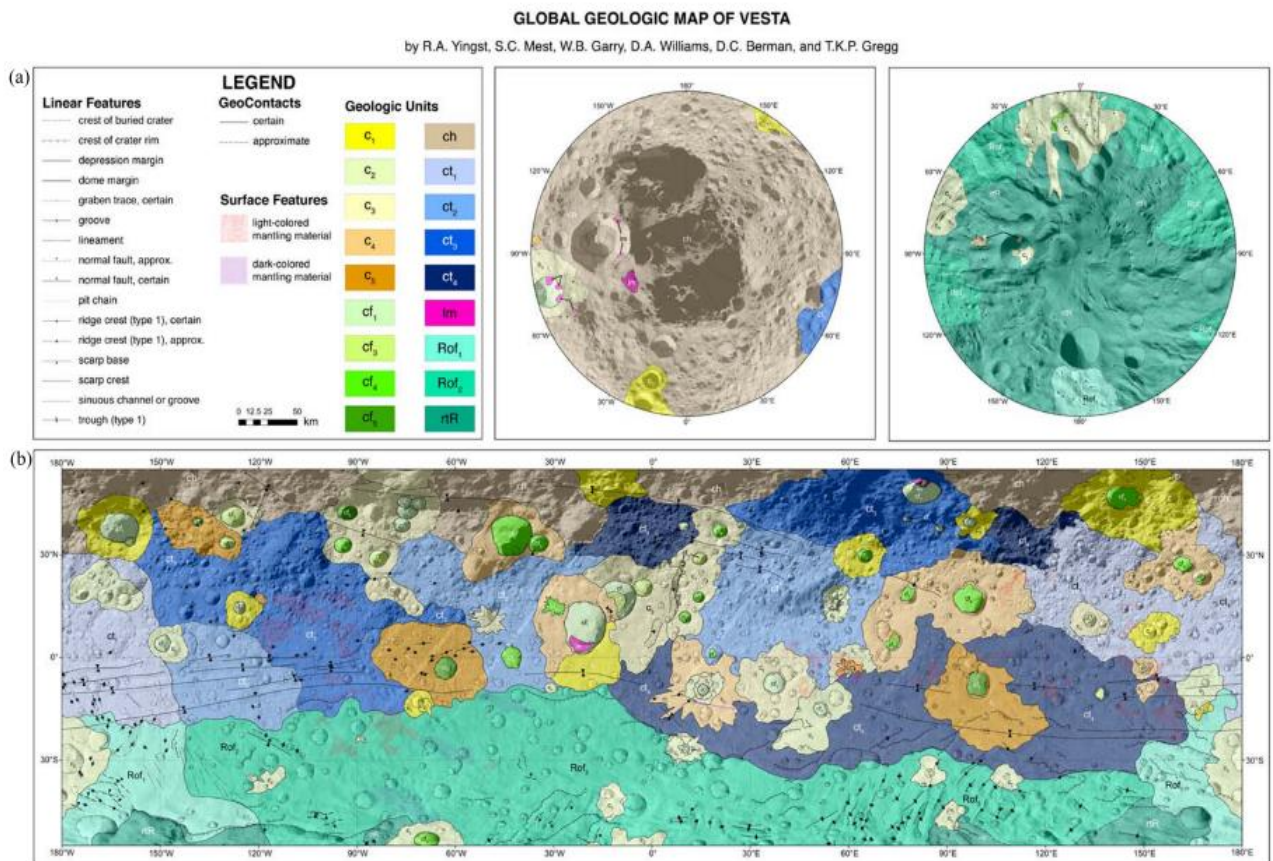


Figure 6. Global hybrid map of Vesta (1:300k). Impact craters >5 km in diameter, and linear structures >5 km in length are shown. (a) Equatorial area (0°–45° latitude). (b) Polar areas (45°–90° latitude).

Figura 38: Mapa geológico do asteroide Vesta por Aileen Yingst *et al* (2023). Sendo Cf (Fundo de Cratera), C (Cratera), Rof (Flanco externo da cratera Rheasilvia), rtT (Cume e parte rebaixada da cratera Rheasilvia), ch (Terrenos altos das cratera), ct (Terreno da cratera), Lm (Material de escorregamento).

Sendo esse material, uma brecha de impacto, deve possuir uma cratera de origem. Essa origem precisa ser rasa ou superficial, devido à baixa pressão a qual a rocha foi condicionada.

A unidade CF₄ possui crateras com sinal de sensoriamento remoto que indica material eucrítico no embasamento ou entulhado, sem percepção de material fundido, exógeno ou não eucrítico. Enquanto seu material no entorno é possivelmente material ejetado de uma das crateras da unidade C₄ e/ou regolito eucrítico de impactos anteriores, também sem sinal exógeno, fundido ou não-eucrítico. Esta unidade ocorre 9 vezes e possui cerca de 48.000Km², equivale a 3,81% da área do Vesta, todas elas no hemisfério norte (Aileen Yingst *et al.*, 2023).

Por tanto, uma hipótese circunstancial de um cenário possível para essa amostra é que ela tenha vindo de um regolito pré-existente, que já havia sido brechado por impacto, que sofreu um novo impacto cósmico que a ejetou para fora de órbita, deixando para trás as unidades CF₄, cenário esperado para um corpo sem atmosfera e em meio a um cinturão de asteroides. No entanto, dados mais precisos de Vesta seriam necessários para substantiar esta hipótese.

O material que constitui os clastos seriam então o resultado de derrames máficos superficiais e subsuperficiais de Vesta, que foram retrabalhados por impactos cósmicos gerando brechas em múltiplos níveis.

6.6. Relação com a evolução da Terra e de outros Planetas Rochosos

Shearer *et al.* (1997) organizou um modelo de evolução do grupo HED baseado nos modelos de oceano de magma para a evolução do núcleo, manto e crosta de Vesta. Processo este interpretado como comum aos planetas rochosos, o que inclui a Terra (Elkins-Tanton, 2012). Nesse modelo, o fracionamento por fusão total e/ou parcial, juntamente com a cristalização fracionada, gera anisotropia vertical na coluna magmática resultando em decantação diferenciada em camadas baseada na velocidade, temperatura de cristalização e densidade mineral. Isso leva a diferenciação entre os Diogenitos (mais profundos e densos) e Eucritos (mais rasos e leves). Entre os Eucritos, a separação ainda ocorre entre os cumuláticos (subsuperfície) e os não cumuláticos (superfície). É possível também que Vesta tenha, assim como o planeta Terra, um manto inferior dunítico rico em olivina (**Figura 39**).

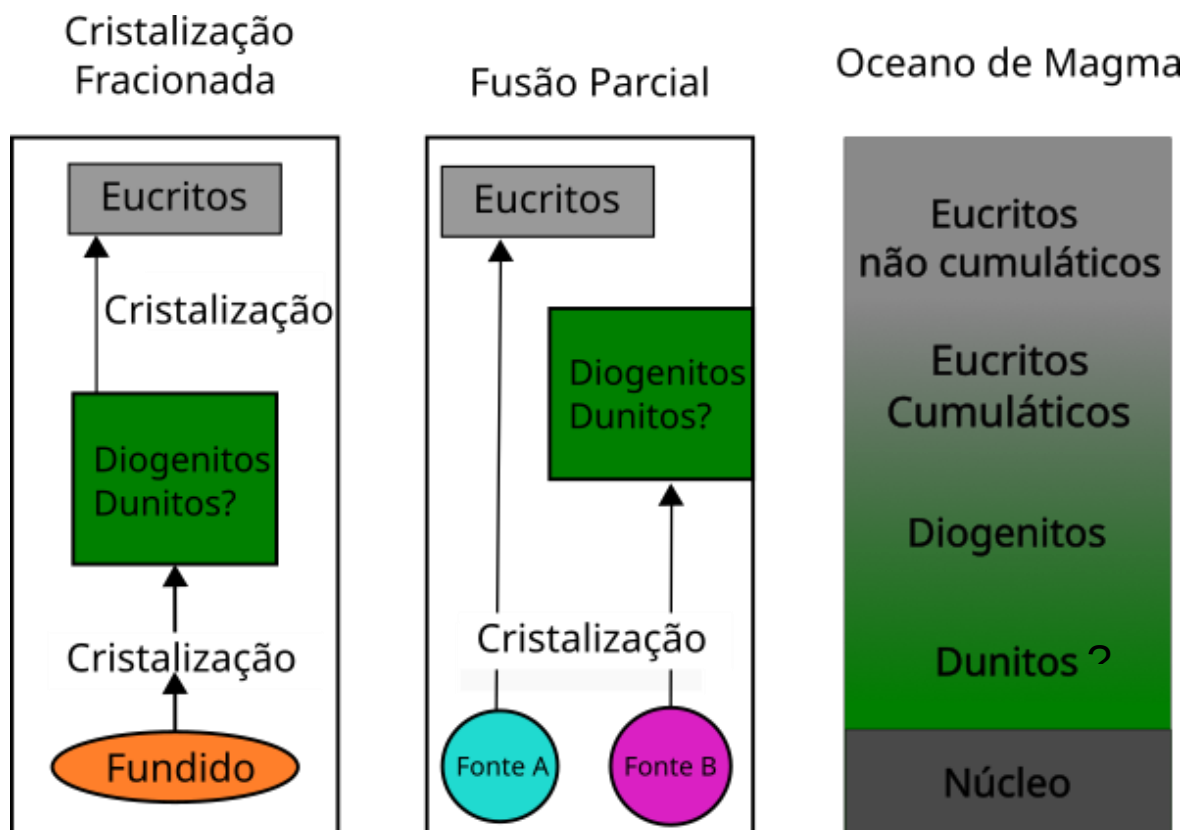


Figura 39: Esquema do modelo de diferenciação magmática por cristalização fracionada, fusão parcial num modelo de Oceano de Magma para explicar a relação entre os meteoritos Diogenitos e os Eucritos. Adaptado de Shearer *et al.* (1997).

Esse modelo de oceano de magma primordial se encaixa bem para a maioria dos corpos acondriticos do Sistema Solar, incluindo os quatro planetas rochosos, entre eles a Terra, boa parte das centenas de luas e grandes asteroides do Sistema Solar. Ele também se aplica a corpos acondriticos cujo corpo parental maior não existe mais, não foi relacionado ou não é conhecido, que pode ser o caso de vários acondritos não agrupados (Shearer & Papike, 1996; Shearer *et al.*, 1997; Elkins-Tanton, 2012).

7. CONCLUSÃO

A amostra estudada é um meteorito acondrito, do Clã HED, pertencente ao asteroide Vesta ou a algum outro vestóide, hipótese sustentada pelos trabalhos de Papike *et al.* (2003, 2017). Trata-se de um Eucrito monomítico, possivelmente do Tipo petrográfico I com clastos do Tipo petrográfico I e II (Takeda & Graham, 1991). A rocha é comparável a uma brecha basáltica terrestre (Takeda & Graham, 1991; Mittlefehldt, 2013, 2014; Grady *et al.*, 2016; Rubin & Ma, 2021).

Os dados petrográficos mostram que esse meteorito é uma brecha de impacto, que possivelmente passou por, no mínimo, três impactos grandes. Apesar da diferença textural, a composição e a proporção mineral são similares ao longo da amostra, sendo, por isso, tratada como monomito seguindo a definição de Grady *et al.*, (2014).

Sobre a sucessão de impactos cósmicos principais que pode ter retrabalhado a amostra, é proposto como interpretação das feições texturais que: o possível primeiro impacto gerou os fragmentos que estão inseridos no Clasto Brechado; o segundo, gerou os Clastos do Tipo A, B e a Matriz, por último o terceiro impacto, que ejetou a amostra completamente de órbita. Caso de fato pertença a Vesta, seu último momento *in situ* poderia ter sido nas crateras da unidade Cf₄ ao norte do asteroide (ver **Figura 35**) do mapa geológico de Vesta de Aileen Yingst *et al.* (2023).

É possível que mais impactos intermediários tenham acontecido, principalmente entre o aparecimento dos Clastos do Tipo A e do Tipo B, pois, devido à característica afanítica do Tipo B, as texturas de choque não são bem identificáveis.

A amostra por tanto, possui similaridade com um basalto primitivo brechado por impactos em um ambiente redutor, e pode ser análogo com o contexto do início do Hadeano na Terra, logo, a amostra pode ser um análogo comparativo para o entendimento de como era a crosta primitiva hadeana da Terra: um ambiente com pouca ou nenhuma atmosfera, com rochas máficas constantemente bombardeadas de material cósmico causando brechamento, associado a vulcanismo intenso e com altas temperaturas. Além disso, pode ser usada como um análogo para interpretação da evolução magmática a outros corpos acondriticos do Sistema Solar, como outros planetas, protoplanetas e satélites, como proposto por Elkins-Tanton (2012).

A classificação deste meteorito deverá em breve ser enviado ao *Meteoritical Bulletin Database* como um meteorito Eucrito Monomítico do Tipo 1 com Clastos do Tipo 1 e 2, bem como um fragmento do meteorito será incorporado à coleção do Museu de Geociências do IGC-USP. Os dados aqui apresentados e interpretados podem então, uma vez públicos, serem incorporados aos estudos de classificação de meteoritos Eucritos, contribuindo com pesquisas não só do campo da meteorítica, mas que englobam diversas áreas, desde estudos sobre evolução da Terra primitiva até a astrobiologia.

8. REFERÊNCIAS

- Aileen Yingst, R., Mest, S.C., Brent Garry, W., Williams, D.A., Berman, D.C., and Gregg, T.K.P., 2023, A Geologic Map of Vesta Produced Using a Hybrid Method for Incorporating Spectroscopic and Morphologic Data: *Planetary Science Journal*, v. 4, p. 157, doi:10.3847/PSJ/acebe9.
- Benedix, G.K., Haack, H., and McCoy, T.J., 2014, Iron and Stony-Iron Meteorites: Elsevier Ltd., v. 1, 267–285 p., doi:10.1016/B978-0-08-095975-7.00109-1.
- Buchanan, P.C., & Reid, A.M., 1996, Petrology of the polymict eucrite Petersburg: *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 60, p. 135–146, doi:10.1016/0016-7037(95)00369-X.
- Consolmagno, G.J., & Drake, M.J., 1977, Composition and evolution of the eucrite parent body: evidence from rare earth elements: *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 41, p. 1271–1282, doi:10.1016/0016-7037(77)90072-2.
- Day, J.M.D., 2015, Planet formation processes revealed by meteorites: *Geology Today*, v. 31, p. 12–20, doi:10.1111/gto.12082.
- Delaney, J.S., Prinz, M., and Takeda, H., 1984, The polymict eucrites: *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, v. 89, doi:10.1029/jb089is01p0c251.
- Dunbar, N.W., Jacobs, G.K., & Naney, M.T., 1995, Crystallization processes in an artificial magma: variations in crystal shape, growth rate and composition with melt cooling history: *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 120, p. 412–425, doi:10.1007/BF00306518.
- Elkins-Tanton, L.T., 2012, Magma oceans in the inner solar system: *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, v. 40, p. 113–139, doi:10.1146/annurev-earth-042711-105503.
- Fritz, J., Greshake, A., and Fernandes, V.A., 2017, Revising the shock classification of meteorites: *Meteoritics and Planetary Science*, v. 52, p. 1216–1232, doi:10.1111/maps.12845.
- Grady M., Pratesi G., Cecchi V.M., 2014, Atlas of meteorites: v. 1, 1-373 p., doi:10.5860/choice.193172.
- Krot, A.N., Keil, K., Scott, E.R.D., Goodrich, C.A., & Weisberg, M.K., 2014, Classification of Meteorites and Their Genetic Relationships: Elsevier Ltd., v. 1, 1–63 p., doi:10.1016/B978-0-08-095975-7.00102-9.

Larson, P. H., and Fink, U., 1975, Infrared spectral observations of asteroid 4 Vesta: *Icarus*, v. 26, p. 420–427, doi:10.1016/0019-1035(75)90109-8.49

Le Maitre, R.W., 1984, A proposal by the iugs subcommission on the systematics of igneous rocks for a chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali silica (TAS) diagram: *Australian Journal of Earth Sciences*, v. 31, p. 243–255, doi:10.1080/08120098408729295.

Le Maitre, R.W. et al., 2002, *Igneous Rocks. A classification and glossary of terms*: New York, Cambridge University Press, 254 p., <http://medcontent.metapress.com/index/A65RM03P4874243N.pdf>.

Mayne, R.G., McSween, H.Y., McCoy, T.J., and Gale, A., 2009, Petrology of the unbrecciated eucrites: *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 73, p. 794–819, doi:10.1016/j.gca.2008.10.035.

McSween, H.Y. et al., 2013, Dawn; the Vesta-HED connection; and the geologic context for eucrites, diogenites, and howardites: *Meteoritics and Planetary Science*, v. 48, p. 2090–2104, doi:10.1111/maps.12108.

Mittlefehldt, D.W., 2013, *Treatise on Geochemistry, Achondrites*: Elsevier Ltd., v. 1, 235–266 p., doi:10.1016/B978-0-08-095975-7.00108-X.

Mittlefehldt, D.W., 2014, Asteroid (4) Vesta: I. The howardite-eucrite-diogenite (HED) clan of meteorites: *Chemie der Erde*, v. 75, p. 155–183, doi:10.1016/j.chemer.2014.08.002.

Monica Grady, Giovanni Pratesi, V.M.C., 2014, *Atlas of meteorites*: v. 1, 1-373 p., doi:10.5860/choice.193172.

Norton, O.R., 1994, *Rocks from Space: Missoula, Montana*, Mountain Press Publishing Company, v. I, 1–446 p., doi:10.2113/gseegeosci.i.1.115.

Ono, H., Takenouchi, A., Mikouchi, T., Yamaguchi, A., 2019, Silica minerals in cumulate eucrites: Insights into their thermal histories: *Meteoritics and Planetary Science*, v. 54, p. 2744–2757, doi:10.1111/maps.13384.

Papike, J.J., Karner, J.M., & Shearer, C.K., 2003, Determination of planetary basalt parentage: A simple technique using the electron microprobe: *American Mineralogist*, v. 88, p. 469–472, doi:10.2138/am-2003-2-323.

Papike, J.J., Burger, P. V., Bell, A.S., and Shearer, C.K., 2017, Mn-Fe systematics in major planetary body reservoirs in the solar system and the positioning of the Angrite Parent Body: A crystal-chemical perspective: *American Mineralogist*, v. 102, p. 1759–1762, doi:10.2138/am-2017-6112.

Rayman, M.D., & Mase, R.A., 2014, Dawn's exploration of Vesta: *Acta Astronautica*, v. 94, p. 159–167, doi:10.1016/j.actaastro.2013.08.003.

Rubin, A., & Ma, C., 2021, *Petrologic and Mineralogical Characteristics of Meteorite Groups*: Cambridge University Press, 153–199 p., doi:10.1017/9781108613767.009.

Saxena, V.S., and Surendra K., 1994, A thermodynamic assessment of silica phase diagram: *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH*, v. 99, p. 787–794.

Shearer, G.F., and Papike, J.J., 1996, Petrogenetic Models for the Origins of Diogenites and their relationship to basaltic magmatism on HED parent Body: Workshop on Evolution of Igneous Asteroids, p. 28–29.

Shearer, C.K., Fowler, G.W., and Papike, J.J., 1997, Petrogenetic models for magmatism on the eucrite parent body: Evidence from orthopyroxene in diogenites: *Meteoritics & Planetary Science*, v. 32, p. 877–889.

Shisseh, T., Aoudjehane, H.C., Hewins, R., Folco, L., Zanda, B., Agee, C.B., Jacquet, E., Zennouri, L., Leili, M.H., & Pont, S., 2024, On the origin of metallic iron in eucrite breccias: Effects of impact shock and mixing on the surface of (4) Vesta: *Icarus*, 412, doi:10.1016/j.icarus.2024.115981.

Streckeisen, A., 1976, To each plutonic rock its proper name: *Earth Science Reviews*, v. 12, p. 1–33, doi:10.1016/0012-8252(76)90052-0.

Takeda, H., and Graham, A.L., 1991, Degree of equilibration of Eucritic pyroxenes and thermal metamorphism of the earliest planetary crust: *Meteoritics*, v. 26, p. 129–134.

Van Schmus, W.R., and Wood, J.A., 1967, A chemical-petrologic classification for the chondritic meteorites: *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 31, doi:10.1016/s0016-7037(67)80030-9.

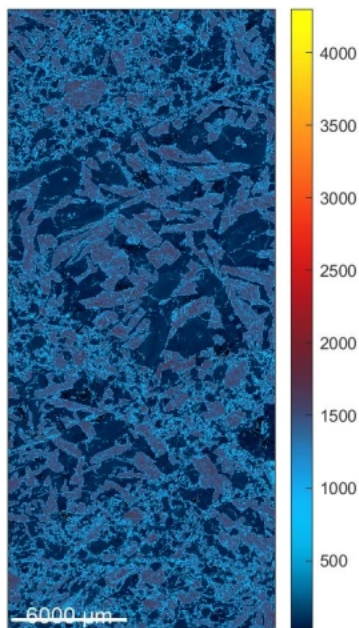
Vernon, Ron H., *A Practical guide to Rock Microstructure*, Cambridge, Cambridge Press, p 594.

Weisberg, M.K., McCoy, T.J., and Krot, A.N., 2006, Systematics and Evaluation of Meteorite Classification: Meteorites and the Early Solar System II, doi:10.2307/j.ctv1v7zdm.8.

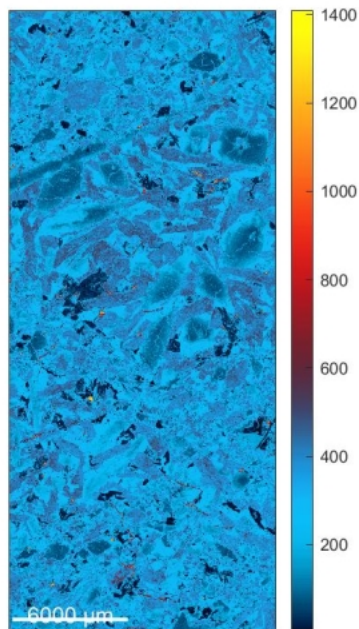
Wlotzka, F., 1993, A Weathering Scale for the Ordinary Chondrites: , p. 460.

Anexo 1

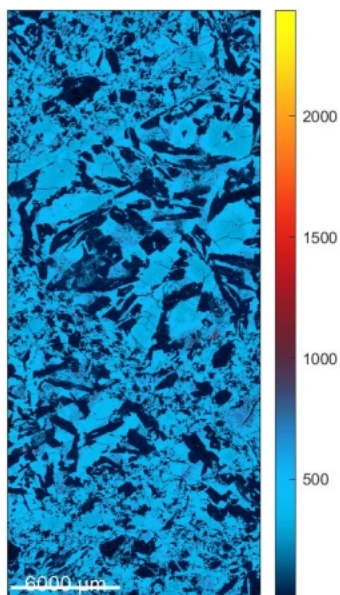
Al



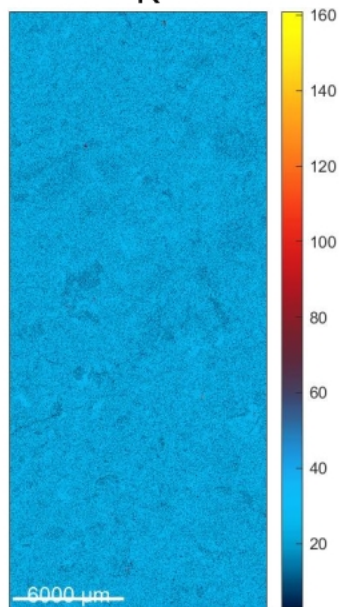
Ca



Fe

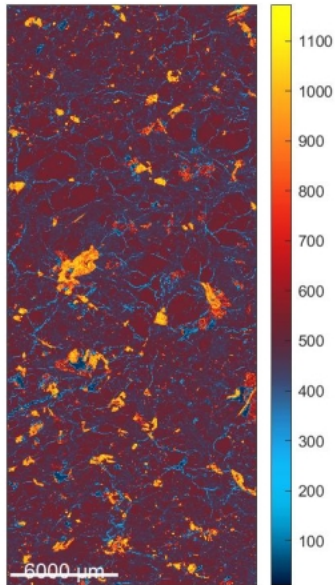


K

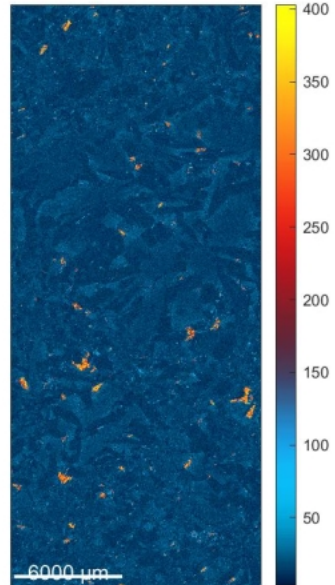


Anexo 1

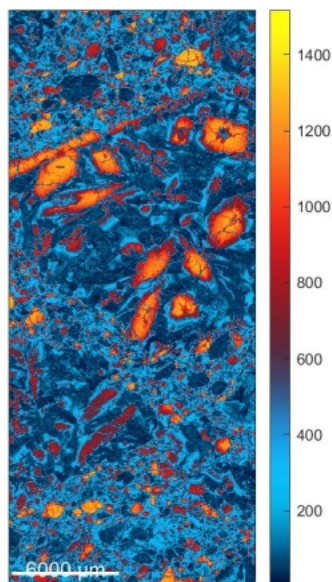
Si



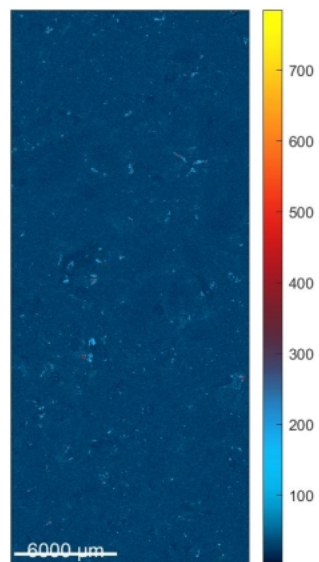
Ti



Mg

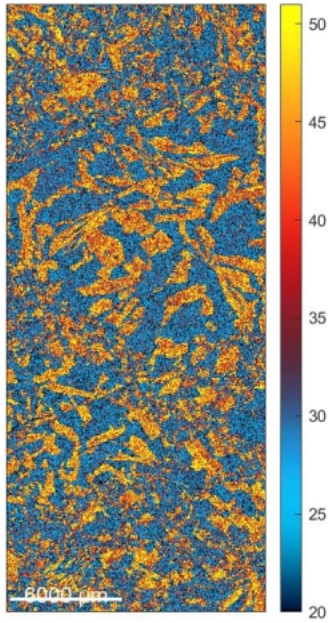


P

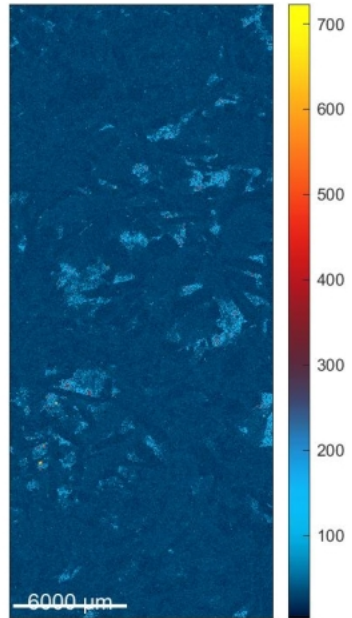


Anexo 1

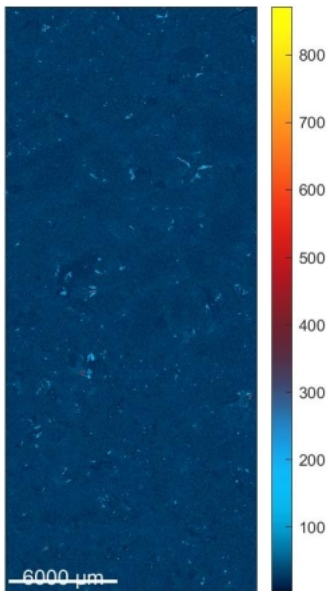
Na



S

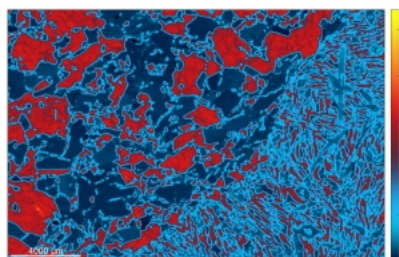


Zr

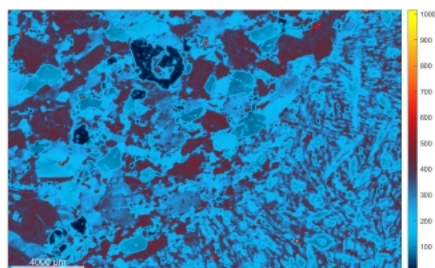


Anexo 2

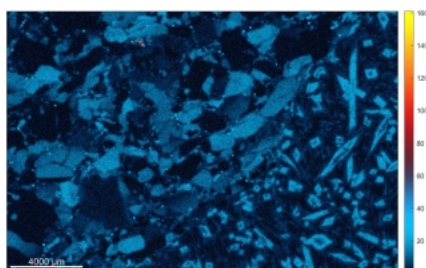
Al



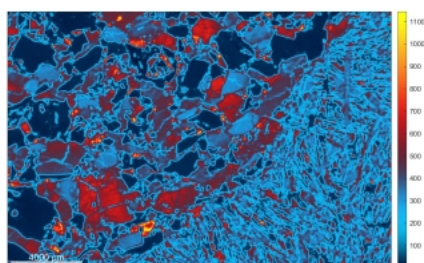
Ca



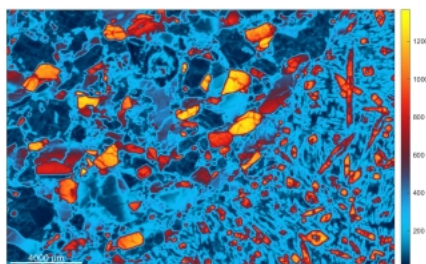
Cr



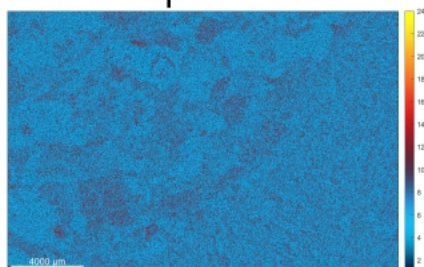
Fe



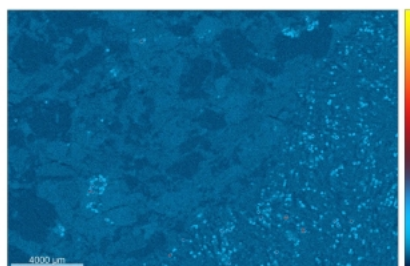
Mg



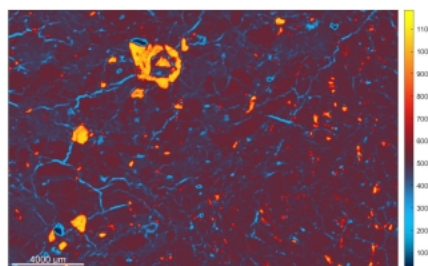
P



S

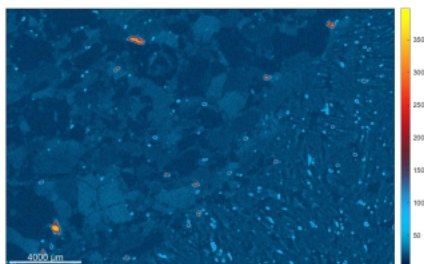


Si

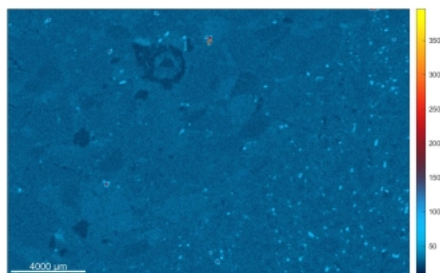


Anexo 2

Ti



Zr



ANEXO 3 - Química do Piroxênio por WDS

Número PX	1	2	4	5	6	7	8	9	10	11
Descrição	Clasto 1 px 1	Clasto 1 px 2	Clasto 1 px 4	Clasto 1 px 5	Clasto 1 px 6	Clasto 1 px 7	Clasto 1 px 8	Clasto 1 px 9	Clasto 1 px 10	Clasto 1 px 11
SiO2	47.93	49.46	51.93	45.39	47.05	47.72	49.54	50.25	45.96	48.29
TiO2	0.6135	0.3227	0.2039	0.9297	0.9631	0.6685	0.3646	0.3622	1.1042	0.629
Al2O3	1.5321	1.232	1.99	1.0437	1.208	1.3103	1.5885	2.25	1.413	1.4604
ZnO	0.0101	0	0	0	0.0363	0	0.0267	0.011	0	0.0398
Cr2O3	0.6312	0.6341	1.0365	0.0025	0.2538	0.4568	0.6928	0.9346	0.0995	0.5656
FeOT	28.26	27.18	20.36	41.37	35.45	31.52	28.47	23.46	36.86	28.16
MnO	0.7364	0.7821	0.6129	0.9879	0.8306	0.8802	0.7637	0.6864	0.9101	0.7136
MgO	9.1	12.55	20.62	0.9015	4.3	8.17	14.23	16.8	3.51	8.81
CaO	10.97	7.92	3.62	9.81	10.39	9.61	4.76	5.49	9.83	11.23
Na2O	0.047	0.0332	0.0258	0.0303	0.0475	0.0484	0.0341	0.0396	0.1022	0.0419
K2O	0.0081	0	0.0036	0.0159	0.0031	0.0094	0.0111	0.0146	0.0273	0
TOTAL	99.84	100.11	100.40	100.48	100.53	100.39	100.48	100.30	99.82	99.94
Fe2O3	1.85	1.34	0.25	1.80	0.45	2.08	1.51	1.07	1.38	1.00
FeO	26.60	25.97	20.13	39.75	35.04	29.65	27.11	22.50	35.62	27.26
Total novo	100.02	100.25	100.43	100.66	100.58	100.60	100.63	100.41	99.95	100.04
Fórmula estrutural calculada para 6 oxigênios. Fe2+ e Fe3+ segundo Droop (1987)										
TSi	1.91	1.93	1.93	1.92	1.93	1.91	1.92	1.91	1.91	1.92
TAl	0.07	0.06	0.07	0.05	0.06	0.06	0.07	0.09	0.07	0.07
TFe3	0.02	0.01	0.00	0.03	0.01	0.03	0.01	0.00	0.02	0.01
SOMA T	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
M1Al	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
M1Ti	0.02	0.01	0.01	0.03	0.03	0.02	0.01	0.01	0.03	0.02
M1Fe3	0.04	0.03	0.01	0.03	0.00	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02
M1Cr	0.02	0.02	0.03	0.00	0.01	0.01	0.02	0.03	0.00	0.02
M1Zn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
M1Mg	0.54	0.73	0.94	0.06	0.26	0.49	0.82	0.92	0.22	0.52
M1Fe2	0.38	0.21	0.00	0.89	0.69	0.44	0.11	0.00	0.72	0.42
M1Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SOMA M1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
M2Mg	0.00	0.00	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00
M2Fe2	0.503	0.640	0.627	0.517	0.510	0.553	0.774	0.716	0.520	0.493
M2Mn	0.025	0.026	0.019	0.035	0.029	0.030	0.025	0.022	0.032	0.024
M2Ca	0.47	0.33	0.14	0.44	0.46	0.41	0.20	0.22	0.44	0.48
M2Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
M2K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SOMA M2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Sum_cat	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Membros Finais										
JD	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00
AE	0.21	0.13	0.00	0.17	0.20	0.22	0.16	0.00	0.50	0.17
CFTS	2.67	1.91	0.37	2.77	0.51	3.03	2.12	1.60	1.73	1.37
CTTS	0.96	0.49	0.29	1.52	1.52	1.04	0.55	0.54	1.78	0.97
CATS	0.00	0.00	0.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.46	0.00	0.00
WO	20.71	14.70	5.86	18.55	21.33	17.32	7.59	9.07	19.11	22.39
EN	28.09	37.69	59.08	2.92	13.45	25.31	42.67	49.67	11.24	26.99
FS	47.36	45.09	33.36	74.06	62.98	53.08	46.91	38.47	65.64	48.11
Fe	0.9	0.9	0.6	1.5	1.2	1.1	0.9	0.7	1.3	0.9
Mn	0.025	0.026	0.019	0.035	0.029	0.030	0.025	0.022	0.032	0.024
Fe/Mn	37.89	34.32	32.80	41.35	42.14	35.36	36.81	33.75	39.99	38.97
Fe2	0.89	0.85	0.63	1.40	1.20	0.99	0.88	0.72	1.24	0.91
Fe2/Mn	35.66	32.79	32.43	39.73	41.66	33.26	35.06	32.36	38.65	37.73

ANEXO 3 - Química do Piroxênio por WDS

12	13	14	15	17	19	20	21	23	24	25
Clasto 1 px 12	Clasto 1 px 13	Clasto 1.3 px 14	Clasto 1.3 px 15	Clasto 1.3 px 17	Clasto 2 px 19	Clasto 2 px 20	Clasto 2 px 21	Clasto 2 px 23	Clasto 2 px 24	Clasto 2 px 25
49.29	52.44	46.65	48.44	47.36	45.02	48.38	50.33	51.31	48.86	47.2
0.4278	0.1822	0.4322	0.2069	0.3872	1.2846	0.7099	0.2408	0.2591	0.6209	0.9912
1.9	1.672	0.3248	0.2827	0.3166	1.1095	1.2616	1.0872	2.2	1.5458	1.2134
0	0.0024	0	0.0133	0	0.0079	0	0	0	0	0.0012
0.6075	0.9559	0.0416	0.0591	0.0458	0.1376	0.4901	0.6658	1.0618	0.6403	0.3159
27.66	19.31	40.89	27.79	40.69	38.1	29.92	27.23	20.45	28.06	34.36
0.8134	0.5832	2.08	0.5839	2.05	0.9462	0.8247	0.7492	0.6255	0.7849	0.8869
13.1	22.59	3.67	3.76	3.51	3.08	7.9	15	20.34	9.38	4.1
6.68	2.85	5.78	18.04	5.68	10.08	10.74	5.21	4.14	10.43	11.32
0.1035	0.0143	0.0156	0.0262	0.0274	0.074	0.0618	0.0564	0.036	0.0456	0.0416
0.0158	0	0.0005	0.0107	0.0014	0.017	0.0028	0.0145	0	0	0.0046
100.60	100.60	99.88	99.21	100.07	99.86	100.29	100.58	100.42	100.37	100.43
1.77	1.13	0.94	0.29	0.00	3.18	0.45	1.45	1.36	0.19	0.00
26.06	18.29	40.04	27.53	40.69	35.24	29.51	25.92	19.23	27.89	34.36
100.78	100.71	99.98	99.24	100.07	100.18	100.34	100.73	100.56	100.39	100.43
1.91	1.93	1.96	1.98	1.99	1.88	1.94	1.94	1.91	1.93	1.94
0.09	0.07	0.02	0.01	0.01	0.05	0.06	0.05	0.09	0.07	0.06
0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.06	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04	0.02	0.01	0.01	0.02	0.03
0.05	0.03	0.01	0.01	0.00	0.04	0.01	0.03	0.04	0.01	0.00
0.02	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.03	0.02	0.01
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.76	0.93	0.23	0.23	0.22	0.19	0.47	0.86	0.92	0.55	0.25
0.16	0.00	0.75	0.76	0.76	0.73	0.48	0.08	0.00	0.40	0.71
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00	0.00
0.687	0.563	0.664	0.186	0.669	0.508	0.506	0.755	0.599	0.528	0.471
0.027	0.018	0.074	0.020	0.073	0.034	0.028	0.024	0.020	0.026	0.031
0.28	0.11	0.26	0.79	0.26	0.45	0.46	0.22	0.17	0.44	0.50
0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
0.00	0.05	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.14	0.18	0.00
0.45	0.00	0.07	0.13	0.00	0.36	0.25	0.25	0.00	0.00	0.18
2.25	1.62	1.45	0.31	0.00	4.85	0.44	1.92	1.99	0.29	0.00
0.65	0.26	0.69	0.32	0.62	2.11	1.09	0.36	0.38	0.95	1.56
0.00	0.06	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00	0.26	0.15	0.00
11.59	3.87	11.05	39.21	12.13	16.60	22.05	8.80	6.00	21.31	23.85
39.54	64.08	11.65	11.55	11.10	10.02	24.14	44.38	58.95	28.40	12.81
45.53	30.05	75.09	48.48	75.87	66.06	52.02	44.29	32.29	48.73	61.60
0.9	0.6	1.4	1.0	1.4	1.3	1.0	0.9	0.6	0.9	1.2
0.027	0.018	0.074	0.020	0.073	0.034	0.028	0.024	0.020	0.026	0.031
33.58	32.69	19.41	46.99	19.60	39.76	35.82	35.89	32.28	35.30	38.25
0.85	0.56	1.41	0.94	1.43	1.23	0.99	0.84	0.60	0.92	1.18
31.64	30.97	19.01	46.56	19.60	36.78	35.34	34.16	30.35	35.09	38.25

ANEXO 3 - Química do Piroxênio por WDS

26	27	28	29	30	31	32	33	35	36	37
Clasto 2 px 26	Clasto 2 px 27	Clasto 2 px 28	Clasto 2 px 29	Clasto 2 px 30	Clasto 2 px 31	Clasto 2.4 px 32	Clasto 2.4 px 33	Clasto 2.4 px 35	clasto 3 px 36	clasto 3 px 37
48.98	52.26	52.85	45.61	45.51	48.76	46.15	45.31	47.94	51.46	51.4
0.5033	0.2131	0.1955	1.0758	1.0554	0.4166	0.5492	1.0028	0.3453	0.2361	0.2173
1.1205	1.7759	1.6039	1.0691	1.0702	1.6658	0.5039	0.3198	10.35	2.05	2.23
0.0035	0	0.0233	0	0.0568	0	0.0213	0.0075	0	0.0251	0
0.5312	0.9339	0.8439	0	0.0058	0.7481	0	0.0776	0.0308	0.9781	1.0767
28.7	20.13	18.97	41.25	40.51	25.62	42.23	31.67	29.11	20.15	20.32
0.8525	0.6465	0.572	1.0407	0.9738	0.7332	1.86	0.7432	1.34	0.598	0.6237
9.06	21.51	22.74	0.6603	0.9432	12.15	2.35	3.43	1.84	20.74	20.33
10.41	3.28	2.59	9.57	10	8.56	6.23	16.2	9.34	3.55	4.17
0.0416	0.0182	0.0317	0.0131	0.0539	0.0812	0.045	0.0526	0.7907	0.0155	0.0208
0	0.0047	0.0006	0	0.0166	0.0165	0	0.0149	0.0724	0	0.004
100.20	100.77	100.42	100.29	100.20	98.75	99.94	98.83	101.16	99.80	100.39
0.25	0.83	0.23	0.33	1.08	0.82	0.93	4.95	0.00	0.69	1.09
28.47	19.38	18.77	40.95	39.54	24.88	41.39	27.22	29.11	19.53	19.33
100.23	100.86	100.44	100.32	100.30	98.83	100.03	99.32	101.16	99.87	100.50
1.95	1.93	1.95	1.93	1.93	1.93	1.96	1.88	1.91	1.92	1.91
0.05	0.07	0.05	0.05	0.05	0.07	0.03	0.02	0.09	0.08	0.09
0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.02	0.10	0.00	0.00	0.00
2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.40	0.01	0.01
0.02	0.01	0.01	0.03	0.03	0.01	0.02	0.03	0.01	0.01	0.01
0.01	0.02	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01	0.05	0.00	0.02	0.03
0.02	0.03	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.54	0.94	0.95	0.04	0.06	0.72	0.15	0.21	0.11	0.93	0.92
0.42	0.00	0.00	0.92	0.89	0.22	0.82	0.70	0.48	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.00	0.25	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	0.21
0.524	0.599	0.578	0.528	0.507	0.606	0.646	0.247	0.491	0.611	0.602
0.029	0.020	0.018	0.037	0.035	0.025	0.067	0.026	0.045	0.019	0.020
0.44	0.13	0.10	0.43	0.45	0.36	0.28	0.72	0.40	0.14	0.17
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
0.03	0.08	0.12	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	4.09	0.06	0.09
0.13	0.00	0.00	0.05	0.27	0.05	0.19	0.26	0.00	0.00	0.00
0.26	1.19	0.32	0.49	1.49	1.21	1.32	7.83	0.00	1.01	1.60
0.77	0.31	0.28	1.74	1.72	0.64	0.89	1.64	0.65	0.34	0.32
0.00	0.35	0.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.00	0.71	0.56
21.61	4.86	3.99	19.87	20.01	16.91	12.16	28.27	3.46	5.30	6.19
27.41	61.22	64.06	2.12	3.05	37.04	7.54	11.12	6.88	59.93	58.83
49.79	31.99	30.58	75.72	73.46	43.83	77.91	50.87	63.93	32.64	32.41
1.0	0.6	0.6	1.5	1.4	0.8	1.5	1.1	1.0	0.6	0.6
0.029	0.020	0.018	0.037	0.035	0.025	0.067	0.026	0.045	0.019	0.020
33.24	30.75	32.75	39.14	41.08	34.50	22.42	42.08	21.45	33.27	32.17
0.95	0.60	0.58	1.45	1.40	0.82	1.47	0.95	0.97	0.61	0.60
32.98	29.60	32.40	38.85	40.09	33.51	21.98	36.16	21.45	32.24	30.61

ANEXO 3 - Química do Piroxênio por WDS

38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
clasto 3 px 38	clasto 3 px 39	clasto 3 px 40	clasto 3 px 41	clasto 3 px 42	clasto 3 px 43	clasto 3 px 44	clasto 3 px 45	clasto 3 px 46	clasto 3 px 47	clasto 3 px 48
50.28	49.65	49.55	46.71	50.03	50.42	49.71	46.52	45.24	50.84	47.72
0.2735	0.351	0.3594	0.8461	0.3712	0.3129	0.313	1.0556	1.2748	0.3245	1.2406
2.5	2.2	1.5796	1.1726	2.37	1.6884	1.2334	1.2209	1.2329	1.8493	2.92
0	0	0.0119	0.0037	0	0	0	0.0201	0	0	0.0287
1.1774	0.866	0.7642	0.2665	1.0332	0.8499	0.6878	0.1201	0.0068	0.8841	0.6822
20.41	25.41	25.86	36.1	23.09	23.09	27.02	35.61	36.11	23.02	28.47
0.6147	0.7039	0.7773	0.8982	0.7432	0.7381	0.8593	0.9602	0.829	0.7544	0.7822
19.05	15.8	15.09	5.1	17.4	17.65	13.81	3.25	1.6268	17.17	9.59
4.81	4.88	5.5	8.72	4.77	5.02	6.4	11.28	12.5	5.37	8.23
0.0256	0.0409	0.0286	0.0113	0.0365	0.036	0.0256	0.0485	0.0671	0.0052	0.0547
0.0062	0.0006	0.0166	0.0133	0	0.014	0.0042	0.0189	0.038	0.0053	0.0597
99.15	99.90	99.54	99.84	99.84	99.82	100.06	100.10	98.93	100.22	99.78
1.03	1.16	1.35	0.84	1.09	1.52	1.24	0.62	1.17	0.26	0.00
19.49	24.36	24.65	35.34	22.11	21.72	25.90	35.05	35.06	22.79	28.47
99.25	100.02	99.67	99.93	99.95	99.97	100.19	100.17	99.04	100.25	99.78
1.91	1.91	1.92	1.93	1.91	1.92	1.93	1.93	1.91	1.93	1.90
0.09	0.09	0.07	0.06	0.09	0.08	0.06	0.06	0.06	0.07	0.10
0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00
2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.04
0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01	0.03	0.04	0.01	0.04
0.03	0.03	0.04	0.01	0.03	0.04	0.03	0.01	0.01	0.01	0.00
0.04	0.03	0.02	0.01	0.03	0.03	0.02	0.00	0.00	0.03	0.02
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.91	0.91	0.87	0.31	0.91	0.93	0.80	0.20	0.10	0.94	0.57
0.00	0.01	0.06	0.64	0.00	0.00	0.14	0.75	0.84	0.00	0.33
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.17	0.00	0.00	0.00	0.07	0.08	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00
0.618	0.773	0.743	0.581	0.705	0.692	0.703	0.460	0.396	0.725	0.615
0.020	0.023	0.026	0.031	0.024	0.024	0.028	0.034	0.030	0.024	0.026
0.20	0.20	0.23	0.39	0.19	0.20	0.27	0.50	0.57	0.22	0.35
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
0.11	0.16	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.39
0.00	0.00	0.16	0.08	0.00	0.17	0.11	0.25	0.39	0.00	0.00
1.53	1.75	1.88	1.25	1.63	2.09	1.76	0.73	1.52	0.38	0.00
0.41	0.53	0.54	1.35	0.56	0.47	0.47	1.68	2.08	0.48	1.95
0.77	0.43	0.00	0.00	0.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.77	1.60
7.51	7.78	9.42	17.15	7.46	8.08	11.51	23.20	25.50	9.65	14.91
56.31	47.26	45.23	16.07	51.63	52.03	41.26	10.27	5.27	50.12	29.93
33.35	42.08	42.77	64.09	38.06	37.16	44.88	63.86	65.24	38.58	51.23
0.6	0.8	0.8	1.2	0.7	0.7	0.9	1.2	1.3	0.7	0.9
0.020	0.023	0.026	0.031	0.024	0.024	0.028	0.034	0.030	0.024	0.026
32.79	35.64	32.85	39.69	30.68	30.89	31.05	36.62	43.01	30.13	35.94
0.62	0.78	0.80	1.22	0.70	0.69	0.84	1.22	1.24	0.72	0.95
31.30	34.18	31.31	38.85	29.37	29.06	29.77	36.05	41.76	29.83	35.94

ANEXO 3 - Química do Piroxênio por WDS

49	50	51	52	53	54	62	63	64	65	67
clasto 3 px 49	clasto 3 px 50	clasto 3 px 51	clasto 3 px 52	clasto 3 px 53	clasto 3.1 px 54	clasto 4.3 px 62	clasto 4.3 px 63	clasto 4.3 px 64	clasto 4.3 px 65	clasto 4.3 px 67
46.83	50.73	50.21	49.15	46.06	48.76	47.51	46.13	51.79	47.09	45.44
0.7037	0.2546	0.2456	0.3214	0.8129	0.1953	0.5129	0.9424	0.2029	0.6708	1.1668
2.61	1.7532	0.8652	0.8949	0.8559	0.3547	1.1672	0.9391	1.6777	0.9975	1.0361
0	0.0369	0	0.0076	0.023	0.0135	0	0.0121	0	0	0.0212
1.1443	0.7899	0.5742	0.4724	0.0136	0.0634	0.4051	0.0659	0.8829	0.2613	0.0333
30.13	23.31	27.68	30.85	39.06	26.42	33.02	40.34	18.81	35.98	39.65
0.8094	0.73	0.8465	0.8872	0.8594	0.485	0.9206	1.0768	0.6063	1.0205	1.0268
8.77	16.89	14.34	10.68	0.9003	3.43	8.03	2.7	22.76	5.68	1.4229
8.92	5.64	5.66	7.02	11.69	19.1	8.26	8.3	2.7	8.3	10.18
0.0243	0.0238	0.0278	0.0515	0.0301	0.0458	0.0266	0.0097	0.0195	0.0033	0.04
0.0126	0.0059	0	0.0062	0.0057	0.0156	0.0107	0	0.0093	0	0.0093
99.95	100.16	100.45	100.34	100.31	98.88	99.86	100.52	99.46	100.00	100.03
1.70	0.73	1.35	1.09	0.98	0.00	1.92	1.03	1.62	0.97	1.24
28.60	22.65	26.46	29.87	38.18	26.42	31.29	39.41	17.35	35.10	38.53
100.12	100.24	100.59	100.45	100.41	98.88	100.06	100.62	99.62	100.10	100.15
1.87	1.93	1.95	1.95	1.94	2.00	1.92	1.93	1.92	1.94	1.92
0.12	0.07	0.04	0.04	0.04	0.00	0.06	0.05	0.07	0.05	0.05
0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00	0.02	0.02	0.00	0.02	0.03
2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.02	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	0.02	0.03	0.01	0.02	0.04
0.05	0.02	0.02	0.02	0.01	0.00	0.04	0.01	0.04	0.01	0.01
0.04	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.03	0.01	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.52	0.94	0.83	0.63	0.06	0.21	0.48	0.17	0.93	0.35	0.09
0.37	0.00	0.12	0.32	0.90	0.77	0.45	0.79	0.00	0.61	0.86
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00
0.587	0.722	0.735	0.668	0.439	0.140	0.608	0.589	0.539	0.599	0.499
0.027	0.024	0.028	0.030	0.031	0.017	0.032	0.038	0.019	0.036	0.037
0.38	0.23	0.23	0.30	0.53	0.84	0.36	0.37	0.11	0.37	0.46
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.13	0.00	0.11	0.22	0.14	0.00	0.14	0.04	0.10	0.01	0.19
2.57	1.08	1.92	1.45	1.44	0.00	2.88	1.61	2.26	1.53	1.83
1.12	0.38	0.37	0.49	1.31	0.30	0.81	1.51	0.29	1.06	1.90
0.00	0.45	0.00	0.00	0.00	0.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16.52	9.98	9.76	13.32	24.13	41.58	14.81	15.87	3.02	16.10	19.87
27.64	49.52	42.46	32.31	2.88	10.61	25.02	8.60	65.38	17.79	4.59
52.02	38.48	45.38	52.21	70.09	46.70	56.34	72.37	28.95	63.51	71.62
1.0	0.7	0.9	1.0	1.4	0.9	1.1	1.4	0.6	1.2	1.4
0.027	0.024	0.028	0.030	0.031	0.017	0.032	0.038	0.019	0.036	0.037
36.76	31.53	32.29	34.33	44.88	53.79	35.42	36.99	30.63	34.81	38.13
0.96	0.72	0.86	0.99	1.34	0.91	1.06	1.38	0.54	1.21	1.36
34.89	30.64	30.87	33.24	43.86	53.79	33.56	36.14	28.26	33.97	37.06

ANEXO 3 - Química do Piroxênio por WDS

68	69	72	73	76	77	78	79	80	81	82
clasto 4.3 px 68	clasto 4.3 px 69	clasto 4.3.1 px 72	clasto 4.3.1 px 73	clasto 5.1 px 76	clasto 5.1 px 77	clasto 5.1 px 78	clasto 5.1 px 79	clasto 5.1 px 80	clasto 5.1 px 81	clasto 5.1 px 82
49.63	46.66	44.84	46.13	49.77	49.54	47.5	50.43	50.47	47.62	48.71
0.4414	0.9606	1.1047	1.172	0.4126	0.3889	0.528	0.4235	0.7536	0.6881	0.6469
1.7653	1.1342	1.0688	1.4535	3.47	3.01	0.8627	3.37	4.09	3.66	3.18
0	0.0093	0	0	0	0	0.0438	0.0177	0.018	0	0.0192
0.8444	0.322	0.0427	0.1087	1.1369	1.0312	0.1319	1.3555	1.266	0.6606	0.6559
25.69	36.26	38.85	33.92	22.26	22.73	35.2	19.3	19.98	26.12	27.54
0.7433	0.9485	0.939	0.8648	0.6434	0.6168	0.9219	0.602	0.5854	0.7307	0.7775
15.05	4.86	2.34	2.81	17.18	17.73	7.66	21.12	18.94	12.24	12.9
5.71	8.72	9.46	13.34	5.18	4.68	6.83	3.61	3.83	7.47	6.21
0.0266	0.0422	0.0344	0.0467	0.0239	0.0303	0.043	0.0317	0.1506	0.0391	0.0206
0.0048	0.0165	0	0.0087	0	0	0.0104	0	0.0106	0.0094	0.0043
99.91	99.93	98.68	99.85	100.08	99.76	99.73	100.26	100.09	99.24	100.66
1.09	0.73	1.82	1.03	0.45	1.67	1.70	1.84	0.00	1.00	0.64
24.71	35.60	37.21	32.99	21.86	21.23	33.67	17.64	19.98	25.22	26.96
100.02	100.01	98.86	99.96	100.12	99.92	99.90	100.45	100.09	99.34	100.73
1.92	1.93	1.91	1.91	1.89	1.88	1.94	1.87	1.89	1.87	1.89
0.08	0.06	0.05	0.07	0.11	0.12	0.04	0.13	0.11	0.13	0.11
0.00	0.02	0.04	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.02	0.00	0.02	0.07	0.04	0.04
0.01	0.03	0.04	0.04	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02
0.03	0.01	0.02	0.02	0.01	0.05	0.03	0.05	0.00	0.03	0.02
0.03	0.01	0.00	0.00	0.03	0.03	0.00	0.04	0.04	0.02	0.02
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.87	0.30	0.15	0.17	0.90	0.89	0.47	0.88	0.87	0.72	0.75
0.06	0.65	0.79	0.77	0.00	0.00	0.48	0.00	0.00	0.17	0.16
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.11	0.00	0.29	0.19	0.00	0.00
0.737	0.576	0.532	0.373	0.694	0.675	0.666	0.547	0.626	0.658	0.715
0.024	0.033	0.034	0.030	0.021	0.020	0.032	0.019	0.019	0.024	0.026
0.24	0.39	0.43	0.59	0.21	0.19	0.30	0.14	0.15	0.31	0.26
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.12	0.00	0.12	0.61	0.18	0.09
0.12	0.22	0.15	0.22	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00
1.53	0.94	2.85	1.43	0.67	2.53	2.48	2.73	0.00	1.57	0.99
0.67	1.53	1.82	1.88	0.62	0.59	0.83	0.63	1.14	1.08	0.99
0.00	0.00	0.00	0.00	2.19	0.83	0.00	0.80	3.26	1.99	1.76
10.06	17.29	17.55	27.16	7.61	6.13	12.01	3.47	3.84	12.02	9.81
44.96	15.33	7.65	8.93	51.19	53.10	23.90	62.13	56.64	37.97	39.14
42.67	64.69	69.98	60.39	37.63	36.71	60.58	30.12	34.52	45.19	47.23
0.8	1.3	1.4	1.2	0.7	0.7	1.2	0.6	0.6	0.9	0.9
0.024	0.033	0.034	0.030	0.021	0.020	0.032	0.019	0.019	0.024	0.026
34.13	37.75	40.85	38.73	34.16	36.39	37.70	31.66	33.70	35.30	34.98
0.80	1.23	1.33	1.14	0.69	0.67	1.15	0.55	0.63	0.83	0.87
32.82	37.07	39.13	37.67	33.55	33.98	36.06	28.94	33.70	34.08	34.24

ANEXO 3 - Química do Piroxênio por WDS

83	84	85	86	87	89	90	91	92	94	95
clasto 5.1 px 83	clasto 5.1 px 84	clasto 5.1 px 85	clasto 5.1 px 86	clasto 5.1 px 87	clasto 5.1 px 89	clasto 5.1 px 90	clasto 5.1 px 91	clasto 5.1 px 92	clasto 6.3 px 94	clasto 6.3 px 95
46.2	51.21	50.79	48.45	49.02	47.66	47.76	46.76	47.42	47.28	46.77
1.5844	0.3762	0.446	0.613	0.4816	0.8908	0.8075	0.7798	1.4494	0.8324	0.8625
1.5358	3.01	3.27	10.88	3.64	8.42	4.18	10.26	4.28	1.4562	1.4466
0	0	0	0.0155	0	0	0.035	0.0094	0	0.009	0.0277
0.0823	1.1373	1.3093	0.5159	1.1062	0.0869	0.0995	0.1163	0.0802	0.4411	0.3448
33.57	20.38	19.18	20.48	22	26.14	31.63	24.63	28.67	30.7	32.38
0.8515	0.6005	0.5999	0.5575	0.6353	0.7104	0.7968	0.6974	0.7687	0.7709	0.8337
3.7	19.85	20.8	9.89	16.82	6.33	7.33	5.1	6.01	6.92	5.95
11.91	3.83	3.83	8.41	5.53	9.73	8.4	10.95	11.79	10.99	10.53
0.0281	0.0381	0.0136	0.5442	0.0296	0.6097	0.1262	0.7349	0.12	0.0386	0.0878
0	0.0034	0.0067	0.0686	0.0098	0.0401	0.0229	0.098	0.0332	0.0083	0.0151
99.46	100.44	100.25	100.42	99.27	100.62	101.19	100.14	100.62	99.45	99.25
0.00	0.00	0.80	0.00	0.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.92	1.22
33.57	20.38	18.46	20.48	21.17	26.14	31.63	24.63	28.67	29.87	31.28
99.46	100.44	100.33	100.42	99.37	100.62	101.19	100.14	100.62	99.54	99.37
1.92	1.91	1.89	1.85	1.88	1.87	1.90	1.84	1.89	1.92	1.92
0.08	0.09	0.11	0.15	0.12	0.13	0.10	0.16	0.11	0.07	0.07
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
1.99	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
0.00	0.04	0.03	0.34	0.04	0.26	0.09	0.32	0.10	0.00	0.00
0.05	0.01	0.01	0.02	0.01	0.03	0.02	0.02	0.04	0.03	0.03
0.00	0.00	0.02	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03
0.00	0.03	0.04	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.23	0.91	0.90	0.56	0.89	0.37	0.43	0.30	0.36	0.42	0.36
0.72	0.00	0.00	0.06	0.00	0.34	0.45	0.36	0.50	0.52	0.57
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.00	0.19	0.25	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.446	0.636	0.573	0.594	0.677	0.519	0.605	0.454	0.458	0.492	0.501
0.030	0.019	0.019	0.018	0.021	0.024	0.027	0.023	0.026	0.027	0.029
0.53	0.15	0.15	0.34	0.23	0.41	0.36	0.46	0.50	0.48	0.46
0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.05	0.01	0.06	0.01	0.00	0.01
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
0.00	0.15	0.07	2.70	0.14	2.84	0.58	3.69	0.59	0.00	0.00
0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.40
0.00	0.00	1.18	0.00	1.41	0.00	0.00	0.00	0.00	1.26	1.54
2.53	0.55	0.66	1.08	0.73	1.54	1.28	1.39	2.34	1.31	1.37
0.00	2.04	1.48	18.36	1.95	12.42	4.33	15.43	4.58	0.00	0.00
24.58	5.41	4.72	1.76	7.92	9.98	13.41	11.06	20.24	22.05	20.98
11.72	57.65	60.69	34.69	50.85	21.66	23.09	18.07	19.27	21.57	18.79
61.06	34.20	31.21	41.41	36.99	51.57	57.32	50.36	52.97	53.62	56.91
1.2	0.6	0.6	0.7	0.7	0.9	1.1	0.8	1.0	1.0	1.1
0.030	0.019	0.019	0.018	0.021	0.024	0.027	0.023	0.026	0.027	0.029
38.93	33.51	31.57	36.27	34.19	36.33	39.20	34.87	36.83	39.32	38.35
1.17	0.64	0.57	0.65	0.68	0.86	1.05	0.81	0.96	1.01	1.07
38.93	33.51	30.38	36.27	32.90	36.33	39.20	34.87	36.83	38.26	37.05

ANEXO 3 - Química do Piroxênio por WDS

96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106
clasto 6.3 px 96	clasto 6.3 px 97	clasto 6.3 px 98	clasto 6.3 px 99	clasto 6.3 px 100	clasto 6.3 px 101	clasto 6.3 px 102	clasto 6.3 px 103	clasto 6.3 px 104	clasto 6.3 px 105	clasto 6.3 px 106
48.6	49.52	49.33	45.12	45.4	49.13	47.82	48.96	49.42	49.36	47.07
0.562	0.2496	0.405	1.0609	0.863	0.5093	0.6717	0.4472	0.4029	0.5189	0.533
1.5218	1.1921	1.8199	1.0607	1.4909	2	1.6923	1.6246	1.4511	2.02	1.95
0.0105	0	0	0	0.0207	0	0.0363	0.0055	0	0.0044	0
0.6516	0.5853	0.786	0.0205	0.4163	0.8338	0.5849	0.8277	0.7607	0.9128	0.7025
28.69	25.47	25.56	40.33	31.94	25.58	27.45	26.19	26.67	24.38	32.35
0.8567	0.7985	0.7693	0.9701	0.772	0.7515	0.8484	0.7929	0.7863	0.7992	0.8344
10.68	16.38	14.65	0.4468	5.85	12.59	8.18	13.36	13.74	12.6	7.03
8.12	4.35	6.28	10.69	12.52	8.88	11.82	7	6.78	9.56	9.49
0.0426	0.0548	0.0161	0.0033	0.0893	0.0745	0.0424	0.0217	0	0.0548	0
0.0074	0.0209	0.0046	0	0.0067	0.0064	0	0	0	0.0031	0.0104
99.74	98.62	99.62	99.70	99.37	100.36	99.15	99.23	100.01	100.21	99.97
0.68	2.14	1.37	1.02	5.03	1.46	0.53	1.04	1.32	0.75	1.28
28.08	23.55	24.32	39.42	27.42	24.26	26.97	25.25	25.48	23.70	31.20
99.81	98.84	99.76	99.80	99.87	100.50	99.20	99.33	100.14	100.29	100.10
1.93	1.93	1.92	1.92	1.86	1.91	1.92	1.92	1.92	1.92	1.91
0.07	0.05	0.08	0.05	0.07	0.09	0.08	0.08	0.07	0.08	0.09
0.00	0.02	0.00	0.02	0.07	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.02	0.01	0.01	0.03	0.03	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02
0.02	0.04	0.04	0.01	0.08	0.04	0.02	0.03	0.03	0.02	0.04
0.02	0.02	0.02	0.00	0.01	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.63	0.93	0.85	0.03	0.36	0.73	0.49	0.78	0.80	0.73	0.42
0.31	0.00	0.08	0.93	0.52	0.19	0.45	0.15	0.14	0.20	0.50
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.622	0.766	0.712	0.477	0.417	0.600	0.458	0.678	0.691	0.572	0.559
0.029	0.026	0.025	0.035	0.027	0.025	0.029	0.026	0.026	0.026	0.029
0.35	0.18	0.26	0.49	0.55	0.37	0.51	0.29	0.28	0.40	0.41
0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.22	0.00
0.17	0.27	0.08	0.01	0.40	0.31	0.00	0.09	0.00	0.00	0.03
0.87	2.98	2.01	1.65	7.84	1.92	0.83	1.50	2.00	1.14	2.00
0.86	0.38	0.61	1.74	1.41	0.78	1.05	0.68	0.61	0.79	0.84
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.20	0.00
16.05	6.05	10.94	21.56	19.97	16.57	24.35	13.04	12.00	18.51	18.58
32.54	49.25	44.03	1.45	19.00	38.02	25.29	40.44	41.19	37.84	22.08
49.48	41.08	42.33	73.59	51.38	42.40	48.27	44.25	44.20	41.30	56.47
1.0	0.8	0.8	1.4	1.1	0.8	0.9	0.9	0.9	0.8	1.1
0.029	0.026	0.025	0.035	0.027	0.025	0.029	0.026	0.026	0.026	0.029
33.07	31.50	32.81	41.05	40.85	33.61	31.95	32.62	33.49	30.12	38.28
0.93	0.77	0.79	1.40	0.94	0.79	0.91	0.83	0.83	0.77	1.06
32.36	29.12	31.22	40.12	35.07	31.88	31.39	31.45	32.00	29.28	36.92

ANEXO 3 - Química do Piroxênio por WDS

107	108	109	110	115	116	117	118	120	121	122
clasto 6.3 px 107	clasto 6.3.1 px 10	clasto 6.3.1 px 10	clasto 6.3.1 px 11	clasto 6.3.1 px 11	clasto 6.3.1 px 11	clasto 6.3.1 px 11	clasto 6.3.1 px 11	clasto 6.3.1 px 12	clasto 6.3.1 px 12	clasto 6.3.1 px 12
45.25	45.56	44.96	47.86	48.79	49.58	46.73	45.95	50.97	50.31	48.38
1.0344	1.2498	1.1897	0.4011	0.4147	0.4624	0.7178	0.8306	0.2302	0.3194	0.6723
1.2014	1.2223	1.1484	0.3578	1.4674	1.7094	0.915	0.7309	1.046	1.4851	0.771
0.0496	0.009	0	0	0.0201	0.0223	0	0.0144	0.0028	0	0.0068
0.0093	0.0134	0.0073	0.0603	0.7775	0.7893	0.0604	0.0107	0.633	0.7702	0.0623
40.61	36.81	38.33	27.46	26.55	25.45	32.78	40.53	25.54	25.43	35.27
1.018	0.8545	0.8766	0.7095	0.8031	0.7594	0.858	1.1788	0.7589	0.7813	1.2354
1.2278	0.4948	0.6298	4.37	11.75	14.32	3.4	1.3129	16.98	15.03	3.13
9.24	12.62	11.53	17.74	9.23	6.24	13.25	8.68	4.2	6.14	10.23
0.0587	0.0501	0.037	0.0103	0.0121	0.0559	0.0715	0.0417	0.0365	0.0138	0.0358
0.0121	0.0012	0.0018	0.0077	0.0039	0.0195	0.0224	0.0097	0	0.0075	0.0103
99.71	98.89	98.71	98.98	99.82	99.41	98.81	99.29	100.40	100.29	99.80
1.09	0.00	0.51	1.31	1.67	0.42	0.63	0.00	1.08	0.58	0.00
39.63	36.81	37.87	26.28	25.05	25.07	32.21	40.53	24.57	24.91	35.27
99.82	98.89	98.76	99.11	99.99	99.45	98.87	99.29	100.51	100.35	99.80
1.92	1.94	1.93	1.96	1.92	1.93	1.95	1.96	1.95	1.94	2.01
0.06	0.06	0.06	0.02	0.07	0.07	0.04	0.04	0.05	0.06	0.00
0.02	0.00	0.02	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.01
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04
0.03	0.04	0.04	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.01	0.01	0.02
0.02	0.00	0.00	0.02	0.03	0.01	0.01	0.00	0.02	0.02	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.08	0.03	0.04	0.27	0.69	0.83	0.21	0.08	0.95	0.86	0.19
0.87	0.92	0.92	0.70	0.24	0.11	0.75	0.89	0.00	0.08	0.74
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
0.537	0.388	0.436	0.196	0.583	0.709	0.371	0.558	0.784	0.720	0.483
0.037	0.031	0.032	0.025	0.027	0.025	0.030	0.043	0.025	0.025	0.044
0.42	0.58	0.53	0.78	0.39	0.26	0.59	0.40	0.17	0.25	0.46
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99
4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.27	0.00	0.00	0.00	0.07	0.18
0.28	0.02	0.16	0.06	0.06	0.00	0.36	0.20	0.14	0.00	0.00
1.51	0.00	0.68	1.98	2.50	0.64	0.65	0.00	1.46	0.87	0.00
1.70	2.05	1.95	0.63	0.64	0.70	1.15	1.35	0.34	0.48	1.09
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00	0.18	1.79
18.38	27.44	24.35	36.88	17.02	11.85	28.35	18.80	7.01	11.50	20.82
3.99	1.61	2.05	13.53	35.70	42.89	10.76	4.24	49.56	44.36	10.09
74.14	68.69	70.80	46.92	44.08	43.41	58.74	75.41	41.49	42.55	66.04
1.4	1.3	1.4	0.9	0.9	0.8	1.1	1.4	0.8	0.8	1.2
0.037	0.031	0.032	0.025	0.027	0.025	0.030	0.043	0.025	0.025	0.044
39.39	42.54	43.18	38.22	32.64	33.09	37.72	33.95	33.23	32.14	28.19
1.41	1.31	1.36	0.90	0.82	0.82	1.12	1.45	0.78	0.80	1.23
38.44	42.54	42.66	36.58	30.80	32.60	37.07	33.95	31.96	31.48	28.19

ANEXO 3 - Química do Piroxênio por WDS

123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	134
clasto 6.3.1 px 12	clasto 6.3.1 px 12	clasto 6.3.1 px 12	clasto 6.3.1 px 12	clasto 6.3.1 px 12	clasto 6.3.1 px 12	clasto 6.3.1 px 12	clasto 6.3.1 px 13	clasto 6.3.1 px 13	clasto 6.3.1 px 13	clasto 6.3.1 px 13
47.76	46.1	45.55	45.49	46.63	48.83	47.99	49.36	50.49	48.18	46.15
0.7043	1.0255	1.1211	1.2226	0.8531	0.5407	0.6118	0.3017	0.2581	0.6794	1.0193
1.5653	1.6022	1.3072	1.0244	1.2946	1.4731	1.5769	2.68	1.3444	1.3094	1.0207
0.0402	0	0	0	0	0	0	0	0.0009	0	0
0.5964	0.2417	0.0087	0.0154	0.373	0.7489	0.7019	1.1856	0.7351	0.511	0.0632
29.98	34.48	37.08	40.44	33.36	26.57	27.88	21.45	25.89	32.07	39.95
0.8018	0.8414	0.7434	1.0056	0.8769	0.7672	0.783	0.6985	0.7767	0.9475	1.0194
7.66	3.94	0.6891	1.1153	5.48	10.66	9.57	17.85	16.52	7.64	2.46
10.53	11.06	13.12	9.69	10.42	9.97	10.11	5.59	4.57	9.27	8.86
0.0656	0.1023	0.0392	0.0293	0.0487	0.0295	0.1086	0.0255	0.0051	0.0613	0
0.0189	0.0259	0.0019	0	0.0096	0	0.019	0.007	0	0.0009	0
99.72	99.42	99.66	100.03	99.35	99.59	99.35	99.15	100.59	100.67	100.54
0.66	1.15	0.65	0.56	1.22	0.43	1.46	2.20	1.55	0.66	0.69
29.38	33.45	36.50	39.94	32.26	26.18	26.57	19.47	24.49	31.48	39.33
99.79	99.53	99.73	100.09	99.47	99.63	99.50	99.37	100.75	100.74	100.61
1.92	1.91	1.92	1.93	1.92	1.93	1.92	1.88	1.93	1.93	1.93
0.07	0.08	0.07	0.05	0.06	0.07	0.07	0.12	0.06	0.06	0.05
0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02
2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.02	0.03	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.03
0.02	0.03	0.01	0.00	0.02	0.01	0.03	0.06	0.03	0.01	0.00
0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.04	0.02	0.02	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.46	0.24	0.04	0.07	0.34	0.63	0.57	0.89	0.94	0.46	0.15
0.48	0.69	0.91	0.89	0.61	0.32	0.36	0.00	0.00	0.49	0.81
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00
0.512	0.469	0.377	0.525	0.505	0.549	0.532	0.621	0.783	0.565	0.567
0.027	0.030	0.027	0.036	0.031	0.026	0.026	0.023	0.025	0.032	0.036
0.45	0.49	0.59	0.44	0.46	0.42	0.43	0.23	0.19	0.40	0.40
0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00
0.32	0.50	0.17	0.12	0.23	0.05	0.49	0.00	0.02	0.25	0.00
0.72	1.36	0.89	0.79	1.72	0.61	1.79	3.34	2.28	0.77	1.10
1.10	1.65	1.82	1.98	1.36	0.83	0.95	0.46	0.38	1.05	1.63
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00
21.63	22.40	27.64	19.63	20.59	20.29	19.72	8.25	7.00	18.63	17.49
23.74	12.59	2.22	3.59	17.32	32.31	29.59	53.72	48.60	23.45	7.82
52.50	61.50	67.26	73.89	58.78	45.85	47.46	34.07	41.72	55.86	71.95
1.0	1.2	1.3	1.4	1.1	0.9	0.9	0.7	0.8	1.1	1.4
0.027	0.030	0.027	0.036	0.031	0.026	0.026	0.023	0.025	0.032	0.036
36.92	40.46	49.25	39.71	37.56	34.20	35.16	30.32	32.91	33.42	38.70
0.99	1.16	1.29	1.42	1.11	0.87	0.89	0.62	0.78	1.06	1.38
36.19	39.25	48.47	39.21	36.33	33.70	33.51	27.53	31.14	32.81	38.10

ANEXO 3 - Química do Piroxênio por WDS

135	138	141	142	143	146	147	148	149	150	151
clasto 6.3.1 px 13	clasto 7.1.1 px 13	clasto 7.1.1 px 14	clasto 7.1.1 px 14	clasto 7.1.1 px 14	clasto 8 px 146	clasto 8 px 147	clasto 8 px 148	clasto 8 px 149	clasto 8 px 150	clasto 8 px 151
45.19	48.05	45.39	45.02	42.63	50.87	51.19	48.43	46.02	47.95	49.12
1.0381	0.2048	0.5133	0.4975	0.5634	0.4363	0.3916	0.6219	1.86	0.8769	0.628
1.1423	0.3432	0.4696	0.4127	0.4935	3.23	3.01	4.56	1.5372	1.4321	3.01
0	0	0.0256	0	0.0077	0	0.0195	0	0.0147	0.0227	0.0258
0.0208	0.063	0.0122	0.0371	0	1.3076	1.2608	1.0116	0.0357	0.2116	0.7318
38.86	28.95	43.87	43.94	46.45	18.97	18.54	22.26	33.7	34.06	24.67
0.7865	0.6474	1.99	1.88	1.87	0.6305	0.5499	0.6621	0.8786	0.9207	0.7103
0.9067	2.24	2.01	1.72	1.3681	21.01	21.67	14.26	3.05	7.31	13.42
11.73	18.92	5.41	5.78	5.18	3.54	3.43	7.41	12.28	7.89	7.73
0.0596	0.0339	0.0006	0.0262	0.0191	0.0115	0.0275	0.047	0.0309	0.0247	0.0422
0.0057	0.0091	0.0081	0.0167	0.0082	0.0024	0.0148	0.0132	0.0185	0	0.0099
99.74	99.46	99.70	99.33	98.59	100.01	100.10	99.28	99.43	100.70	100.10
1.80	0.43	1.90	2.44	6.61	0.49	0.83	0.00	0.00	0.16	0.18
37.24	28.56	42.16	41.74	40.50	18.53	17.79	22.26	33.70	33.92	24.50
99.92	99.50	99.89	99.58	99.25	100.06	100.19	99.28	99.43	100.71	100.12
1.91	1.98	1.94	1.93	1.86	1.89	1.89	1.87	1.92	1.93	1.90
0.06	0.02	0.02	0.02	0.03	0.11	0.11	0.13	0.08	0.07	0.10
0.03	0.00	0.04	0.04	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.99	2.00	2.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.08	0.00	0.00	0.04
0.03	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.06	0.03	0.02
0.03	0.01	0.03	0.03	0.10	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04	0.03	0.00	0.01	0.02
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.06	0.14	0.13	0.11	0.09	0.90	0.90	0.82	0.19	0.44	0.77
0.88	0.84	0.83	0.84	0.79	0.00	0.00	0.05	0.75	0.52	0.14
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00
0.435	0.139	0.680	0.662	0.687	0.576	0.551	0.667	0.424	0.626	0.653
0.028	0.023	0.072	0.068	0.069	0.020	0.017	0.022	0.031	0.031	0.023
0.53	0.84	0.25	0.27	0.24	0.14	0.14	0.31	0.55	0.34	0.32
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.00	1.00
4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.14	0.22	0.00	0.10	0.19
0.27	0.16	0.03	0.16	0.11	0.00	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00
2.69	0.51	3.10	3.89	11.44	0.72	1.22	0.00	0.00	0.25	0.28
1.70	0.32	0.84	0.83	0.98	0.64	0.57	0.96	3.00	1.36	0.95
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.69	1.23	3.96	0.00	0.03	1.81
23.02	41.29	8.73	8.94	0.46	4.37	4.13	11.45	25.21	15.77	13.69
2.95	6.94	6.55	5.66	4.73	61.21	62.85	43.85	9.75	22.45	40.43
69.38	50.78	80.76	80.52	82.28	31.33	29.86	39.56	61.86	60.04	42.64
1.4	1.0	1.6	1.6	1.7	0.6	0.6	0.7	1.2	1.1	0.8
0.028	0.023	0.072	0.068	0.069	0.020	0.017	0.022	0.031	0.031	0.023
48.79	44.15	21.77	23.08	24.53	29.71	33.29	33.20	37.87	36.53	34.29
1.32	0.98	1.51	1.50	1.48	0.58	0.55	0.72	1.17	1.14	0.79
46.75	43.57	20.92	21.92	21.39	29.02	31.95	33.20	37.87	36.37	34.06

ANEXO 3 - Química do Piroxênio por WDS

152	153	154	155	156	157	158	159	161	162	163
clasto 8 px 152	clasto 8 px 153	clasto 8 px 154	clasto 8 px 155	clasto 8 px 156	Matriz A 1.1.1 px	Matriz A 1.1.1 px	Matriz A 1.1.1 px	Matriz A 1.1.1 px	Matriz A 1.1.1 px	Matriz A 1.1.1 px
50.51	45.87	47.79	47.22	49.24	50.99	51.8	52.04	50.4	49.85	52.62
0.395	2.02	0.8499	0.7899	0.3447	0.2875	0.1799	0.2013	0.274	0.4263	0.2379
3.04	1.5592	0.9145	1.2284	0.7883	1.6295	2.06	1.7358	1.6998	2.9	1.4949
0	0	0.0061	0.0058	0.0273	0.0126	0.0189	0.0156	0	0	0
1.0415	0.0577	0.1048	0.1721	0.1819	0.8508	0.9483	0.9117	0.9375	1.2639	0.8552
21.99	32.63	35	36.82	32.61	23.84	19.2	19.12	23.69	20.63	18.79
0.6328	0.8118	0.9074	0.9782	0.8894	0.7576	0.5969	0.6197	0.7613	0.7156	0.6115
18.86	4.52	5.02	5.84	10.58	17.59	22.03	22.25	16.1	16.1	22.54
4.18	12.1	9.71	6.99	5.55	4.62	2.95	2.86	6.25	8.35	3.13
0.0259	0.0356	0.0284	0.0248	0.0199	0.0397	0.0427	0.0149	0.0301	0.0303	0.0072
0.0131	0.0061	0.013	0.0048	0.0215	0.0151	0.0071	0.0098	0.0041	0.0135	0
100.69	99.61	100.34	100.07	100.25	100.63	99.83	99.78	100.15	100.28	100.29
1.13	0.59	0.00	0.16	0.53	0.99	1.10	0.87	0.90	1.05	0.55
20.98	32.10	35.00	36.68	32.13	22.95	18.21	18.34	22.88	19.69	18.29
100.80	99.67	100.34	100.09	100.31	100.73	99.94	99.87	100.24	100.38	100.34
1.89	1.89	1.96	1.94	1.96	1.93	1.92	1.93	1.93	1.89	1.94
0.11	0.08	0.04	0.06	0.04	0.07	0.08	0.07	0.07	0.11	0.06
0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	1.99	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01
0.01	0.06	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02
0.03	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.02
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.90	0.28	0.31	0.36	0.63	0.93	0.92	0.94	0.92	0.90	0.95
0.00	0.66	0.66	0.61	0.34	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.30	0.30	0.00	0.01	0.29
0.657	0.449	0.539	0.656	0.730	0.727	0.565	0.569	0.717	0.624	0.564
0.020	0.028	0.032	0.034	0.030	0.024	0.019	0.019	0.025	0.023	0.019
0.17	0.53	0.43	0.31	0.24	0.19	0.12	0.11	0.26	0.34	0.12
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
0.13	0.00	0.15	0.06	0.00	0.16	0.18	0.08	0.13	0.15	0.03
0.00	0.16	0.00	0.05	0.14	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.67	0.78	0.00	0.20	0.67	1.43	1.60	1.25	1.34	1.57	0.79
0.59	3.21	1.33	1.24	0.52	0.42	0.26	0.29	0.41	0.64	0.34
1.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47	0.31	0.11	0.91	0.28
5.34	23.41	20.34	14.24	10.84	7.83	3.77	4.02	11.40	14.74	4.94
55.41	14.24	15.59	18.23	31.92	51.31	63.36	63.62	47.49	47.91	63.66
35.63	58.19	62.58	65.97	55.91	38.81	30.36	30.43	39.14	34.08	29.96
0.7	1.1	1.2	1.3	1.1	0.8	0.6	0.6	0.8	0.7	0.6
0.020	0.028	0.032	0.034	0.030	0.024	0.019	0.019	0.025	0.023	0.019
34.31	39.69	38.09	37.17	36.20	31.07	31.76	30.47	30.73	28.47	30.34
0.66	1.11	1.20	1.26	1.07	0.73	0.57	0.57	0.73	0.62	0.56
32.73	39.04	38.09	37.03	35.67	29.91	30.13	29.22	29.68	27.17	29.54

ANEXO 3 - Química do Piroxênio por WDS

165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175
Matriz A 1.1.1 px	Matriz A 1.1.1 px	Matriz A 1.1.1 px	Matriz A 1.1.1 px	Matriz A 1.1.1 px	Matriz A 1.1.1 px	Matriz A 1.1.1 px	Matriz A 1.1.1 px	Matriz A 1.1.1 px	Matriz A 1.1.1 px	Matriz A 1.1.1 px
47.38	50.22	50.51	48.22	49.43	48.44	49.31	51.99	51.45	48.91	48.47
0.7415	0.3326	0.2668	0.573	0.4746	0.3353	0.4103	0.2171	0.2135	0.5316	0.5343
1.4545	1.3891	2.92	1.7529	1.5399	2.45	2.22	1.8811	1.92	1.7566	1.6015
0	0	0.0301	0	0	0	0	0.0497	0.0392	0.0121	0
0.5126	0.7582	1.2409	0.6309	0.681	0.4823	0.8826	0.9943	0.8995	0.7111	0.5488
30.35	25.5	21.07	27.26	26.36	30.73	26.12	19.94	21.35	25.89	28.69
0.8333	0.7953	0.7051	0.7391	0.7874	0.8048	0.7032	0.6405	0.5887	0.7544	0.8018
7.46	16.05	17.98	9.97	11.43	9.45	13.23	21.62	20.25	10.52	10.6
10.1	5.17	5.63	9.62	9.39	7.29	7.06	3.39	3.68	10.6	8.7
0.0203	0.0226	0.0158	0.0484	0.0354	0.0675	0.0555	0.0076	0.0455	0.0675	0.0382
0.0029	0.0043	0	0.005	0	0.0138	0.0215	0	0.0068	0.0201	0.0075
98.86	100.24	100.37	98.82	100.13	100.06	100.01	100.73	100.44	99.77	99.99
0.24	1.45	0.57	0.19	0.22	0.00	0.51	1.32	1.45	0.46	1.45
30.13	24.19	20.56	27.09	26.16	30.73	25.66	18.75	20.04	25.48	27.39
98.88	100.39	100.43	98.84	100.15	100.06	100.06	100.86	100.59	99.82	100.14
1.93	1.93	1.90	1.93	1.94	1.93	1.92	1.92	1.92	1.93	1.92
0.07	0.06	0.10	0.07	0.06	0.07	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07
0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
0.00	0.00	0.03	0.01	0.01	0.05	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00
0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
0.01	0.03	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.04	0.04	0.01	0.04
0.02	0.02	0.04	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.45	0.92	0.91	0.60	0.67	0.56	0.77	0.92	0.92	0.62	0.63
0.50	0.02	0.00	0.35	0.28	0.37	0.16	0.00	0.00	0.32	0.31
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.21	0.00	0.00
0.528	0.760	0.647	0.558	0.577	0.656	0.677	0.579	0.625	0.521	0.601
0.029	0.026	0.022	0.025	0.026	0.027	0.023	0.020	0.019	0.025	0.027
0.44	0.21	0.23	0.41	0.39	0.31	0.29	0.13	0.15	0.45	0.37
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
0.06	0.00	0.06	0.21	0.14	0.31	0.27	0.03	0.19	0.32	0.00
0.03	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17
0.35	2.07	0.84	0.30	0.33	0.00	0.77	1.90	2.13	0.70	2.06
1.16	0.50	0.40	0.89	0.72	0.52	0.62	0.31	0.31	0.81	0.82
0.00	0.00	1.58	0.47	0.33	2.03	0.79	0.09	0.03	0.21	0.00
21.08	8.42	9.09	19.57	18.86	13.58	13.10	4.66	5.19	21.38	16.22
23.22	47.45	52.91	30.61	34.27	29.09	39.86	61.86	58.63	31.91	32.39
54.10	41.47	35.12	47.95	45.35	54.48	44.58	31.14	33.52	44.66	48.34
1.0	0.8	0.7	0.9	0.9	1.0	0.9	0.6	0.7	0.9	0.9
0.029	0.026	0.022	0.025	0.026	0.027	0.023	0.020	0.019	0.025	0.027
35.96	31.66	29.51	36.42	33.06	37.70	36.68	30.74	35.81	33.89	35.33
1.03	0.78	0.65	0.91	0.86	1.02	0.84	0.58	0.63	0.84	0.91
35.71	30.04	28.79	36.19	32.81	37.70	36.04	28.91	33.61	33.35	33.73

ANEXO 3 - Química do Piroxênio por WDS

176	177	178	179	181	183	184	185	186	187	189
Matriz A 1.1.1 px	Matriz A 1.1.1 px	Matriz A 6 px 178	Matriz A 6 px 179	Matriz A 6 px 181	Matriz A 6 px 183	Matriz A 6 px 184	Matriz A 6 px 185	Matriz A 6 px 186	Matriz A 6 px 187	Matriz A 6 px 189
47.11	49.64	50.2	49.65	46.89	49.37	47.43	50.2	49.98	52.37	49.7
1.3786	0.4127	0.3565	0.4038	0.9168	0.3812	0.7049	0.488	0.4352	0.1644	0.4013
1.6946	1.8144	1.4423	1.3856	1.1945	1.5074	0.9806	1.5723	1.3393	1.4928	1.3784
0	0	0.0103	0.0079	0	0	0.0295	0.0725	0	0.0041	0.0065
0.1493	0.7378	0.6708	0.6621	0.2143	0.7332	0.1854	0.6904	0.6999	0.9064	0.6317
30.54	24.33	24.87	25.46	34.27	23.76	36.77	24.08	26.18	19.57	25.84
0.7839	0.7728	0.8107	0.8104	0.8815	0.7352	1.0158	0.7485	0.8222	0.6349	0.8263
4.75	13.41	13.28	12.72	4.6	13.83	5.62	11.5	12.47	22.39	12.29
13.5	9.08	8.66	8.81	10.78	8.92	7.82	11.59	8.73	2.78	8.74
0.0402	0.0297	0.0229	0.0476	0.0273	0.0384	0.0241	0.0535	0.0142	0	0.0394
0.0157	0.0067	0.0019	0.0025	0.0041	0.017	0	0.0223	0	0	0.0029
99.96	100.23	100.33	99.96	99.78	99.29	100.58	101.02	100.67	100.31	99.86
0.00	1.20	0.26	0.83	0.47	1.60	0.70	0.12	0.38	1.02	0.21
30.54	23.25	24.64	24.71	33.85	22.32	36.14	23.98	25.84	18.65	25.65
99.96	100.35	100.35	100.04	99.83	99.45	100.65	101.03	100.71	100.42	99.88
1.92	1.92	1.94	1.94	1.93	1.92	1.94	1.94	1.94	1.94	1.95
0.08	0.08	0.06	0.06	0.06	0.07	0.05	0.06	0.06	0.06	0.05
0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
0.04	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01
0.00	0.03	0.01	0.02	0.01	0.04	0.01	0.00	0.01	0.03	0.01
0.00	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.03	0.02
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.29	0.77	0.77	0.74	0.28	0.80	0.34	0.66	0.72	0.94	0.72
0.66	0.16	0.19	0.20	0.68	0.13	0.62	0.28	0.23	0.00	0.24
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.00
0.379	0.596	0.612	0.601	0.491	0.600	0.620	0.490	0.609	0.576	0.603
0.027	0.025	0.027	0.027	0.031	0.024	0.035	0.025	0.027	0.020	0.027
0.59	0.38	0.36	0.37	0.48	0.37	0.34	0.48	0.36	0.11	0.37
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
0.11	0.10	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.05	0.00	0.16
0.10	0.04	0.00	0.19	0.12	0.20	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	1.77	0.39	1.06	0.62	2.23	1.00	0.17	0.56	1.47	0.32
2.17	0.62	0.53	0.61	1.45	0.58	1.11	0.73	0.65	0.24	0.60
0.00	0.00	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.35	0.06	0.02	0.28
28.09	17.11	17.10	17.26	22.23	16.48	15.39	23.40	17.33	3.95	17.55
14.81	40.07	39.27	38.04	14.43	41.60	17.49	34.03	36.97	63.59	36.70
54.72	40.29	42.23	42.84	61.14	38.93	64.91	41.06	44.37	30.74	44.38
1.0	0.8	0.8	0.8	1.2	0.8	1.3	0.8	0.9	0.6	0.8
0.027	0.025	0.027	0.027	0.031	0.024	0.035	0.025	0.027	0.020	0.027
38.47	31.09	30.29	31.02	38.39	31.91	35.74	31.77	31.44	30.44	30.88
1.04	0.75	0.80	0.81	1.17	0.73	1.24	0.78	0.84	0.58	0.84
38.47	29.71	30.01	30.11	37.92	29.98	35.13	31.63	31.03	29.00	30.65

ANEXO 3 - Química do Piroxênio por WDS

190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200
Matriz A 6 px 190	Matriz A 6 px 191	Matriz A 6 px 192	Matriz A 6.1 px 193	Matriz A 6.1 px 194	Matriz A 6.1 px 195	Matriz A 6.1 px 196	Matriz A 6.1 px 197	Matriz A 6.1 px 198	Matriz A 6.1 px 199	Matriz A 6.1 px 200
48.57	51.57	51.29	50.42	49.31	48.48	45.24	48.12	48.07	50.98	49.6
0.5059	0.2231	0.2345	0.3231	0.5336	0.6826	0.87	0.6325	0.7136	0.1931	0.3851
1.3425	1.2854	1.3849	1.4571	1.3377	1.5823	1.1968	1.4804	1.5596	1.6896	1.252
0.0245	0	0	0	0.043	0	0.0083	0	0.0072	0.0244	0.0192
0.5893	0.673	0.7092	0.8464	0.6493	0.6298	0.0474	0.6416	0.5116	0.8261	0.5304
27.31	23.65	22.92	24.69	28.78	28.85	37.47	29.93	30.41	25.19	27.77
0.8204	0.767	0.7069	0.7923	0.8441	0.8555	0.8585	0.8238	0.8402	0.6198	0.7863
10.91	18.55	18.46	16.68	12.21	8.8	1.4252	8.74	7.7	17.56	13.67
9.04	3.97	3.89	4.73	6.59	10.18	11.42	9.51	9.72	3.09	5.64
0.0917	0.0361	0.0339	0.0607	0.0456	0.0454	0.0015	0.0353	0.0431	0.0258	0.0465
0.0256	0.0115	0.0103	0	0.0058	0.0058	0.0079	0.0289	0.0085	0.0012	0.0128
99.23	100.74	99.64	100.00	100.35	100.11	98.55	99.94	99.58	100.20	99.71
1.29	1.02	0.20	1.10	0.74	0.10	0.75	0.75	0.00	0.10	0.86
26.15	22.73	22.74	23.70	28.11	28.76	36.80	29.25	30.41	25.10	26.99
99.36	100.84	99.66	100.11	100.42	100.12	98.62	100.02	99.58	100.21	99.80
1.93	1.94	1.95	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.94	1.94	1.94
0.06	0.06	0.05	0.07	0.06	0.07	0.06	0.07	0.06	0.06	0.06
0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00
0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01
0.03	0.03	0.01	0.03	0.02	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.02
0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.65	0.95	0.95	0.94	0.71	0.52	0.09	0.52	0.46	0.95	0.80
0.29	0.00	0.00	0.00	0.23	0.43	0.87	0.42	0.48	0.00	0.15
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.00	0.10	0.09	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00
0.579	0.716	0.723	0.759	0.691	0.532	0.447	0.560	0.547	0.800	0.733
0.028	0.024	0.023	0.026	0.028	0.029	0.031	0.028	0.029	0.020	0.026
0.38	0.16	0.16	0.19	0.28	0.43	0.52	0.41	0.42	0.13	0.24
0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.20	0.10	0.00
0.43	0.16	0.00	0.23	0.19	0.00	0.03	0.22	0.00	0.00	0.22
1.56	1.32	0.29	1.40	0.94	0.16	1.20	0.94	0.00	0.15	1.09
0.78	0.32	0.34	0.48	0.81	1.05	1.43	0.98	1.12	0.28	0.58
0.00	0.00	0.48	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.66	0.90	0.00
17.53	6.59	7.00	8.15	12.50	20.93	24.05	19.09	19.86	5.15	10.47
33.38	53.54	53.55	49.19	36.71	26.83	4.63	26.87	23.85	51.27	40.95
46.31	38.06	38.18	40.55	48.86	50.67	68.67	51.90	54.32	42.14	46.70
0.9	0.7	0.7	0.8	0.9	1.0	1.3	1.0	1.0	0.8	0.9
0.028	0.024	0.023	0.026	0.028	0.029	0.031	0.028	0.029	0.020	0.026
32.87	30.45	32.02	30.77	33.67	33.30	43.10	35.87	35.74	40.13	34.87
0.87	0.72	0.72	0.76	0.92	0.96	1.31	0.98	1.03	0.80	0.88
31.47	29.27	31.77	29.54	32.88	33.19	42.32	35.07	35.74	39.98	33.90

ANEXO 3 - Química do Piroxênio por WDS

201	203	204	205	206	207	208	209	Total	Total
Matriz A 6.1 px 20	Matriz A 6.1 px 20	Matriz A 6.1 px 20	Matriz A 6.1 px 20	Matriz A 6.1 px 20	Matriz A 6.1 px 20	Matriz A 6.1 px 20	Matriz A 6.1 px 209	Média	minimo
49.21	50.9	51.59	47	48.83	47.32	46.75	47.69	48.52	42.63
0.3832	0.2287	0.2459	0.8908	0.5344	0.6028	0.6463	0.4348	0.60	0.16
1.4532	2.13	2.08	1.4032	1.6679	0.8592	0.8001	1.7175	1.82	0.28
0.0487	0	0.0303	0	0.0276	0	0	0.0043	0.01	0.00
0.5958	0.9926	1.006	0.365	0.6999	0.2599	0.1663	0.5315	0.55	0.00
27.17	21.99	21.06	33.62	27.36	36.9	39.65	30.16	28.97	18.54
0.7784	0.6638	0.685	0.8568	0.8023	0.9544	1.074	0.7559	0.83	0.49
13.49	18.92	20.22	5.06	10.3	5.59	4.66	8.52	10.54	0.45
6.17	4.44	3.8	10.59	9.58	7.74	6.45	9.17	8.04	2.59
0.0695	0.0342	0.0176	0.034	0.0669	0.0615	0.0393	0.0361	0.05	0.00
0.0159	0.0119	0.0056	0.0027	0.0136	0	0.0126	0.0136	0.01	0.00
99.38	100.31	100.74	99.82	99.88	100.29	100.25	99.03	99.93	98.55
1.26	1.34	0.98	0.27	0.35	1.01	1.16	0.73		
26.03	20.79	20.18	33.38	27.04	35.99	38.60	29.50		
99.51	100.45	100.84	99.85	99.92	100.39	100.37	99.11		
1.93	1.91	1.92	1.93	1.93	1.94	1.94	1.93		
0.07	0.09	0.08	0.07	0.07	0.04	0.04	0.07		
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00		
2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00		
0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01		
0.01	0.01	0.01	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01		
0.03	0.04	0.03	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02		
0.02	0.03	0.03	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02		
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
0.79	0.92	0.92	0.31	0.61	0.34	0.29	0.51		
0.15	0.00	0.00	0.64	0.33	0.61	0.67	0.42		
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
0.00	0.14	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
0.709	0.654	0.628	0.501	0.561	0.621	0.671	0.573		
0.026	0.021	0.022	0.030	0.027	0.033	0.038	0.026		
0.26	0.18	0.15	0.47	0.41	0.34	0.29	0.40		
0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00		
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00		
0.00	0.16	0.08	0.00	0.30	0.00	0.00	0.18		
0.32	0.00	0.00	0.15	0.00	0.25	0.20	0.00		
1.61	1.97	1.43	0.28	0.54	1.34	1.66	1.15		
0.58	0.34	0.36	1.41	0.82	0.95	1.03	0.68		
0.00	0.29	0.49	0.00	0.20	0.00	0.00	0.32	média	desv médio
11.21	6.73	5.60	22.15	19.36	15.11	11.97	18.34	14.89	6.34
40.78	55.31	58.29	15.85	31.30	17.49	14.74	26.50	31.57	16.18
45.49	35.20	33.76	60.17	47.48	64.86	70.41	52.82	50.26	11.08
0.9	0.7	0.7	1.2	0.9	1.3	1.4	1.0	0.97	0.22
0.026	0.021	0.022	0.030	0.027	0.033	0.038	0.026	0.028	0.006
34.47	32.71	30.36	38.75	33.67	38.18	36.45	39.40	34.42	3.665
0.85	0.65	0.63	1.15	0.89	1.24	1.34	1.00	0.94	
33.02	30.92	29.09	38.47	33.28	37.24	35.49	38.54	33.93	

ANEXO 3 - Química do Piroxênio por WDS

[illegible]

ANEXO 4 - Química do plagioclásio por WDS

[illegible]

ANEXO 4 - Química do plagioclásio por WDS

9	10	11	12	13	14	15	16	17
20.00	21.00	27.00	30.00	31.00	55.00	56.00	58.00	62.00
Clasto 2 analise 20	Clasto 2 analise 21	Clasto 3 analise 27	Clasto 3 analise 30	Clasto 3 analise 31	Matriz B.2 analise 55	Matriz B.2 analise 56	Matriz B.2 analise 58	Matriz B.1 analise 62
47.66	48.77	48.36	46.77	45.65	48.95	49.61	49.58	47.91
31.53	32.65	30.14	32.52	31.50	32.86	32.37	30.06	30.84
0.04	0.04	0.04	0.01	0.03	0.01	0.04	0.03	0.07
1.02	0.70	2.07	0.82	1.02	0.69	0.80	1.12	1.58
0.02	0.00	0.03	0.03	0.00	0.02	0.01	0.03	0.01
0.12	0.07	0.95	0.33	0.61	0.04	0.01	0.91	0.40
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16.84	17.24	15.54	17.22	18.70	16.79	16.46	14.81	16.31
1.65	1.49	1.79	1.39	1.28	1.72	1.77	2.16	1.62
0.15	0.15	0.32	0.14	0.12	0.15	0.19	0.31	0.22
0.00	0.01	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00
99.03	101.12	99.24	99.24	98.95	101.23	101.26	99.03	98.96
8.86	8.86	8.97	8.68	8.57	8.87	8.97	9.16	8.91
6.91	6.99	6.59	7.12	6.97	7.02	6.90	6.55	6.76
0.14	0.10	0.29	0.11	0.14	0.09	0.11	0.16	0.22
0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01
15.91	15.94	15.86	15.91	15.69	15.98	15.99	15.87	15.91
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.03	0.02	0.26	0.09	0.17	0.01	0.00	0.25	0.11
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.35	3.35	3.09	3.42	3.76	3.26	3.19	2.93	3.25
0.59	0.52	0.64	0.50	0.47	0.60	0.62	0.77	0.58
0.04	0.03	0.07	0.03	0.03	0.03	0.04	0.07	0.05
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.02	3.93	4.08	4.05	4.43	3.91	3.86	4.04	4.00
0.84	0.86	0.81	0.87	0.88	0.84	0.83	0.78	0.84
0.15	0.13	0.17	0.13	0.11	0.16	0.16	0.20	0.15
0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01

ANEXO 4 - Química do plagioclásio por WDS

18	19	20	21	22	23	24	25	26
63.00	65.00	69.00	70.00	72.00	75.00	76.00	79.00	82.00
Matriz B.1 analise 63	Matriz B.1 analise 65	Matriz B.1 analise 69	Matriz B.4 analise 70	Matriz B.4 analise 72	Clasto 4 analise 75	Clasto 4 analise 76	Clasto 4 analise 79	Clasto 5.1.1 analise 8
49.38	49.35	48.80	48.81	49.90	46.84	48.16	47.96	50.28
32.09	32.17	32.79	31.80	32.60	29.81	31.29	32.43	28.84
0.05	0.06	0.01	0.02	0.01	0.02	0.03	0.05	0.18
0.96	1.03	1.11	0.75	0.90	1.80	1.93	1.08	4.22
0.01	0.01	0.02	0.00	0.02	0.02	0.01	0.02	0.08
0.02	0.01	0.01	0.04	0.01	0.64	0.25	0.29	0.30
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16.73	16.57	16.83	16.31	15.61	17.89	16.96	17.23	15.62
1.82	1.76	1.61	1.75	1.89	1.58	1.65	1.46	1.62
0.16	0.20	0.14	0.20	0.26	0.22	0.18	0.13	0.23
0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00
101.23	101.17	101.33	99.69	101.20	98.82	100.48	100.68	101.38
8.95	8.95	8.84	8.97	9.01	8.80	8.85	8.77	9.16
6.86	6.88	7.01	6.89	6.94	6.60	6.78	6.99	6.20
0.13	0.14	0.15	0.10	0.12	0.25	0.27	0.15	0.58
0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03
15.95	15.98	16.00	15.97	16.07	15.67	15.90	15.92	15.96
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.18	0.07	0.08	0.08
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.25	3.22	3.27	3.21	3.02	3.60	3.34	3.38	3.05
0.64	0.62	0.57	0.62	0.66	0.58	0.59	0.52	0.57
0.04	0.05	0.03	0.05	0.06	0.05	0.04	0.03	0.05
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.94	3.89	3.87	3.90	3.75	4.41	4.04	4.01	3.77
0.83	0.83	0.85	0.83	0.81	0.85	0.84	0.86	0.83
0.16	0.16	0.15	0.16	0.18	0.14	0.15	0.13	0.16
0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01

ANEXO 4 - Química do plagioclásio por WDS

27	28	29	30	31	32	33	34	35
85.00	86.00	89.00	90.00	91.00	92.00	94.00	98.00	99.00
Clasto 5.1.1 analise 8	Clasto 5.1.1 analise 8	Clasto 5.1.1 analise 8	Clasto 5.1.1 analise 8	Clasto 5.1.1 analise 8	Clasto 8.1 analise 92	Clasto 8.1 analise 94	Clasto 6.1 analise 98	Clasto 6.1 analise 99
49.60	49.38	50.24	49.94	50.30	54.18	54.46	46.30	46.98
30.72	29.82	30.34	28.45	30.06	28.71	26.77	30.51	31.12
0.12	0.08	0.06	0.12	0.15	0.12	0.06	0.02	0.02
2.29	2.54	2.30	4.01	2.44	1.56	1.83	1.13	3.16
0.03	0.06	0.03	0.02	0.05	0.02	0.03	0.02	0.03
0.16	0.22	0.31	0.48	0.26	0.01	0.14	0.29	0.86
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16.50	16.09	15.93	14.67	15.63	14.98	15.58	18.69	16.30
1.66	1.83	1.73	1.74	2.11	1.62	1.66	1.56	1.52
0.18	0.21	0.18	0.19	0.20	0.22	0.28	0.19	0.15
0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.04	0.01	0.11
101.26	100.24	101.11	99.61	101.20	101.43	100.84	98.71	100.25
9.02	9.08	9.13	9.23	9.14	9.69	9.84	8.72	8.69
6.59	6.46	6.50	6.20	6.44	6.05	5.70	6.77	6.79
0.31	0.35	0.31	0.56	0.33	0.21	0.25	0.16	0.44
0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00
15.94	15.91	15.95	16.00	15.94	15.97	15.80	15.65	15.92
0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
0.04	0.06	0.08	0.13	0.07	0.00	0.04	0.08	0.24
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.22	3.17	3.10	2.90	3.04	2.87	3.02	3.77	3.23
0.59	0.65	0.61	0.62	0.74	0.56	0.58	0.57	0.55
0.04	0.05	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06	0.05	0.04
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
3.89	3.94	3.84	3.71	3.91	3.49	3.71	4.47	4.06
0.84	0.82	0.83	0.81	0.79	0.82	0.82	0.86	0.85
0.15	0.17	0.16	0.17	0.19	0.16	0.16	0.13	0.14
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01

ANEXO 4 - Química do plagioclásio por WDS

36	37	38	39	40	41	42	43	44
100.00	103.00	108.00	109.00	120.00	121.00	122.00	124.00	127.00
Clasto 6.1 analise 10	Clasto 7.1 analise 10	Matriz A.1 analise 10	Matriz A.1 analise 10	Matriz B.3.1 analise 1	Matriz B.3.1 analise 1	Matriz B.3.1 analise 1	Matriz B.2 analise 12	Matriz B.2 analise 12
48.70	47.96	46.46	48.94	49.57	49.03	49.41	49.08	46.93
31.63	32.28	32.56	30.70	29.34	26.13	29.96	32.80	32.24
0.06	0.04	0.03	0.04	0.06	0.16	0.11	0.00	0.02
1.90	1.32	0.96	1.49	4.65	5.38	2.51	0.63	0.70
0.03	0.02	0.01	0.03	0.09	0.03	0.02	0.01	0.02
0.10	0.20	0.57	0.62	0.59	1.03	0.68	0.05	0.21
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16.79	17.53	16.76	16.10	14.94	13.45	14.87	16.98	17.04
1.56	1.53	1.28	1.78	1.47	2.06	1.93	1.71	1.50
0.15	0.16	0.14	0.30	0.22	1.33	0.55	0.17	0.14
0.02	0.04	0.00	0.00	0.13	0.49	0.19	0.01	0.05
100.94	101.08	98.78	100.00	101.06	99.09	100.23	101.44	98.85
8.89	8.76	8.65	9.00	9.07	9.25	9.08	8.88	8.74
6.80	6.95	7.15	6.65	6.33	5.81	6.49	6.99	7.08
0.26	0.18	0.14	0.21	0.64	0.76	0.35	0.09	0.10
0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.00	0.00
15.96	15.89	15.94	15.87	16.04	15.85	15.94	15.96	15.92
0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
0.03	0.05	0.16	0.17	0.16	0.29	0.19	0.01	0.06
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.28	3.43	3.35	3.17	2.93	2.72	2.93	3.29	3.40
0.55	0.54	0.46	0.63	0.52	0.75	0.69	0.60	0.54
0.04	0.04	0.03	0.07	0.05	0.32	0.13	0.04	0.03
0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.01	0.00	0.00
3.90	4.07	4.00	4.05	3.69	4.12	3.95	3.94	4.04
0.85	0.86	0.87	0.82	0.84	0.72	0.78	0.84	0.86
0.14	0.14	0.12	0.16	0.15	0.20	0.18	0.15	0.14
0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.08	0.03	0.01	0.01

ANEXO 4 - Química do plagioclásio por WDS

Min	Max	Média
7		
45.65	54.46	48.59
26.13	33.56	30.94
0.00	0.18	0.05
0.63	5.38	1.74
0.00	0.09	0.02
0.01	1.24	0.31
0.00	0.00	0.00
13.45	18.70	16.40
1.28	2.16	1.64
0.10	1.33	0.22
0.00	0.49	0.03
média	Desv Médio	
83.58%	2.07%	
15.08%	1.64%	
1.35%	0.54%	

Amostra				
Grão/Análise	Clasto 1.1 analise 5	Clasto 3.2 analise 7	Clasto 3.2 analise 8	Clasto 3.2 analise 9
Nº	1	2	3	4
SiO ₂	30.31	29.4	29.97	29.29
TiO ₂				
P ₂ O ₅				
Al ₂ O ₃	0.0357	0.0325	0.0521	0.0905
Cr ₂ O ₃	0.0134	0.0155	0.0178	0.0011
NiO	0	0.0243	0	0
FeO	64.51	66.45	66.12	65.96
MnO	1.2709	1.3	1.35	1.41
MgO	2.67	3.15	3.11	2.99
CaO	1.2338	0.187	0.3095	0.1865
Na ₂ O	0.0326	0.0183	0.0217	0.0009
TOTAL	100.08	100.58	100.95	99.93
Fórmula estrutural calculada para 4 oxigênios.				
Si	1.001	0.976	0.987	0.978
P	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	0.001	0.001	0.002	0.004
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000
Cr	0.000	0.000	0.000	0.000
Ni	0.000	0.001	0.000	0.000
Fe	1.783	1.845	1.821	1.843
Mn	0.036	0.037	0.038	0.040
Mg	0.132	0.156	0.153	0.149
Ca	0.044	0.007	0.011	0.007
Na	0.002	0.001	0.001	0.000

Clasto 3.2 analise 10	Clasto 3.2 analise 11	Clasto 3.2 analise 12	Matriz B.3 analise 13	Matriz B.3 analise 14	Matriz B.3 analise 15
5	6	7	8	9	10
30.13	29.9	29.89	30.12	30.25	29.69
0.0461	0.0086	0.0281	0.0273	0.0722	0.0448
0.0282	0.0174	0.0215	0.0056	0.0208	0.0033
0	0.0012	0.0053	0	0	0
66.15	66.75	66.24	65.97	65.63	65.12
1.35	1.33	1.39	1.2335	1.41	1.37
2.9	2.92	3.02	3.12	3.02	2.98
0.3264	0.2136	0.1339	0.6141	0.2461	0.1714
0.0071	0.0046	0	0	0.0093	0.03
100.94	101.15	100.73	101.09	100.66	99.41
0.992	0.985	0.987	0.994	0.996	0.992
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.002	0.000	0.001	0.001	0.003	0.002
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1.821	1.840	1.830	1.821	1.807	1.819
0.038	0.037	0.039	0.034	0.039	0.039
0.142	0.143	0.149	0.154	0.148	0.148
0.012	0.008	0.005	0.000	0.009	0.006
0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002

Matriz B.3 analise 16	Matriz B.3 analise 17	Matriz B.3 analise 18	Matriz B.3 analise 19	Matriz B.5 analise 21	Matriz B.5 analise 22
11	12	13	14	15	16
30.49	30.18	30.14	29.84	30.12	30.15
0.0016	0.022	0.0656	0.0117	0.0308	0.0399
0.0629	0.0093	0.0318	0.0055	0.0204	0.0386
0	0.0112	0.0073	0	0	0.0306
66.56	65.36	66.06	66.17	64.98	64.49
1.4	1.33	1.32	1.3	1.3	1.32
2.82	3.11	3.12	3.17	3.93	3.97
0.0894	0.5126	0.2023	0.094	0.2626	0.2391
0.0192	0.0161	0	0	0	0.0101
101.44	100.55	100.95	100.59	100.64	100.29
0.998	0.994	0.991	0.987	0.988	0.991
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.000	0.001	0.003	0.000	0.001	0.002
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.002	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
1.822	1.801	1.816	1.830	1.783	1.773
0.039	0.037	0.037	0.036	0.036	0.037
0.138	0.153	0.153	0.156	0.192	0.195
0.003	0.018	0.007	0.003	0.009	0.008
0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001

Matriz B.5 analise 23	Clasto 6.1 analise 24	Clasto 7.1 analise 25	Clasto 7.1 analise 27	Matriz A .1 analise 29	Matriz A .1 analise 30
17	18	19	20	21	22
30.22	30.1	30.56	35.57	31.07	30.68
0.0482	0.1717	0.0824	0.1792	1.6034	0.3631
0.0204	0.0162	0.003	0.0051	0.0718	0.0565
0	0.002	0	0.0111	0	0.0065
65.67	66.39	65.89	53.81	60.72	62.99
1.2585	1.31	1.37	1.29	1.2862	1.2441
3.76	3.03	1.3738	1.78	5.23	5.63
0.2352	0.2668	1.42	5.87	1.0187	0.3929
0.0156	0.0281	0.0268	0.0095	0.0352	0.0056
101.23	101.31	100.73	98.52	101.04	101.37
0.987	0.987	1.009	1.125	0.987	0.985
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.002	0.007	0.003	0.007	0.060	0.014
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.001	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1.795	1.821	1.820	1.423	1.614	1.691
0.035	0.036	0.038	0.035	0.035	0.034
0.183	0.148	0.068	0.084	0.248	0.269
0.008	0.009	0.050	0.199	0.035	0.014
0.001	0.002	0.002	0.001	0.002	0.000

Matriz A .1 analise 31	Matriz A .2 analise 33	Matriz A .2 analise 34	Matriz A .2 analise 35	Matriz A .2 analise 37			
23	24	25	26	27	MÉDIA	Min	Máx
31.03	30.88	30.66	32.04	34.81	30.648	29.29	29.29
0.4843	0.0347	0.1216	0.0762	0.4747	0.1574	0.0016	0.0016
0.0608	0.0332	0.0604	0.0561	0.1363	0.0308	0.0011	0.0011
0	0	0.0041	0	0	0.0038	0	0
60.99	62.47	63.28	62.79	53.95	64.129	53.81	53.81
1.2071	1.2435	1.215	1.2266	1.1495	1.3031	1.1495	1.1495
5.71	5.94	5.49	4.88	6.71	3.6864	1.3738	1.3738
0.3332	0.1817	0.2734	0.248	2.44	0.6556	0.0894	0.0894
0.0339	0.0029	0	0	0.0182	0.0128	0	0
99.85	100.79	101.10	101.32	99.69	100.63	98.525	98.525
1.002	0.994	0.989	1.022	1.076	1.0001	0.976	0.976
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0
0.018	0.001	0.005	0.003	0.017	0.0059	6E-05	6E-05
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0
0.002	0.001	0.002	0.001	0.003	0.0008	3E-05	3E-05
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0001	0	0
1.646	1.682	1.707	1.675	1.395	1.7527	1.3953	1.3953
0.033	0.034	0.033	0.033	0.030	0.0361	0.0301	0.0301
0.275	0.285	0.264	0.232	0.309	0.1787	0.0676	0.0676
0.012	0.006	0.009	0.008	0.081	0.0218	0	0
0.002	0.000	0.000	0.000	0.001	0.0008	0	0

ANEXO 6 - Química K-feldspato por WDS

amostra	81.00	113.00	114.00	115.00	116.00	117.00	118.00	119.00				
analise	Clasto 1 anal	Matriz B.3.1	Matriz B.3.1	Matriz B.3.1	Matriz B.3.1	Matriz B.3.1	Matriz B.3.1	Matriz B.3.1	analise 119			
textura												
									Média	Desvio	Min	Max
SiO ₂	56.57	59.16	59.01	56.40	56.43	57.41	61.91	56.10	57.87	1.614688	56.1	61.91
Al ₂ O ₃	19.84	19.86	19.96	17.85	21.05	18.25	19.17	19.64	19.45	0.771875	17.85	21.05
TiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0
FeO	3.60	1.78	1.47	3.23	1.28	2.70	0.76	1.98	2.10	0.807491	0.7559	3.23
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0
MgO	0.53	0.01	0.33	0.80	0.24	0.52	0.28	0.96	0.46	0.244075	0.0116	0.9597
SrO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0
CaO	1.70	0.90	2.52	2.09	2.16	2.39	1.22	0.63	1.70	0.5884	0.634	2.52
Na ₂ O	1.36	0.33	0.42	1.61	0.44	0.79	0.35	1.39	0.84	0.463122	0.3321	1.61
K ₂ O	7.77	10.89	8.64	8.98	9.25	9.86	10.57	9.05	9.38	0.797813	7.77	10.89
BaO	8.18	7.84	7.16	5.77	8.90	6.28	5.99	9.07	7.40	1.09875	5.77	9.07
	99.55	100.78	99.51	96.73	99.75	98.20	100.23	98.82	99.20	0.959431	96.7286	100.777
Fórmula estrutural (32 oxigênios)												
Si	11.01	11.35	11.31	11.21	11.01	11.27	11.67	11.09	11.24	0.1616	11.00972	11.67354
Al	4.55	4.49	4.51	4.18	4.84	4.22	4.26	4.57	4.46	0.174449	4.182606	4.841428
Fe ³⁺	0.53	0.26	0.21	0.48	0.19	0.40	0.11	0.29	0.31	0.120913	0.107258	0.483146
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0
soma T	16.09	16.10	16.04	15.88	16.04	15.89	16.04	15.95	16.00	0.07249	15.87645	16.10075
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0
Mg	0.15	0.00	0.09	0.24	0.07	0.15	0.08	0.28	0.13	0.072607	0.003318	0.282697
Sr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0
Ca	0.35	0.19	0.52	0.45	0.45	0.50	0.25	0.13	0.35	0.124625	0.134223	0.517708
Na	0.51	0.12	0.16	0.62	0.16	0.30	0.13	0.53	0.32	0.178543	0.12355	0.62048
K	1.93	2.67	2.11	2.28	2.30	2.47	2.54	2.28	2.32	0.177417	1.929678	2.665646
Ba	0.62	0.59	0.54	0.45	0.68	0.48	0.44	0.70	0.56	0.085388	0.4426	0.702303
soma M	3.57	3.57	3.42	4.03	3.67	3.91	3.44	3.93	3.69	0.198389	3.420299	4.02875
Componentes moleculares												
An	0.13	0.06	0.19	0.13	0.15	0.15	0.08	0.05	0.12	0.040646	0.04553	0.185626
Ab	0.18	0.04	0.06	0.19	0.06	0.09	0.04	0.18	0.10	0.05874	0.041531	0.185624
Or	0.69	0.90	0.76	0.68	0.79	0.75	0.87	0.77	0.78	0.056695	0.681217	0.896046

GLOBAL GEOLOGIC MAP OF VESTA

by R.A. Yingst, S.C. Mest, W.B. Garry, D.A. Williams, D.C. Berman, and T.K.P. Gregg

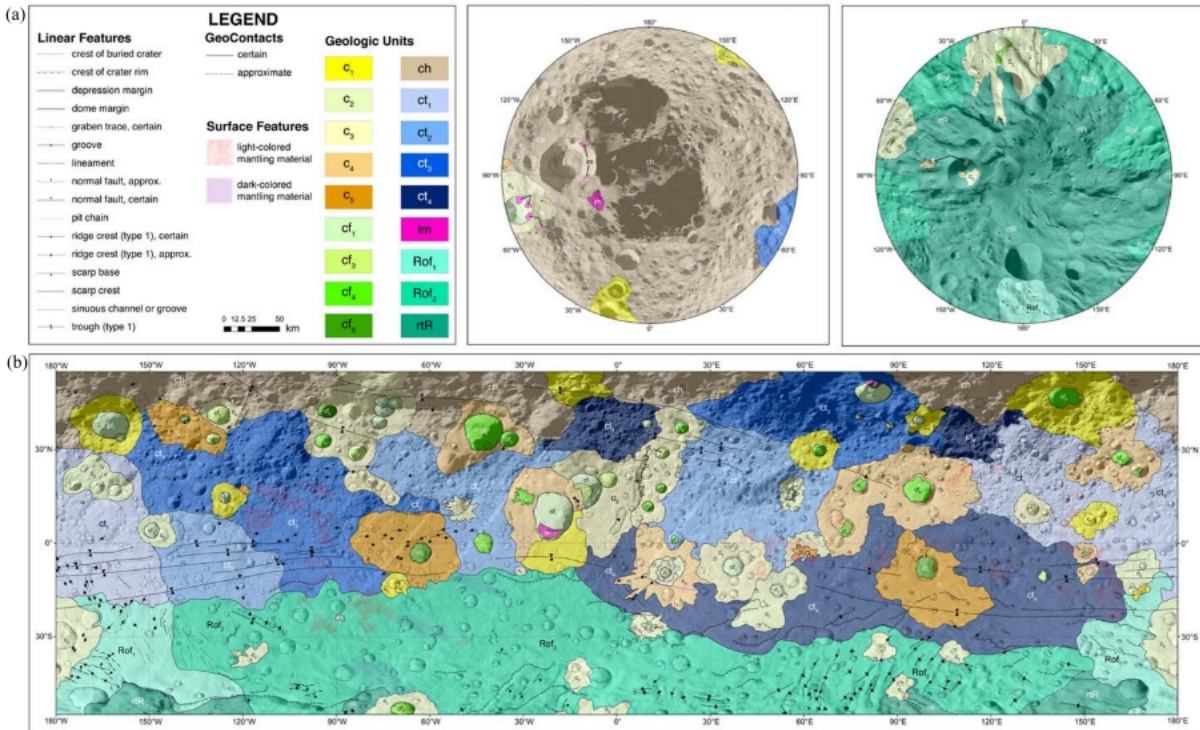


Figure 6. Global hybrid map of Vesta (1:300k). Impact craters >5 km in diameter, and linear structures >5 km in length are shown. (a) Equatorial area (0°–45° latitude). (b) Polar areas (45°–90° latitude).

Area Covered by Mapped Material Units

Map Unit	Unit Symbol	Number of Mapped Exposures	Area (10 ⁶ km ²)	Proportion of Surface Area (%)
<i>Crater floor materials</i>		55	0.026	2.08
Crater floor material, undifferentiated (cf ₁)	cf ₁	21	0.013	1.01
Crater floor material, dark purple (cf ₃)	cf ₃	11	0.003	0.23
Crater floor material, light blue (cf ₄)	cf ₄	18	0.009	0.69
Crater floor material, orange (cf ₅)	cf ₅	5	0.002	0.15
<i>Crater materials</i>		61	0.253	19.89
Crater material, undifferentiated (c ₁)	c ₁	12	0.084	6.62
Crater material, greenish-yellow (c ₂)	c ₂	24	0.054	4.24
Crater material, purple (c ₃)	c ₃	10	0.048	3.80
Crater material, light blue (c ₄)	c ₄	9	0.048	3.81
Crater material, orange (c ₅)	c ₅	6	0.018	1.42
<i>Rheasilvia Assemblage</i>		4	0.446	35.12
Rheasilvia outer flank, greenish-yellow (Rof ₁)	Rof ₁	2	0.040	3.16
Rheasilvia outer flank, blue, greenish rims (Rof ₂)	Rof ₂	1	0.192	15.15
Rheasilvia ridge and trough terrain (rtR)	rtR	1	0.213	16.81
<i>Surface materials</i>		21	0.545	42.91
Landslide material (lm)	lm	10	0.002	0.15
Cratered highlands (ch)	ch	1	0.250	19.66
Cratered terrain, greenish-yellow (ct ₁)	ct ₁	2	0.059	4.66
Cratered terrain, purple, blue, and orange mix (ct ₂)	ct ₂	3	0.070	5.53
Cratered terrain, purple and orange, orange rims (ct ₃)	ct ₃	2	0.079	6.26
Cratered terrain, light blue, orange and blue rims (ct ₄)	ct ₄	3	0.084	6.65

Description of Material Units (DOMU)				
Unit Name, Symbol		Description (Morphology, Albedo, Topography)	Additional Characteristics ^a	Interpretation ^b
Crater Floor Materials				
Cf ₁	Crater floor material, undivided	Light to dark-colored material, smooth to hummocky and hilly material accumulated on crater floors, extents of deposits are kilometers to tens of kilometers in diameter. Albedo typically similar to surrounding crater materials.	Type locale: Numisia, 37°5E, 7°S FC Color: variable GRaND: below limit of resolution VIR: varied	Accumulation of crater ejecta, impact melt, or material transported downslope of crater walls by mass movement in the bottoms of impact craters. Material could also be ejecta sourced from distant craters. Enhanced color indicates more freshly exposed material.
Cf ₃	Crater floor material, dark purple/blue	Medium to dark-colored material, smooth to hummocky and hilly material accumulated on crater floors, may have ray or streak patterns. Low to moderate albedo. Extents of deposits are kilometers to tens of kilometers in diameter.	Type Locale: Calpurnia, −10°E, 17°N FC Color: dark purple GRaND: below limit of resolution VIR: varied	Accumulation of crater ejecta, impact melt, or material transported downslope of crater walls by mass movement in the bottoms of impact craters. Material could also be ejecta sourced from distant craters. Enhanced purple color indicates exposed howarditic material.
Cf ₄	Crater floor material, light blue	Light to medium-colored material, smooth to hummocky and hilly material accumulated on crater floors. Moderate to high albedo. Extents of deposits are kilometers to tens of kilometers in diameter.	Type Locale: Licinia, 167°5E, 23°5N FC Color: light blue GRaND: below limit of resolution VIR: varied	Accumulation of crater ejecta, impact melt, or material transported downslope of crater walls by mass movement in the bottoms of impact craters. Material could also be ejecta sourced from distant craters. Enhanced light blue color indicates exposed eucrite-rich material.
Cf ₅	Crater floor material, orange	Light to medium-colored material, smooth to hummocky and hilly material accumulated on crater floors, may have streaks or ray patterns. Low to moderate albedo. Extents of deposits are kilometers to tens of kilometers in diameter.	Type Locale: Oppia, 99°E, 8°S FC Color: orange GRaND: below limit of resolution VIR: Long-wavelength Fe absorption bands, presence of hydrated bands	Accumulation of crater ejecta, impact melt, or material transported downslope of crater walls by mass movement in the bottoms of impact craters. Material could also be ejecta sourced from distant craters. Enhanced orange color may indicate exposed impact melt material (e.g., Le Corre et al. 2013).
Crater Materials				
C ₁	Crater material, undivided	Light to dark-colored materials, smooth relative to surroundings, that covers the floors, walls, rims, and exteriors of craters, low to moderate albedo similar to surrounding cratered terrain. Mantles underlying topography.	Type Locale: Torquata, −144°2E, 40°5N. FC Color: variable, mixture of light blue, green-yellow, orange and purple. GRaND: Intermediate H, Fe VIR: variable	Crater cavities and ejecta material produced by an impact event, where color indicates composition of the exposed underlying material. Hydrated material may indicate exogenous, potentially carbonaceous chondritic material.
C ₂	Crater material, greenish-yellow	Light-colored material, smooth to scoured surface textures around crater cavity, can cover the floors, walls, and rims. High albedo, with rays and streaks. Mantles underlying topography.	Type Locale: Canuleia, 87°E, −34°S FC Color: greenish-yellow GRaND: below limit of resolution VIR: Long-wavelength Fe absorption bands	Crater cavities and ejecta material produced by an impact event. Greenish-yellow in the color data and long-wavelength features at 1 and 2 μm both indicate fresh exposure of diagenetic material in the ejecta deposit.
C ₃	Crater material, purple	Dark-colored material, smooth to feathered surface textures around crater cavity, can cover the floors, walls, and rims. Low albedo with rays and streaks. Mantles underlying topography.	Type Locale: Calpurnia, −4°E, 11°N. FC Color: purple GRaND: Intermediate H, high Fe (N of Octavia); intermediate to high H, intermediate Fe (E of Marcia) VIR: varied	Crater cavities and ejecta material produced by an impact event, where purple in the color data indicates fresh exposure of howarditic material in the ejecta deposit.
C ₄	Crater material, light blue	Light to dark-colored material, smooth to feathered or mottled/speckled textures around crater cavity, can cover the floors, walls, and rims. Mix of low to high albedo in the deposit. Rays and streaks may be present. Mantles underlying topography.	Type Locale: Cornelia, 12°3E, 4°3S. FC Color: light blue GRaND: Intermediate to low H, intermediate Fe (N of Oppia); other areas below resolution VIR: varied	Crater cavities and ejecta material produced by an impact event, where light blue in the color data indicates fresh exposure of eucrite-rich (eucritic?) material in the ejecta deposit.
C ₅	Crater material, orange	Light to dark-colored material, smooth to scoured textures around crater cavity, can cover the floors, walls, and rims. Mix of low to high albedo in the deposit. Diffuse, gradational appearance in larger deposits, rays and streaks may be present in smaller deposits. Mantles underlying topography.	Type Locale: Oppia, 99°E, 14°S FC Color: light to dark orange GRaND: Low H, low Fe (Oppia); high H, intermediate Fe (Octavia) VIR: Long-wavelength Fe absorption bands, presence of hydrated bands	Crater cavities and ejecta material produced by an impact event, where light to dark orange in the color data indicates exposures of impact melt material in the ejecta deposit. Two largest units have very different gRaND signatures. Color/VIR consistent with eucrite-rich ejecta

Unit Name, Symbol		Description (Morphology, Albedo, Topography)	Additional Characteristics ^a	Interpretation ^b
Rheasilvia Materials				
Rof ₁	Rheasilvia outer flank, greenish-yellow	Light-colored material, smooth surface texture with elongate, linear scours. Intermediate to high albedo. Low crater density.	Type Locale: -157°E, 34°S FC Color: greenish-yellow surface, craters within unit have saturated greenish-yellow rims GRaND: Low H, low Fe VIR: Long-wavelength 2 μ m absorption band	Terrain is representative of an outer flank of the Rheasilvia impact basin. Lineations radial to Rheasilvia basin caused by scouring from ejecta during the impact event. Greenish-yellow color in color data could reflect a diogenite-rich composition for the broader terrain or may be a coating of diogenite-rich ejecta in this area from local large craters. By contrast, VIR data are consistent with a eucrite-rich regolith.
Rof ₂	Rheasilvia outer flank, blue, greenish rims	Light to medium-colored material, smooth surface textures with elongate, linear scours across terrain in southern hemisphere. Low to intermediate albedo. Low to medium crater density.	Type Locale: -19°E, 32°S FC Color: blue-purple south of Marcia/Octavia, green-purple south of Oppia, craters within unit commonly have saturated blue rims (-85° to 15°E, 8° to 38°S) or greenish-yellow rims (-34° to 132°E). GRaND: Low to intermediate H, low to intermediate Fe VIR: Short-wavelength 2 μ m absorption band associated with Rheasilvia basin and Tuccia; long-wavelength 2 μ m band associated with all other regolith	Terrain is representative of an outer flank of the Rheasilvia impact basin. Lineations radial to Rheasilvia basin caused by scouring from ejecta during the impact event. The purple color data could reflect a howardite-rich composition of the broader terrain or a compositionally mature surface that was scoured by Rheasilvia ejecta, while greener tints may indicate a more diogenitic composition. Crater rims in color ratio may reflect local terrain compositions. VIR data are consistent with enrichment in diogenite around Rheasilvia and more eucrite to the north.
rtR	Rheasilvia ridge and trough terrain	Light to medium-colored material, smooth to feathered surfaces with lineated (scoured) textures. Intermediate to high albedo. Terrain characterized by abrupt topographic changes (scarps, ridges, and troughs) that are kilometers to tens kilometers long with topographic reliefs of kilometers to tens of kilometers. Low crater density.	Type Locale: -126°E, 59°S. FC Color: greenish-yellow, purple GRaND: Low H, low Fe VIR: Primarily long-wavelength 2 μ m absorption bands except in and around Severina crater, where band tends to shorter wavelengths	Terrain is representative of the interior of the Rheasilvia impact basin. A sequence of scarps tens of kilometers long reflect the fracturing and settling of the basin interior after the impact event at Vesta's south pole. Green color is consistent with enrichment in diogenite, and VIR data indicate diogenite-rich regolith primarily around Severina and Marianne craters.
Terrain Materials				
ch	Cratered highlands	Light to medium-colored material, mottled to feathered surface textures with linear scours. Intermediate to high albedo. Topography is hummocky due to heavily cratered surface at all crater size ranges and states of degradation. Irregular to hilly surface at tens to hundreds of km scale, occurs at intermediate to high elevations.	Type Locale: -30°E, 50°N FC Color: variable GRaND: Low to intermediate H, Low Fe VIR: No discriminating features; poor data	Ancient, cratered surface (crust?) of Vesta, overlain by various younger, fresher impacts whose ejecta may expose eucritic (dark, blue) or diogenitic (bright, yellow/green) material.
Ct ₁	Cratered terrain, greenish-yellow	Light-colored material, mottled and scoured surface texture. Intermediate to high albedo. Terrain is heavily cratered and in the higher elevation equatorial region, cross-cut by Divalia Fossae.	Type Locale: 175°E, 8°N FC Color: greenish-yellow, craters within unit have saturated greenish-yellow rims GRaND: Intermediate H, low Fe VIR: Medium to short-wavelength 2 μ m absorption band, presence of hydrated band	Ancient, cratered surface (crust?) of Vesta, overlain by various younger, fresher impacts. The greenish-yellow color for the surface in the color data indicates exposure of diogenite-rich material across the terrain. Unique gRaND "stripe" of low Fe runs through this unit. VIR data consistent with howardite-rich regolith.
Ct ₂	Cratered terrain, purple, blue, and orange mix	Light-colored material, mottled and scoured surface texture. Intermediate to high albedo. Terrain is heavily cratered and located in the higher elevation equatorial region, cross-cut by Divalia Fossae.	Type Locale: 30°E, 7°N FC Color: purple, blue, orange; some craters within unit have orange ejecta and crater rims GRaND: High (near Octavia) to intermediate H, intermediate (S of Torquata) to low Fe (S of Bellicia)	Ancient, cratered surface (crust?) of Vesta, overlain by various younger, fresher impacts. Craters excavate dark red-orange material that may be associated with Octavia impact melt (e.g., Le Corre et al. 2013) or ejecta. Purple-

Unit Name, Symbol		Description (Morphology, Albedo, Topography)	Additional Characteristics ^a	Interpretation ^b
			VIR: Medium-wavelength 2 μ m absorption band, presence of hydrated band	blue hues may indicate exposure of howardite-rich material; VIR data is consistent with a howarditic regolith as well.
Ct ₃	Cratered terrain, purple and orange, orange rims	Medium-colored material, mottled and scoured surface texture. Intermediate to high albedo. Terrain is heavily cratered, moderate to high crater density, topography is moderate to high elevation, cross-cut by Saturnalia Fossae, Divalia Fossae, and Lupercalia Fossa.	Type Locale: −95°E, 15°N FC Color: purple, orange; rims of craters in the unit are commonly orange GRaND: High H, intermediate Fe around Octavia; intermediate H, intermediate Fe N of Oppia VIR: Short-wavelength 2 μ m absorption band, presence of hydrated band	Ancient, cratered surface (crust?) of Vesta, overlain by various younger, fresher impacts. The overlap of purple and orange colors across the surface in the color data indicates exposure of howardite-bearing material plus impact melt across the terrain. VIR data is consistent with eucrite-rich composition.
Ct ₄	Cratered terrain, light blue, orange and blue rims	Light to dark-colored material, smooth, mottled, and scoured surface textures. Intermediate albedo. Heavily cratered surface at all size in N units, low-crater density in areas around Oppia and S of Vestalia Terra.	Type Locale: 128°E, 11°S FC Color: light blue, orange; rims of craters in the unit commonly have blue and orange colors GRaND: Intermediate H (low associated with Oppia ejecta), intermediate to low Fe VIR: Long-wavelength 2 μ m absorption band	Ancient, cratered surface (crust?) of Vesta, overlain by various younger, fresher impacts. The overlap of light blue and orange colors across the surface in the color data indicates exposure of eucrite-bearing material plus impact melt across the terrain. VIR data is consistent with howardite, with eucrite-rich regolith associated with Vestalia Terra.
Lm	Landslide material	Isolated bench and/or lobe of hummocky material along wall and floor of crater cavity. Low to intermediate albedo, typically similar to surrounding terrain.	Type locale: −22°E, 3°5N FC Color: variable GRaND: below limit of resolution VIR: below limit of resolution	Mass wasting events along crater wall. Benches caused by slump of material along the rim. Lobes caused by landslides that reached the crater floor.

Notes.

^a FC color data and ratios provided by the research group headed by A. Nathues, Max Planck Institute for Solar System Research. Data has been treated as described under “methods” in Nathues et al. (2022) and references therein.

^b Interpretations of color derived from Thangjam et al. (2013) interpretations of VIR data derived from De Sanctis et al. (2013) and references therein.