



Avenida Antônio Sales, 1418, - Bairro Joaquim Távora, Fortaleza/CE, CEP 60135-101
 Telefone: e Fax: @fax_unidade@ - http://www.cprm.gov.br

PLANO DE TRABALHO - CONVÊNIOS/AJUSTES

Processo nº 48039.000892/2021-71

1. SUMÁRIO

1.1. O presente Plano de Trabalho tem por objetivo especificar as atividades e produtos estabelecido no acordo de cooperação técnica e científica entre a CPRM e o Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará – DEGEO-UFC do projeto “Avaliação do Potencial de Grafita” (Projeto Grafita), da CPRM.

2. DESCRIÇÃO DO PROJETO

| Título do Projeto | Vigência ¹ | Período de Execução ² |
|--|-----------------------|----------------------------------|
| Avaliação do Potencial de Grafita” (Projeto Grafita) | 5 anos | 60 meses |

1- A contar da data da assinatura;

2- Conforme Cronograma de atividades, meta física de execução.

3. DESCRIÇÃO DO OBJETO

3.1. O presente Instrumento tem por objeto o estabelecimento de cooperação técnica e científica entre a CPRM e UFC, através de troca de dados e informações de caráter estritamente técnico-científicos, relacionados ao Projeto “Avaliação do Potencial de Grafita” (Projeto Grafita), da CPRM, visando o desenvolvimento conjunto de pesquisas, treinamento de pessoal, realização de eventos e publicações técnico-científicas no campo das geociências, que possibilitem o avanço de conhecimentos vertical e horizontal no campo das geociências no Estado do Ceará, abordando especificamente o mineral da grafita através da caracterização e classificação quanto ao seu potencial na geração do grafeno, para disseminar o conhecimento e respeito desse mineral de importância estratégica para o país.

3.2. Outros objetivos referidos, como qualificação profissional do pessoal vinculado aos parceiros, serão objeto de outros instrumentos específicos, de natureza física/financeira, a serem celebrados entre a CPRM e DEGEO-UFC.

3.3.

4. METAS E METODOLOGIA DE EXECUÇÃO

4.1. As metas a serem atingidas de acordo com o objetivo do Instrumento, através da parceria entre as entidades, contempla a caracterização do mineral da grafita e sua classificação quanto ao seu potencial na geração do grafeno, seguindo a abordagem e execução de atividades descrita abaixo:

- Realizar o levantamento lito-estrutural, com análise descritiva e cinemática em escala macro e micrométrica;
- Interpretar as lâminas petrográfico-microtectônicas dos litotipos presentes na área, para obter feições estruturais sugestivas de zonas compressivas, de alta deformação e as suas paragêneses minerais;
- Separar e caracterizar as grafitas, por meio de espectroscopia Raman combinada com análise química por EDS (Espectroscopia de Dispersão em Energia);
- Realizar análise petrológica e modelamento termodinâmico por meio de caracterização cristaloquímica e cristalográfica das grafitas analisadas, a fim de avaliar as suas condições formadoras de pressão e temperatura;
- Evidenciar a aplicabilidade de estudos microfísicos na compreensão termobarométrica de processos petrológicos;
- Estudar e testar a vinculação das ocorrências de grafita com os depósitos de manganês;
- Classificar as grafitas em relação ao tipo material multifuncional, que é importante para utilização na indústria *hightech*.

4.2. A qualidade dos dados depende dos processos necessários a serem aplicados, utilizando-se dos seguintes métodos:

- DRX: Em amostras contendo grafita e outros minerais;
- Espectroscopia Raman;
- EDS.

4.3. Para a análise por difração de Raios-X (DRX), são coletadas amostras representativas do mineral para pulverizar e encaminhar ao laboratório. Os difratogramas de Raios-X das amostras serão obtidos a partir das análises do pó em um equipamento X'PERT PRO ANALYTICAL, nas seguintes condições de operação: radiação Co K α (40kV/40mA); leitura de 2 θ , variando de 3 a 100°, com o passo de 0,02° a cada 0,5 seguindo o princípio de funcionamento da técnica.

4.4. As análises por espectroscopia Raman e EDS serão realizadas sobre grafitas, previamente separadas na etapa de microscopia petrográfica. O método Raman é uma técnica de espalhamento inelástico da luz, com incidência de fótons sobre moléculas, interação que provoca deslocamento no comprimento de onda, ocorrendo dispersão dos fótons ao contatar a superfície de um objeto, tendo-se uma diferenciação de energia entre a luz emitida e a luz espalhada, determinando assim a estrutura da molécula. O espalhamento é usado para definir a composição do material analisado, no estudo de inclusões em minerais, na identificação e caracterização estrutural de um mineral. Já a técnica por EDS é um mecanismo de micro análise de raio-X, quantitativa e qualitativa, que por meio de feixes de elétrons, fornece informações sobre a composição química da amostra.

4.5. De acordo com as metas relatadas neste plano as técnicas/métodos necessárias são:

4.5.1. Estudo Microfísico

I - O estudo microfísico será dado pela caracterização cristalográfica de grafita, onde sua orientação e deformação cristalográfica estão correlacionadas às modificações/perturbações em sua estrutura interna. Contudo o estudo dos cristais de grafita dados por espectroscopia Raman, fornecendo condições termobarométricas, será avaliado em conformidade com a caracterização microtectônica revelada nas rochas hospedeiras das grafitas analisadas. Além dos estudos em níveis microfísicos, os resultados dessas verificações irão auxiliar junto ao estudo geológico-estrutural no entendimento da evolução das zonas de cisalhamento estudadas.

II - As informações microfísicas das grafitas podem ainda classificar este mineral como do tipo material avançado, que é importante para utilização na indústria moderna de eletrônica *hightech*. Estas grafitas podem ocorrer como cristais sob simetria romboédrica (cristalização abaixo dos 300 °C), ou hexagonal (cristalização acima dos 600 °C) que pode ser uma característica importante para o processamento do minério e desenvolvimento eletrônico, seu uso como traçador do grau de metamorfismo das rochas hospedeiras, e para fins petrológicos e de exploração mineral. Apesar da óbvia importância, estudos com ênfases sobre as grafitas estavam faltando quase que completamente na Província Borborema no NE do Brasil, uma possível fornecedora de grafita para a indústria moderna.

4.5.2. Espectroscopia Raman

I - A espectroscopia Raman é uma técnica analítica que emprega luz monocromática para atingir o objeto que se procura analisar.

II - Ao alcançar o objeto as ondas eletromagnéticas sofrem um espalhamento, que pode ser elástico ou inelástico. A radiação que foi espalhada inelásticamente pode ser coletada extraindo diversas informações sobre a composição química e estrutura do material analisado. A diferença entre a energia incidente e a captada (espalhada) corresponde à energia com que os átomos presentes na área estudada estão vibrando. Pela energia, é possível descobrir a frequência e determinar como os átomos estão ligados, inferir na geometria molecular, descobrir as espécies químicas presentes e como elas interagem entre si e com o ambiente, entre outras informações, fazendo com que a técnica Raman se constitua como uma poderosa ferramenta, permitindo, inclusive, a diferenciação de polimorfos (Faria et al., 1997; Clark e Dines, 1986; Sala, 1995).

III - Raman é uma técnica muito empregada para análise e identificação de diferentes materiais carbonosos com o intuito de se obter o grau de cristalinidade (Aoya et al., 2010). Isso se deve à correlação entre o espectro do material com a sua cristalinidade. De modo geral, com o aumento da temperatura de cristalização, o espectro de materiais carbonosos se modifica, podendo ser extraído informações de geotermometria. Estabelecendo correlações entre o grau de organização do material carbonoso e a intensidade do metamorfismo, tanto para rochas metamorfizadas regionalmente como afetadas por metamorfismo de contato. A cristalinidade ou grau de organização cristalográfica é obtida pelo cálculo de determinados parâmetros.

IV - Outra forma de classificar a grafita (Amaral Junior e Baldan, 2017), se baseia na morfologia geral do espectro obtido, podendo ser caracterizada como grafita de grão fino (GGF) ou high ordered pirolitic graphite (HOPG-elevado grau de cristalinidade).

4.6. O intuito de realizar o estudo dos dados das análises de espectroscopia Raman é caracterizar a tipologia da grafita quanto a sua cristalinidade e temperatura de formação/origem, para assim, classifica-la quanto ao seu valor comercial e estimar, nas áreas de estudos, possíveis outros locais que se encontrem grafitas, com as mesmas condições químicas e físicas, através do produto final do projeto que é a elaboração de um Mapa de Favorabilidade para o mineral da Grafita.

5. PRODUTO(S) PREVISTO(S)

5.1. O Projeto Grafita pretende analisar cerca de 80 amostras pelos métodos de Raman, tratar e interpretar os resultados obtidos, mediante formalização desse acordo, com o intuito de classificar os tipos de grafitas existentes nas áreas de pesquisa.

| Atividade e produtos a serem desenvolvidos: |
|---|
| • Execução das análises de DRX: UFC |
| • Interpretação dos resultados das análises de DRX: UFC |
| • Execução das análises de espectroscopia Raman e EDS (dados semi quantitativos – função Mev) |
| • Interpretação dos resultados das análises de espectroscopia Raman e EDS |
| • Interpretação das informações termobarométricas |
| • Integração dos dados e redação |
| • Publicação de artigos |

6. CRONOGRAMA DE ATIVIDADES, META FÍSICA DE EXECUÇÃO

6.1. Este Plano de Trabalho será executado conforme as etapas definidas na tabela abaixo.

| Etapas | Descrição / Especificação | Data Inicial | Data Final |
|--------|---|--------------|------------|
| 1 | Execução das análises de DRX | Mês 01 | Mês 18 |
| 2 | Interpretação dos resultados das análises de DRX | Mês 01 | Mês 18 |
| 3 | Execução das análises de espectroscopia Raman e EDS (dados semi quantitativos – função Mev) | Mês 01 | Mês 18 |
| 4 | Interpretação dos resultados das análises de espectroscopia Raman e EDS | Mês 06 | Mês 24 |
| 5 | Interpretação das informações termobarométricas | Mês 06 | Mês 30 |
| 6 | Integração dos dados e redação | Mês 12 | Mês 30 |
| 7 | Publicação de artigos | Mês 12 | Mês 60 |

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

7.1. Este Plano de Trabalho é parte integrante de seu Instrumento principal.



Documento assinado eletronicamente por **DEBORA PINHO CAVALCANTE FREIRE**, Pesquisador(a) em Geociências, em 10/02/2022, às 11:01, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site sei.cprm.gov.br/autenticidade, informando o código verificador **0756983** e o código CRC **5CD4E516**.