

INTRODUÇÃO À GEOLOGIA MÉDICA

Wilson Scarpelli

Introdução

A Geologia Médica, ou Geomedicina, está em franco desenvolvimento no Brasil, já ativada pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) com um programa específico, o Programa Nacional de Pesquisa em Geoquímica Ambiental e Geologia Médica, o PGAGEM. É ciência de equipe, exigindo bom entrosamento e entendimento com outras ciências. Em detalhe, estuda variações regionais na distribuição dos elementos, principalmente os metálicos e metalóides, seu comportamento geológico-geoquímico, as contaminações naturais e artificiais e os danos à saúde animal e/ou vegetal por excessos ou deficiências.

Os seres vivos constituem-se dos elementos constituintes de seus alimentos. Para os humanos são essenciais, como macronutrientes, Ca, Cl, Mg, P, K, Na, S, O, H e S e, como micronutrientes, As, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Se, V e Zn, mais F, I e Si. Há séculos foi dito “Tudo é venenoso, nada é venenoso. É questão de dosagem”. Todos esses nutrientes são importantes e sua falta acarreta prejuízos à saúde. Especificamente quanto aos micronutrientes, sua assimilação em excesso pode ser fatal.

Ao serem liberados pelo intemperismo, os elementos podem ser recristalizados em minerais neo-formados, adsorvidos em minerais argilosos, incorporados em óxido-hidróxidos de ferro e manganês, precipitados como carbonatos ou postos em solução. Quando solubilizados, ou passam ao solo e são levados a águas de sub-superfície ou são transportados pela drenagem. No solo, estando solubilizados, podem ser assimilados pelas raízes de plantas, entrando na cadeia alimentar. Também entram na cadeia alimentar quando carreados em solução pela drenagem, assimilados por seres aquáticos. Podem ser também assimilados pelos seres vivos por inalação ou por contato dermal.

De modo geral, o solo, as águas correntes e as plantas refletem a composição das rochas do substrato, essa relação sendo muito usada em exploração mineral para depósitos metálicos. Ao alimentar-se das vegetação, os animais silvestres também refletem o quimismo da região onde vivem. Essa relação é observada também com humanos, havendo casos clássicos de doenças acompanhando faixas geológicas litologicamente anômalas. Anomalias são relacionadas também a poluições naturais e antrópicas. Entre as poluições naturais mais frequentes estão as cinzas ejetadas em erupções vulcânicas e núvens de pó geradas em áreas desérticas.

Disponibilidade dos elementos

Para os materiais geológicos, de seu conteúdo metálico total apenas uma fração é disponível para assimilação pelos seres vivos, grande parte permanecendo retida em estruturas cristalinas, em forma não disponível para assimilação pelos organismos.

A biodisponibilidade de um elemento corresponde ao teor efetivamente disponível para assimilação pela biota, por via oral, por inalação e por contato dermal. Normalmente é constituída pela fração solubilizada dos elementos. Por exemplo, uma rocha com 10% Mn pode ter apenas 0,5% Mn biodisponível.

A biodisponibilidade dos elementos é definida por sua forma de ocorrência, mineralogia hospedeira, especiação química, pH e potencial de oxidação das soluções, clima, temperatura, características da biota do ambiente e, também, pelas interferências com outros elementos associados (como ocorre entre Mo e Cu, entre Cu e Fe, entre Zn e Cd e outros).

Toxicidade

A Associação Brasileira de Normas Técnicas tem normas que permitem caracterizar o grau de toxicidade de muitas substâncias (norma NBR-10004), as quais baseiam-se em análises químicas efetuadas em meio neutro (ensaio de solubilização) e em meio levemente ácido (ensaio de lixiviação), conforme detalhado nas normas NBR-10005 e NBR-1006.

Para arsênio, é *Tóxico* um material, geológico ou não, que libera mais de 5 mg/L em ensaio de lixiviação, e *Não Inertes* os que não são tóxicos mas que liberam mais de 0,05 mg/L em ensaio de solubilização. Materiais que não liberam menos que esses valores são classificados como *Inertes*. Minérios óxido-hidróxidos de manganês de Serra do Navio, embora apresentem altos teores de arsênio, cerca de 0,17%, não são tóxicos, resultando em soluções com cerca de 0,01 mg/L nos ensaios de solubilização e lixiviação, o que os caracteriza como *Inertes*. Já o protominério carbonático, embora também *Inertes*, apresenta maiores teores em solubilização e lixiviação.

A caracterização por essas normas não considera que a toxicidade é também função da especiação dos elementos. Por exemplo, As^5 é mais tóxico que As^3 , arsênio em compostos salinos é mais tóxico que arsênio em compostos orgânicos, Cr^3 é mais tóxico que Cr^6 etc.

Biodisponibilidade absoluta

Por biodisponibilidade absoluta de um elemento entende-se o teor máximo daquele elemento em um material geológico que pode ser assimilado por um ser vivo em suas funções vitais. Esse teor é menor que o teor total do material e frequentemente também menor que o teor biodisponível. A biodisponibilidade absoluta compreende assimilação por via oral, por inalação e por contato dermal. A assimilação por via oral pode ser quantificada com ensaios de laboratório e, também, com cobaias. No caso de determinação da biodisponibilidade absoluta para pessoas, os ensaios de laboratório são efetuados ao pH de cerca de 1,5, correspondendo ao pH do estômago.

AFETAÇÕES GEOLÓGICAS NATURAIS

Regiões geológicas com baixos ou altos teores de biodisponibilidade de micronutrientes raro apresentam populações com doenças características desses teores baixos ou altos. O fenômeno é particularmente real com populações que obtêm seus alimentos e água de beber das imediações de onde vivem.

Entre os exemplos mais citados, incidências de papeira onde há deficiência de iodo, de fluorose onde há excesso de flúor, de selenose, mais evidente com animais, onde há falta de selênio, e feridas e câncer onde há excesso de arsênio. As ocorrências ocorrem sobre todo o globo, nos Estados Unidos, China, Índia, Chile etc.

No Brasil existem várias áreas com altos teores de flúor em águas naturais, causando fluorose aos que dela bebem. As águas do Delta Amazônico têm altos teores de arsênio, provavelmente contaminando parte da fauna marinha e os que dela alimentam-se; esse arsênio provém da erosão dos Andes e deposita-se no delta com óxido-hidróxidos de ferro e manganês, sendo é liberado em solução com a recristalização por redução desses óxido-hidróxidos. Entre outras anomalias naturais anotadas no Brasil, a ocorrência de altos teores de lítio em sedimentos de drenagem em Araçuaí-Itinga, MG, e muitas pessoas de baixa estatura na região de Paracatu, MG, possivelmente causado pelos altos teores de zinco na drenagem.

AFETAÇÕES QUÍMICAS GEOLÓGICAS ANTRÓPICAS

Entre as afetações geológicas mais comuns causadas por atividades antrópicas estão as águas ácidas, resultantes da decomposição meteórica não controlada de rejeitos de mineração ricos em sulfetos de ferro e outros metais. Essas águas tem pH muito baixo, sendo particularmente tóxicas quando apresentam altos teores de chumbo, cádmio, cobre, zinco, cobalto, mercúrio e outros metais. A incidência é particularmente séria em setores de lavra de carvão e de sulfetos de metais básicos.

Poluição por mercúrio é comum em áreas de garimpagem de ouro, afetando vastas regiões do Brasil. Os garimpeiros usam mercúrio para coletar o ouro dos concentrados na forma de um amálgama e recuperam o ouro metálico “queimando” o amálgama e volatilizando o mercúrio, o qual é levado pelo vento mas logo precipita-se.

Operação industrial de pelotização de finos de minério de manganês no Amapá modificou a composição mineralógica do minério, com os minerais neoformados sendo menos estáveis nas condições intempéricas atuais. Parte da produção foi rejeitada e a acumulada numa pilha mantida no local. Ensaios de solubilização e lixiviação de amostras da pilha de rejeitos mostrou que são *Não Inertes*. Parte do arsênio solubilizado da pilha contaminou o lençol freático na área da pilha, mas a contínua oxidação do lençol, favorecida pelas condições meteorológicas locais, está levando à contínua neutralização desse arsênio, que está sendo reassimilado por óxido-hidróxidos de ferro e manganês neoformados.

AFETAÇÕES FÍSICAS

Fibras de amianto são carcinogênicas. O pulmão tem sistema natural que lhe possibilita expelir pequenos grãos de poeira que chegam a seu interior, porém tem dificuldade de expelir fibras de amianto industrial. Retidas no pulmão essas fibras criam condições para acúmulo de complexos químicos que levam à formação de cânceres, principalmente entre fumantes. O amianto industrial é produzido com fibras de serpentina e de anfibólios e os produzidos com anfibólio são mais cancerígenos.

O radônio 222 é gás natural formado durante a transformação radioativa de urânio em chumbo, ocorrendo em regiões de granitos, gnaisses, folhelhos etc. Embora tenha vida média muito curta, de apenas 3,8 dias, por ser gás é muito móvel, sendo facilmente inalado em ambientes fechados. Pode provocar câncer no pulmão ao decair em elementos radioativos durante seu período de permanência no pulmão.

Pó de sílica inalado em excesso causa silicose, nos pulmões. Em mineração, se usa aspersão de água para evitar seu risco em operações de perfuração por percussão, em britagens, peneiramentos etc.

Pó de manganês se inalado aos pulmões pode causar danos ao sistema neurológico. Em mineração obriga-se ao uso de máscaras em locais de poeira manganesífera e com pouca ventilação.

BIOREMEDIÇÃO

O USGS emprega micro-organismos para neutralizar contaminações ao meio-ambiente por produtos orgânicos.