

CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA DE HALLOYSITA, NO MUNICÍPIO DE CONCEIÇÃO DO MUQUI (ESPÍRITO SANTO), E AVALIAÇÃO DE SUAS PROPRIEDADES APLICADAS À ÁREA TECNOLÓGICA

MINERALOGICAL CHARACTERIZATION OF HALLOYSITE FROM THE MUNICIPALITY OF CONCEIÇÃO DO MUQUI (ESPÍRITO SANTO) AND EVALUATION OF ITS PROPERTIES FOR TECHNOLOGICAL APPLICATIONS

Diogo Rodrigues de Souza Nogueira

Aluno de Graduação de Geologia da UERJ

Período PIBIC ou PIBITE/CETEM: agosto de 2025 a junho de 2026

diogordsn.13@gmail.com

Anne Caroline da Silva Rocha

Orientadora, Licenciada em Química, D.Sc.

annerocha308@gmail.com

Luiz Carlos Bertolino

Coorientador, Geólogo, D.sc.

lcbertolino@cetem.gov.br

RESUMO

O caulim é um importante mineral industrial e indicador geológico, composto pelo grupo da caulinita, que inclui caulinita, halloysita, dickita e nacrita. A halloysita destaca-se por sua estrutura tubular e maior área superficial, características que ampliam suas aplicações industriais, especialmente em nanotecnologia. Este estudo teve como objetivo a caracterização mineralógica de amostras de caulim provenientes de pegmatitos de Conceição do Muqui (ES), com foco na identificação da halloysita. Uma amostra de pegmatito foi submetida à caracterização mineralógica, química e tecnológica no Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), por meio de difração de raios X (DRX), microscopia eletrônica de varredura (MEV), fluorescência de raios X, Potencial Zeta, Capacidade de Troca Catiônica e Análise Térmica (ATD/ATG). Os resultados de DRX indicaram a presença de halloysita, caulinita e quartzo, enquanto as análises por MEV confirmaram a ocorrência de halloysita com morfologia tubular, além de caulinita. As análises químicas mostraram predominância de óxidos de silício e ferro. Concluiu-se que a amostra apresenta teor expressivo de halloysita, indicando potencial para novas ocorrências desse argilomineral na região estudada.

ABSTRACT

Kaolin is an important industrial mineral and geological indicator, belonging to the kaolinite group, which includes kaolinite, halloysite, dickite, and nacrite. Halloysite stands out for its tubular structure and larger surface area, characteristics that broaden its industrial applications, especially in nanotechnology. This study aimed to characterize the mineralogy of kaolin samples from pegmatites in Conceição do Muqui (ES), focusing on the identification of halloysite. A pegmatite sample was subjected to mineralogical, chemical, and technological characterization at the Mineral Technology Center (CETEM) using X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscopy (SEM), X-ray fluorescence, Zeta Potential, Cation Exchange Capacity and and Thermal Analysis (DTA/TGA). XRD results indicated the presence of halloysite, kaolinite, and quartz, while SEM analyses confirmed the occurrence of halloysite with tubular morphology, in addition to kaolinite. Chemical analyses showed a predominance of silicon and iron oxides. It is concluded that the sample has a significant content of halloysite, indicating potential for new occurrences of this clay mineral in the scientific region.

1. INTRODUÇÃO

Os argilominerais do grupo da caulinita possuem grande relevância geológica e industrial devido às suas propriedades mineralógicas e tecnológicas (LUZ; LINS, 2005). Entre eles, a halloysita destaca-se por sua morfologia tubular, que confere elevada área superficial e amplia seu potencial de aplicação em áreas como nanotecnologia, indústria farmacêutica e agricultura (SALGADO CAMPOS et al., 2021). Apesar de sua importância, depósitos ricos em halloysita ainda são pouco estudados no Brasil, especialmente aqueles associados a pegmatitos do Sudeste (LICURSI; BERTOLINO; SILVA, 2023; TOLENTINO JR., 2019), o que reforça a necessidade de investigações voltadas à sua caracterização e potencial tecnológico.

2. OBJETIVOS

Este estudo teve como objetivo analisar uma amostra coletada na região de Conceição do Muqui, Espírito Santo, por meio de ensaios de caracterização mineralógica e tecnológica realizados no Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), visando avaliar seu potencial para aplicações industriais. A pesquisa concentrou-se na identificação e no aproveitamento da halloysita, principal mineral de interesse presente na amostra, com ênfase em suas possíveis aplicações industriais.

3. METODOLOGIA

No CETEM, a amostra foi submetida à preparação e ao beneficiamento, incluindo secagem, cominuição, classificação granulométrica e separação da fração argilosa ($<20\ \mu\text{m}$), seguida de quarteamento e preparação, seguida de quarteamento e preparação para as análises laboratoriais. Inicialmente, foram realizadas análises petrográficas e observações em lupa binocular para caracterização textural, identificação preliminar dos minerais e avaliação do grau de alteração. A caracterização mineralógica foi realizada por Difração de Raios X (DRX), com refinamento pelo método de Rietveld. A composição química foi determinada por Fluorescência de Raios X (FRX), enquanto a morfologia e os hábitos cristalinos foram analisados por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). Complementarmente, realizaram-se análises térmicas (ATD/ATG) e ensaios tecnológicos de Potencial Zeta e Capacidade de Troca Catiônica (CTC), visando avaliar o comportamento e o potencial de aplicação industrial da halloysita.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos a partir da classificação granulométrica evidenciaram uma concentração significativa de material fino na fração argilosa, indicando enriquecimento em argilominerais de interesse tecnológico.

4.1. Análise Petrográfica

As análises petrográficas e em lupa binocular permitiram observar o avançado grau de alteração do pegmatito, evidenciando processos de caulinitização associados à transformação de silicatos primários em minerais secundários.

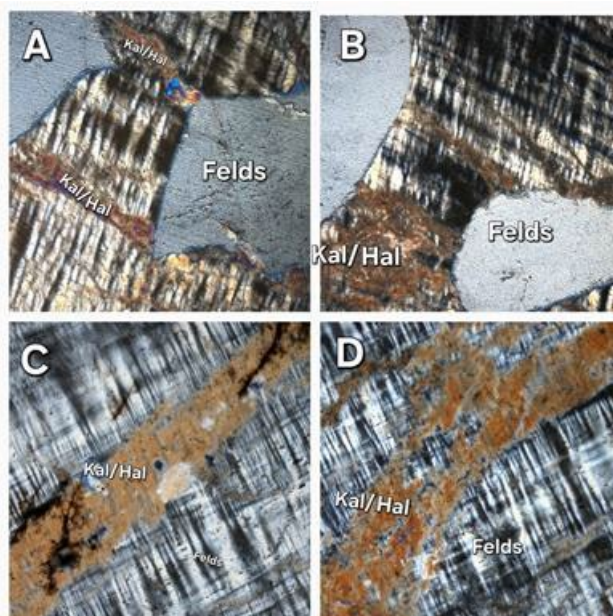


Figura 1: Em A,B,C e D são apresentadas fotomicrografias em microscópio petrográfico da amostra estudada, podendo ser observado a relação de contato entre o K-feldspato (Felds) se alterando para argilominerais do grupo de caulinita (Kal/Hal).

4.2. Difratometria de Raio-X

Os difratogramas de raios X (DRX) indicaram a presença predominante de caulinita, quartzo e halloysita, confirmando a ocorrência do argilomineral de interesse. Após o peneiramento, houve enriquecimento em frações argilosas, com redução significativa de quartzo e mica da amostra bruta para a 635, o que melhora a qualidade do material para uso industrial.

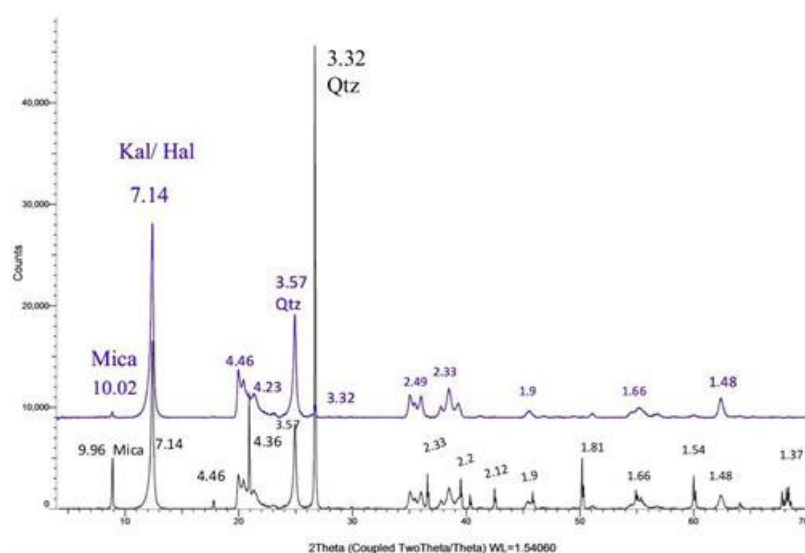


Figura 2: Comparativo entre difratogramas de raios X da amostra bruta (em preto) e 635# (em roxo).

4.3. Método de Rietveld

O refinamento pelo método de Rietveld possibilitou melhor distinção e quantificação das fases minerais presentes.

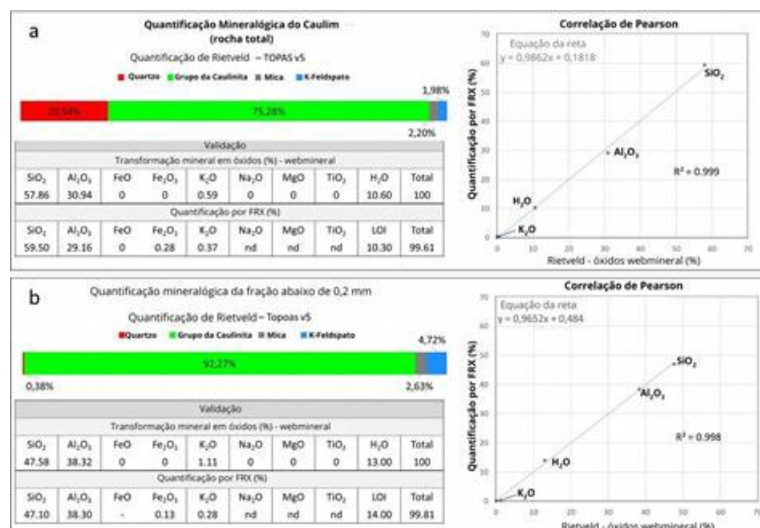


Figura 3: Resultado da análise utilizando o método de Ritveld.

4.4. Microscopia Eletrônica de Varredura

As análises por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) revelaram partículas com morfologia tubular, característica diagnóstica da halloysita (JOUSSEIN et al., 2005; SALGADO CAMPOS et al., 2021), além de cristais lamelares de caulinita, corroborando os resultados mineralógicos.

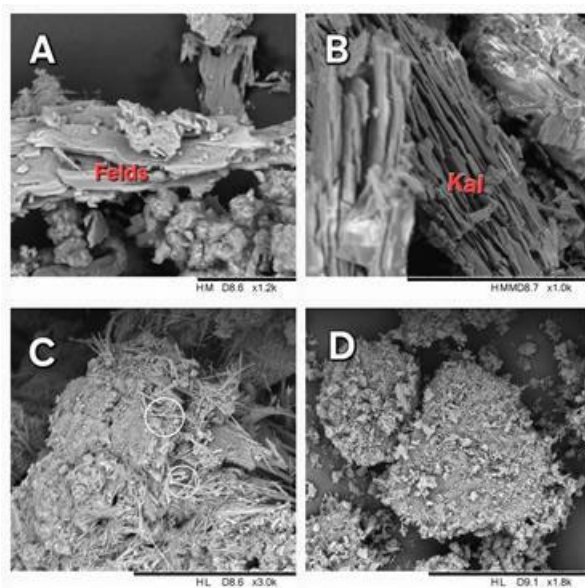


Figura 4: São observados grãos de feldspatos com halloysita tubular e caulinita. Em A) o foco está no feldspato (Felds), em B) a caulinita com seu hábito em booklets, em C e D) ocorrências de halloysita tubular nos grãos de feldspato.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitiram confirmar a presença de halloysita associada à caulinita em amostras de pegmatito de Conceição do Muqui (ES), evidenciando seu potencial mineralógico e tecnológico. As análises realizadas demonstraram características estruturais, químicas e morfológicas compatíveis com aplicações industriais de maior valor agregado, especialmente devido à morfologia tubular da halloysita. Dessa forma, o estudo reforça o potencial da região como área promissora para novas ocorrências desse argilomineral, destacando a importância de investigações futuras para melhor avaliação de seu aproveitamento econômico e tecnológico.

6. AGRADECIMENTOS

Expresso minha gratidão ao CNPq pelo apoio concedido por meio da bolsa de iniciação científica, fundamental para o desenvolvimento deste projeto. Agradeço também ao CETEM (Centro de Tecnologia Mineral) pela infraestrutura, pelos laboratórios e pelos recursos disponibilizados para a realização desta pesquisa. Registro ainda meu especial agradecimento ao Professor Luiz Carlos Bertolino e ao meu coorientador, Aurélio Fagundes da Silva, cuja orientação, suporte e contribuição foram essenciais para a condução e o sucesso deste trabalho.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LICURSI, E.A., BERTOLINO, L.C. & Silva, F.J. 2023, 'Mineralogical Characterization of Pegmatites with Occurrences of Halloysite in the Regions of Porciúncula (RJ) and Patrocínio do Muriaé (MG), Southeastern Brazil', *Anuário do Instituto de Geociências*, 46:52487.

LUZ, A. B.; LINS, F. A. F. Rochas & minerais industriais: usos e especificações. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2005.

SALGADO CAMPOS, V. Prospecção e Caracterização Mineralógica, química e Micromorfológica de Ocorrências de Caulim da Província Pegmatítica do Rio de Janeiro visando a Identificação de Depósitos de Halloysita. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Faculdade de Geologia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2020.

SALGADO CAMPOS, V., BERTOLINO, L.C., SILVA, F.J., MENDES, J.C., NEUMANN, R. Mineralogy and chemistry of a new halloysite deposit from the Rio de Janeiro pegmatite province, south-eastern Brazil. *Clays Mineral*, 1-15, 2021.

SOUZA SANTOS, P.; TOLEDO, S. P. SOUZA SANTOS, H. Caulins Haloisíticos das Regiões Sudeste e Sul do Brasil. *Cerâmica Industrial*, v.14, n.1, p. 14-20, 2009.

TOLENTINO Jr., J. 2019. Potencial dos depósitos de caulim halloysítico associados aos pegmatitos da região de Juiz de Fora visando o seu aproveitamento econômico. Programa de Pós-92 Graduação em Geociências, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Tese de doutorado, 165p.