CARACTERIZAÇÃO ANALÍTICA DE METEORITOS DO ACERVO UEPG

Karuane Schechtel Kodum (Fundação Araucária), Antonio Liccardo (Orientador),
e-mail: aliccardo@uepg.br
Universidade Estadual de Ponta Grossa/Departamento de Geociências.

Geociências, Geologia - Geoquímica
Palavras-chave: Meteorítica, Sideritos, Composição.

Resumo
Os meteoritos são corpos interplanetários que carregam consigo informações dos primórdios do nosso Sistema Solar. A Universidade Estadual de Ponta Grossa conta com o acervo “Geodiversidade na Educação” que, em meio a sua diversidade de espécimes, possui fragmentos dos meteoritos Bendegó (BDG) e Campo del Cielo (CDC). Em busca de técnicas de análise não destrutiva foi realizado um estudo sobre os equipamentos presentes no Complexo de Laboratórios Multiusuário (C-LABMU), que apontou que as técnicas de Fluorescência de Raio X (FRX), Microscopia Ótica (MO) e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) seriam as mais eficazes para alcançar o objetivo proposto. Após o preparo e análise de 7 amostras, pode-se observar resultados de uma média de 90% de ferro, 6% de níquel e elementos como enxofre, silício (cerca de 4% na amostra CDC) e carbono (cerca de 20% na amostra BDG). Outros dados complementam esta investigação e referendam estas técnicas como apropriadas ao estudo de meteoritos.

Introdução

Através de estudos voltados aos corpos interplanetários meteoríticos houve um avanço nas teorias sobre a estruturação do Sistema Solar, por conta de serem os únicos materiais extraterrestres possíveis de serem analisados por meio de técnicas laboratoriais, tanto quantitativas quanto qualitativas.

Meteoros, meteoritos e meteoroides são erroneamente dados como sinônimos, no entanto, esta pequena mudança no seu sufixo carrega consigo conceitos diferentes relacionados a estes astros interplanetários. Os *meteoroides* são “restos do Sistema Solar”, ou seja, algum evento causou sua separação dos corpos de origem (asteroides, planetas, cometas, etc.) e após esta desagregação vagam pelo espaço, podendo permanecer em órbita em torno do Sol. Quando este corpo penetra na atmosfera terrestre gera um atrito com o ar, sendo então aquecido e queimado, deixando como consequência um risco brilhante no céu - sendo este fenômeno chamado de *meteoro*. Se o meteoroide conseguir chegar ao solo terrestre, após a sua ultrapassagem na atmosfera, é então chamado de *meteorito* [3]. Os meteoritos são classificados basicamente através de suas informações mineralógicas e químicas, sendo comumente diferenciados pelas suas concentrações de Fe-Ni e silicatos, através disso são separados em três grupos [1]: Aerólitos, Siderólitos e Sideritos.

Os Sideritos, também conhecidos como férreos ou metálicos, são constituídos essencialmente da liga Fe-Ni (cerca de 98%) e dependendo do seu grupo químico podem também conter inclusões de troilita, grafita, cohenita, entre outros silicatos. São classificados através de sua estrutura e composição química (Tabela 1). A classificação estrutural é subdividida em três grupos: Hexaedritos, Octaedritos e Ataxitos, já a classificação química se baseia essencialmente na determinação do

elemento principal (níquel) e elementos traços como gálio (Ga), germânio (Ge) e Irídio (Ir), sendo utilizados equipamentos como ICP-MS (análise por espectrometria de massa com plasma indutivamente acoplado) e INAA (ativação neutrônica), para a definição em grupos químicos.

Tabela 1- Comparativa de referência cruzada entre os grupos estruturais e químicos. Fonte [3]

Classe estrutural	Textura	Largura kamacita (mm)	% de Níquel	Sigla	Grupos químicos relacionados
Hexaedritos (H)	Linhas de Neumann	>50	4,5- 6,5	H	IIAB, IIG
Octaedritos (O)	Muito Grosseiros	3,3 - 50	6,5 – 7,2	Ogg	IIAB, IIG
	Grosseiros	1,3 – 3,3	6,5 - 8,5	Og	IAB, IC, IIE, IIIAB, IIIE
	Médios	0,5 – 1,3	7,4 – 10,3	Om	IAB, IID, IIE, IIIAB, IIIF
	Fino	0,2 – 0,5	7,8 – 12,7	Of	IID, IIICD, IIIF, IVA
	Finíssimos	<0,2	7,8 – 12,7	Off	IIC, IIICD
	Plessíticos	< 0,2 (agulhas)		Opl	IIC, IIF
Ataxitos (D)			>16,0	D	IIF, IVB

No projeto “Geodiversidade na Educação” a Universidade Estadual de Ponta Grossa apresenta um acervo que expõe em torno de 900 amostras de minerais, gemas, etc., entre elas 30 espécimes de meteoritos. Neste conjunto de amostras estão os fragmentos dos sideritos Bendegó (BDG, achado em 1784, no sertão da Bahia, classificado como grupo: IC, Og) e Campo del Cielo (CDC, primeiro fragmento achado em 1576, na Argentina, classificado como grupo: IAB, Og).

O objetivo desta investigação foi conhecer as técnicas disponíveis no Complexo de Laboratórios Multiusuário (C-LABMU), da UEPG, aplicáveis para a análise das amostras de meteoritos. O C-LABMU possui 42 equipamentos à disposição, dentre eles espectrofotômetros, espectrômetros, microscópios, cromatógrafos, etc.

Para a compreensão da natureza dos sideritos podem ser utilizadas diversas técnicas de análise, tendo em mente que por sua importância e raridade sempre se busca aplicar técnicas não destrutivas nestes materiais. Nesse sentido, equipamentos como Espectrômetro de Fluorescência de Raio X, Microscópio Ótico e Microscópio Eletrônico de Varredura por Emissão de Campo foram usados para analisar as amostras BDG e CDC.

Materiais e Métodos

O acervo do projeto de “Geodiversidade na Educação”, da Universidade Estadual de Ponta Grossa, disponibilizou para estudo duas amostras de meteoritos: Campo del Cielo (CDC) e Bendegó (BDG). A amostra CDC foi seccionada em 5 partes com ajuda de uma serra de disco diamantado, e a BDG - até então imersa em resina - foi desgastada (com lixa d’água 100 e lixa de ferro 80) até que a superfície do meteorito ficasse exposta. Após serem divididas, totalizando em 5 amostras CDC e 2 BDG, foram limpas com álcool 100%.

Foram utilizados 2 métodos de análise pela técnica de Espectroscopia de Raio X por Dispersão de Energia (EDS): Fluorescência de Raio X (FRX, EDS-720 da

marca Shimadzu, operando em 15kV na faixa Na-Sc e 50kV na Ti-U, em modo ar) e Microscopia Eletrônica de Varredura por Emissão de Campo (MEV-FEG, da marca Tescan, modelo Mira 3). Em cada técnica os meteoritos foram colocados em porta amostras dos próprios equipamentos. Para o método de FEG-EDS foi necessário realizar a metalização com Au/Pd nas amostras BDG, já no FRX-EDS, foram feitos 3 ciclos de medidas para cada amostra. Para uma análise de superfície foi utilizado o Microscópio Ótico (MO), da marca Olympus, modelo SZ61TR.

Após os resultados serem obtidos foram feitas e comparadas as médias de cada amostra.

Resultados e Discussão

Em todas as amostras é possível notar a coloração prateada e o brilho metálico característicos da liga Fe-Ni, além de marcas de oxidação (colorações amarronzadas) (Figura 1 e 2). Nas imagens a homogeneidade superficial das amostras é explícita, mostrando ser todas aparentemente semelhantes. No entanto, quando analisamos as imagens através de mapas químicos podemos notar a distinção dos elementos presentes em cada uma delas, como também, a predominância dos elementos Fe e Ni, conforme esperado. Como visto na análise feita com o MO as amostras apresentavam oxidação, podendo assim explicar o aparecimento de oxigênio durante o mapeamento. Nas imagens das amostras do meteorito BDG realizadas com o MO é possível observar que apenas a BDG 1 foi retirada totalmente da resina que estava imersa, sendo visto na imagem da BDG 2 a separação de onde há resina e onde se encontra meteorito.

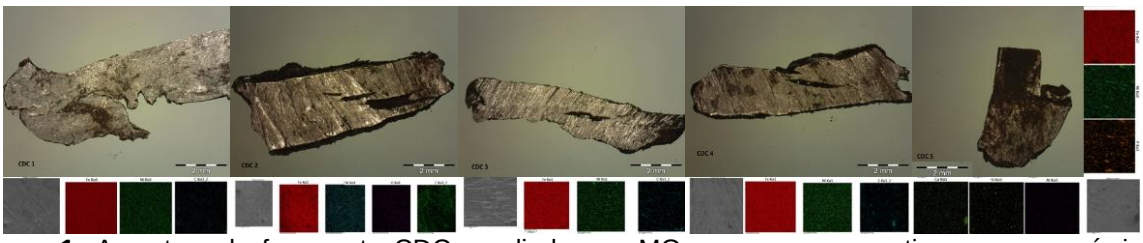


Figura 1- Amostras do fragmento CDC ampliadas no MO com seus respectivos mapas químicos. Legenda das colorações principais: Vermelho: Fe Kα; Verde: Ni Kα (na amostra CDC 2 está representado pela cor azul). Fonte: A autora.

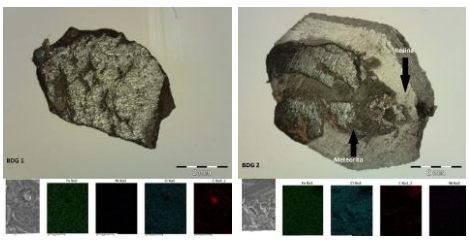


Figura 2- Amostras do fragmento BDG ampliadas no MO com seus respectivos mapas químicos. Legenda das colorações principais: Verde: Fe Kα; Azul: O Kα; Roxo: Ni Kα. Fonte: A autora.

As médias calculadas das amostras (Tabela 2) dos meteoritos CDC e BDG nos mostram que em ambas as técnicas os elementos Fe e Ni se mostraram predominantes, tendo apenas uma discrepância nos elementos Si, S e C. Estes resultados distintos podem ser esclarecidos por conta do equipamento de FRX utilizado para realizar sua varredura somente a partir da faixa de energia do sódio [2], fazendo com que elementos como carbono não sejam detectados.

Analisando a amostra CDC podemos notar a presença de Si e S na análise de FRX, isso se deve ao fato do seu grupo químico IAB conter minerais como a

troilita (constituído de S) e outros silicatos [3]. Observamos também a presença do elemento C na análise de FEG, se devendo ao fato no ponto escolhido durante análise poder conter o mineral grafita, também característico de seu grupo. Investigando a amostra BDG, constatamos a presença do elemento C durante a análise de FEG, isto se deve ao fato de meteoritos do grupo químico IC terem como característica inclusões do mineral cohenita [3].

Tabela 2 - Resultado das médias obtidas pelas técnicas FRX-EDS e FEG-EDS para as amostras dos meteoritos CDC e BDG.

Elementos	**Amostras**			
	CDC		**BDG**	
	Média FRX(%)	**Média FEG(%)**	**Média FRX(%)**	**Média FEG(%)**
Fe	89 (1)	90 (1)	95 (14)	75 (14)
Ni	7 (1)	6 (1)	5 (1)	6 (1)
S	2 (1)	-	-	-
Si	2 (1)	-	-	-
C	-	4 (2)	-	19 (40)
Total	100	100	100	100

O desvio padrão da média para os elementos de suas respectivas amostras está representado entre ().

Conclusões

Ao explorar o leque de técnicas disponibilizadas pelo C-LABMU foi possível encontrar os métodos que melhor se aplicariam de maneira não destrutiva aos materiais estudados, obtendo também informações próximas do esperado.

Pode-se observar que equipamentos, mesmo quando usando os mesmos conceitos de funcionamento para medida (EDS), podem ter seus resultados com valores distintos, isso pelo fato de que equipamentos como FEG escolhem de maneira mais segura o ponto a ser estudado, enquanto FRX realiza uma análise média no material.

Os resultados das análises apontaram cerca 7% de Níquel para as amostras do meteorito Campo del Cielo e 6,2% de Níquel para o Bendegó, o que corrobora a classificação química conhecida dos meteoritos em relação à porcentagem de níquel presente no material.

Agradecimentos

Agradeço à Fundação Araucária pela bolsa concedida, ao C-LABMU e ao FASCA pelas análises realizadas e ao meu orientador Antonio Liccardo por ter me possibilitado trabalhar com objetos tão raros e importantes.

Referências

[1] KROT, A.N. et al. **Classification of meteorites**. In: A.M. Davis (Ed.) Meteorites, comets and planets. Treatise on Geochemistry. Elsevier. p.1:83-128, 2005

[2] PRANDEL, L. V. **Integração de métodos de caracterização mineralógica de solos cauliníticos**. Ponta Grossa: Universidade Estadual de Ponta Grossa, Tese (Doutorado em Ciências: área de concentração Física), 2015.

[3] ZUCOLLOTO, M. E. **Decifrando os meteoritos**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Museu Nacional, 2013.