

Identificação automática de alterações hidrotermais em um depósito IOCG usando Machine Learning

Luiz Antonio Pereira; Daiane Münch; Rosa Elvira Correa Pabón; Rogério Caron

Depósitos de minério de cobre da classe Óxido de Ferro-Cobre-Ouro (Iron-Oxide-Copper-Gold-IOCG) se formam por meio de múltiplos eventos hidrotermais e de mineralização sobrepostos. O alvo abordado neste estudo apresenta zoneamentos de alteração sódica, com variações para alteração sódica-cálcica, cálcica-férrica, potássica-férrica, férrica e sulfetação, associada com às zonas mineralizadas; as quais são, principalmente, ricas em calcopirita, magnetita, actinolita, biotita, albita e apatita. Compreender essas alterações, em escala de depósito, é fundamental para a construção de modelos geológicos e a vetorização de novos alvos de exploração. Atualmente, a interpretação dessas alterações é realizada de forma descritiva, juntamente com dados geoquímicos obtidos diretamente dos furos de sondagem, por geólogos. Esse é um processo dispendioso que requer precisão humana. Além disso, a subjetividade faz com que diferentes geólogos classifiquem litologias semelhantes de forma distinta. Diante desses problemas, estudos recentes têm integrado técnicas de aprendizado de máquina com dados geoquímicos para a classificação de rochas, auxiliando na modelagem de depósitos. Tais técnicas têm aprimorado a tomada de decisão, aumentado a produtividade e reduzido custos. Dentro desse contexto, este trabalho empregou algoritmos de aprendizado de máquina na classificação não supervisionada de sistemas hidrotermais em um sistema mineral do tipo IOCG. A geologia do alvo compreende uma associação granítica-gnáissica-migmatítica com alteração hidrotermal incipiente a pervasiva, além da ocorrência de rochas com composições básica e ácida intrusivas, posteriores ao evento mineralizante. Para a classificação, foram utilizados dados geoquímicos de rocha total obtidos por meio dos furos de sondagem executados no alvo de interesse. O banco de dados contém teores de 52 elementos analisados utilizando abertura multiácida e leitura por ICP-OES/MS, além de ouro por Fire Assay. Esses dados foram extraídos a partir de 11.066 amostras de 92 furos de sondagem. Transformações de Aitchison foram aplicadas nesses dados com o objetivo de mitigar a limitação imposta pela soma constante, característica dos dados composicionais, reduzir problemas de colinearidade e aprimorar sua distribuição. Ainda, na etapa de pré-processamento, a dimensionalidade do banco geoquímico foi reduzida utilizando Deep Autoencoder, visando melhorar a distinção entre os grupos de dados. Finalmente o K-means foi aplicado nos dados pré-processados com o objetivo de agrupá-los automaticamente e fundamentar a classificação não supervisionada. Os resultados indicam que a metodologia proposta apresenta eficácia na classificação de alterações hidrotermais de depósitos IOCG, utilizando apenas dados geoquímicos. A aplicação de métodos de Machine Learning permitiu identificar alterações com um nível de precisão e detalhamento significativos, revelando novas características que não haviam sido

detectadas anteriormente por metodologias manuais. Adicionalmente, a implementação da abordagem proposta tem o potencial de reduzir a subjetividade na interpretação dos dados, aprimorando a classificação geoquímica realizada por especialistas.