

**PROGRAMA DE CONSERVAÇÃO, PRESERVAÇÃO E REDUÇÃO DE
DANOS NA COLEÇÃO DE MINERAIS, ROCHAS E METEORITOS DO
MUSEU DE CIÊNCIAS DA TERRA - MCTER**

ADRIANA GOMES DE SOUZA

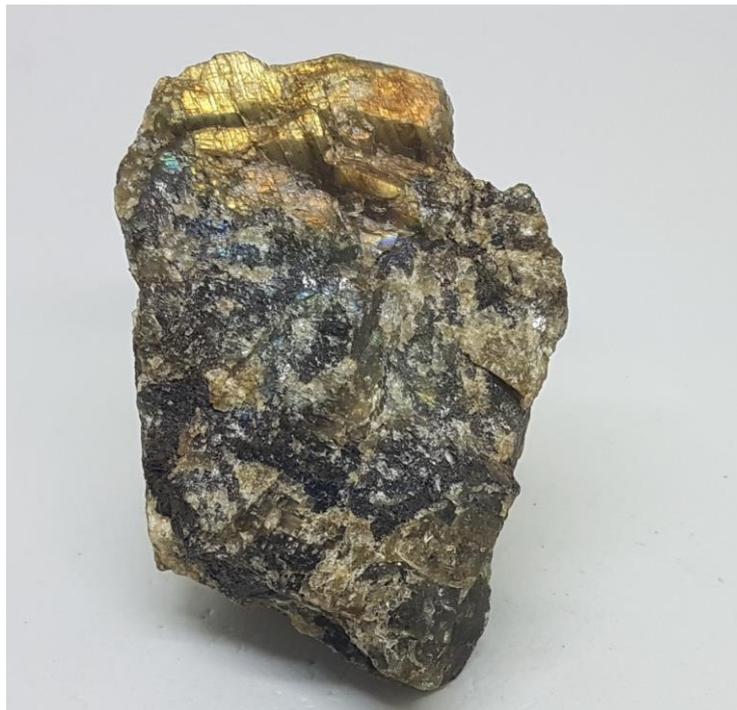
SHIRLENE BARROS LUIZ DA SILVA

MUSEU DE CIÊNCIAS DA TERRA

CURADORIA DE MINERAIS, ROCHAS E METEORITOS

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

ESCRITÓRIO DO RIO DE JANEIRO – ERJ



CURADORA RESPONSÁVEL: ADRIANA GOMES DE SOUZA

PESQUISADORA EM GEOCIÊNCIAS - GEÓLOGA – MSc

ESTAGIÁRIA DE GEOLOGIA (UFRJ): SHIRLENE BARROS LUIZ DA SILVA

UNIDADE: MCTER – DEINF

2021

INTRODUÇÃO

O que é dano?

Baars & Horak (2018) propõem uma definição de dano, pois tanto a avaliação de condição quanto as análises de risco são baseadas em sua definição, e em qualquer avaliação é necessário ser acordado um denominador comum do que é dano para avaliação da condição de um espécime, caso contrário os avaliadores aplicariam diferentes suposições, duvidando da veracidade dos resultados. Embora definam a possibilidade do dano, os autores deixam claro que em muitos museus é rara a presença de profissional capaz de estimar a expectativa de vida de um objeto já armazenado.

Ainda não se tenha um conceito muito claro do que seria um dano para minerais, rochas e meteoritos até os dias de hoje, contudo, dano significa uma mudança no estado do material ou objeto, com algumas objeções, nem toda mudança acarretará um dano, apenas quando houver uma perda de significância de dado material ou objeto, o que leva à conclusão de que dano não pode ser definido objetivamente.

Os autores expõem algumas ações positivas e negativas de alguns casos de mudanças, tais como aquelas no qual agregam valores ao objeto, quando a coleção possui valores estéticos mais significativos, qualquer alteração a qual vá destacar a sua estética será benéfico e não pode ser considerado um dano. Poderia ser utilizado o conceito de dano como sendo uma função de mudança inaceitável dependente de agentes de mudanças, enquanto que poderiam ser trabalhados também os conceitos de “dano aceitável” e “mudança perceptível” em relação ao valor do objeto, o que pode traduzir qualquer mudança, deliberada ou não, sendo ou não positiva.

Algumas avaliações de risco fornecem métodos definidos numericamente para caracterizar o risco de deterioração, porém utilizam como parâmetro a perda de valor, que no caso é subjetivo. Muitas das espécies minerais são suscetíveis a alterações quando removidas de seu local de origem e expostas às condições típicas de armazenamento em museus, por influência da temperatura, da oxigenação, entre outros, compreendendo-se totalmente o mecanismo de reação, e diante disso a probabilidade de dano ser quantificada relacionando-se o dano observado aos agentes de decomposição.

Os protocolos para avaliação da condição de minerais

As condições das coleções de minerais atualmente estão sendo avaliadas substancialmente por métodos não objetivos, como o exame visual de espécimes por um curador ou conservador experiente, com isso os resultados não são comparáveis, mesmo se realizado pela mesma pessoa. Em se tratando do Museu de Ciências da Terra é esse o método que vêm sendo utilizado do início dos trabalhos, em 2013, até os dias de hoje. Alguns métodos objetivos poderiam ser melhores, pois as avaliações das condições teriam mais consistência, porém o método deve-se ser não invasivo para não ocorrer a adulteração da amostra por interferência humana. Tendo como fatores as mudanças químicas e físicas nas amostras, elas podem ser analisadas através de algumas técnicas, tais como:

- Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), para determinar a dinâmica da rede, as forças de ligações e a coordenação de átomos, ou;
- Espectroscopia Raman para identificar unidades moleculares particulares e matéria de poliedros e as ligações;
- Análise de fluorescência de raios-X dispersiva de energia portátil em campo (XRF), que é adequada para investigações que envolvem análises químicas de metais em massa.

Os espectrômetros Raman portáteis têm resolução espectral mais baixa e produzem mais ruído de fundo do que os instrumentos de laboratório, mas ainda apresentam excelente confiabilidade. Por outro lado, as técnicas baseadas em luz infravermelha (IR) ou ultravioleta (UV) são menos úteis no estudo de sulfetos do que muitos outros grupos minerais. Para as análises de XRF, dispõem o fato de não poderem distinguir íons do mesmo elemento em diferentes estados de valência e, portanto, as análises de rochas e minerais podem ser mais bem realizadas alternativamente com técnicas como a espectroscopia Mössbauer.

Embora as técnicas discutidas acima sejam úteis no estabelecimento de dados de base e princípios de mecanismos de reação, no contexto da avaliação de rotina dos curadores e conservadores de coleções minerais de museus sempre precisarão contar com a disponibilidade de instrumentação barata, fácil de usar e idealmente portátil. Difração de raios X (XRD) é um método padrão bem

estabelecido para identificação e caracterização de minerais e, recentemente, unidades portáteis tornaram-se disponíveis, mas como requerem uma pequena quantidade de amostra para serem processadas, elas envolvem análises destrutivas.

As condições ambientais e a qualidade do ar

Em condições ambientais e qualidade do ar, Baars & Horak (2018) tratam o conceito de poluição interna e poluição externa. Uma abordagem mais cautelosa considera que muitas substâncias gasosas estão presentes naturalmente no ar e contribuem para o processo natural de alteração de determinados espécimes.

Os autores definem poluentes internos como aquelas substâncias nocivas aos objetos de museu que tem sua origem em espaços ou materiais internos, como os conhecidos por causar danos ao calcário, cerâmica e vidro, porém poucos estudos investigaram os efeitos de poluentes internos em coleções geológicas. Através de trabalhos de alguns pesquisadores, foi estabelecido que os poluentes pudessem estar mais concentrados num interior completamente fechado, visto que as concentrações menores ocorrem em ambientes da sala comparando ao interior dos armários. Outro fato percebido pelos autores são as várias substâncias emitidas por madeiras consideradas como poluentes internos, porém a taxa de geração raramente é medida em um contexto de conservação. A quantidade de ácidos orgânicos emitidos pela madeira depende da espécie, temperatura e umidade relativa, e, além disso, existem algumas evidências de que as concentrações internas de ácido acético e fórmico podem seguir um padrão sazonal, ou seja, no verão as temperaturas quentes internamente resultam em concentrações de ácido consideravelmente mais altas e no inverno as concentrações são mais baixas. Materiais de construção também são fontes internas adicionais para a geração de ácidos orgânicos. Uma sala com uma grande taxa de troca de ar, por exemplo, possui uma menor concentração de poluentes internos, enquanto que as concentrações de poluentes externos podem aumentar com o fornecimento de ar fresco. O conhecimento da concentração e da taxa de geração de poluentes dentro e fora é importante ao planejar uma estratégia de ventilação para uma local de coleção.

Em termo dos requisitos de ventilação, os autores citam que existem tentativas de caracterizar e quantificar os efeitos dos poluentes sobre os objetos por meio de registradores de corrosividade ou dosimetria. Entretanto, este registro de corrosão do ambiente de armazenamento não auxilia no gerenciamento de uma redução adequada nas concentrações de poluentes. Existem duas

equações, uma para fluxo de ar necessário para a redução da concentração de poluentes de um espaço interno e outra para a absorção das superfícies internas dos compostos liberados em ambientes internos, todavia o artigo deixa claro que nenhuma dessas equações podem ser resolvidas de forma satisfatória na maioria dos museus, pois vários fatores são geralmente desconhecidos, portanto não é possível calcular a necessidade de ventilação específica para remover níveis de poluentes prejudiciais.

Eficácia dos tratamentos de conservação

Mesmo com uma metodologia de monitoramento adequada e o armazenamento mantido nos padrões de qualidade do ar e ambiental ideais, existe a questão de o que fazer a seguir se a deterioração de espécimes minerais for observada. Embora existam recomendações para estratégias de como proteger materiais vulneráveis, incluindo minerais e rochas, uma avaliação sistemática do sucesso de longo prazo do empacotamento desses materiais em microambientes ainda é excelente.

A base de evidências para a eficácia e o sucesso a longo prazo das recomendações atuais ainda são muito poucas. Além disso, não existe uma técnica que ofereça uma solução única para todos os tipos de espécimes de uma coleção. Microambientes selados usando filmes de barreira com baixa permeabilidade ao gás parecem oferecer uma solução de baixa manutenção, mas podem limitar a acessibilidade do objeto. Sistemas não selados, como armazenamento de plástico oferecem fácil acessibilidade, entretanto requerem manutenção regular. Essa parece ser a técnica mais adequada para as amostras do acervo no universo MCTer, e é a que tem sido utilizada atualmente, o selamento de amostras mais sensíveis, como minerais do tipo pirita, com plástico. De uma forma econômica, em curto prazo, pelo menos, este parece ser um método eficaz e seguro de armazenar itens vulneráveis à oxidação, hidratação ou reação com poluentes do ar interior das gavetas e armários do museu.

Em itens geológicos armazenados em museus, atualmente existem apenas evidências circunstanciais de que o uso de microambientes trouxe melhorias em sua preservação em longo prazo. Em contraste, também parece haver alguma evidência de que espécimes selados em microambientes podem sofrer danos acelerados, às vezes catastróficos, em comparação com espécimes semelhantes armazenados no mesmo depósito, mas em condições ambientais favoráveis.

Em estudos anteriores, percebeu-se que os recipientes de armazenamento sem vedação têm maior taxa de ingresso de umidade do que os recipientes com uma vedação. Alguns autores constataram que os melhores recipientes para manutenção dos microclimas são os recipientes com tampa de polietileno, que são acessíveis, reutilizáveis e mantêm um ambiente estável.

Há uma falta de conhecimento sobre os requisitos de armazenamento de coleções minerais, o que é especialmente óbvio quando comparado a outros tipos de coleções de museus. Na publicação 'Padrões no cuidado do museu com coleções geológicas' da Comissão de Museus e Galerias do Reino Unido são estabelecidas recomendações para umidade relativa e temperatura para a exibição e armazenamento de espécimes geológicos.

Algumas recomendações anteriores sobre estratégias de conservação preventiva para coleções de museus prescreveram níveis de poluição realisticamente alcançáveis, implicando que alguns danos são aceitos como inevitáveis. No National Museum of Cardiff, o controle da poluição é limitado através da filtragem de poeira nas entradas de ar das unidades de ventilação mecânica. Esta situação contrasta com as etapas para controlar a poluição dentro de vitrines ou caixas de armazenamento. A orientação mais recente é um pouco mais específica no que diz respeito aos poluentes. O Guia para Armazenamento e Exposição de Materiais de Arquivo recomenda que qualquer repositório deve ser ventilado com ar fresco para reduzir os níveis de poluentes se os vapores de ácido acético gerados internamente atingirem um limite superior a 100µgm.

Na maioria dos edifícios, a taxa mínima de ventilação recomendada é definida para dispersar o odor e a umidade gerados pelos ocupantes do edifício. Como base de referenciamento, nos Estados Unidos, a American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) recomenda uma taxa de ventilação para galerias de museus, ou seja, salas com alta ocupação, de 3,8 Litros segundo para uma pessoa enquanto no Reino Unido, a orientação da Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE) recomenda uma taxa de ventilação mais alta de 10Ls /1 pessoa. Ambos os regulamentos da ASHRAE e CIBSE consideram o efeito da ventilação sobre as pessoas, não objetos, e nenhum dos dois tem orientação específica para salas de museu de baixa ocupação.

COLETA E PRESERVAÇÃO DE ACERVOS

No ambiente universitário, podemos classificar genericamente as coleções em dois grupos: coleções de pesquisa, aquelas cujos objetos servem ao propósito

de pesquisa científica, e coleções educacionais, em que os objetos servem como exemplos práticos para as aulas.

Lima e Carvalho (2020) realizaram uma pesquisa de doutorado em políticas curatoriais e de preservação em coleções geológicas e paleontológicas universitárias do Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro com objetivo de obter a melhor compreensão das práticas de curadoria e preservação desses acervos. Para isso foram entrevistados 38 acervos pertencentes a 20 instituições durante os anos de 2018 e 2019. Esses acervos, representativos da prática geral das universidades brasileiras, pertenciam a nove estados distintos.

Dentre as coleções entrevistadas, 42,10% têm funções educativas e de pesquisa. Nessas coleções, as práticas de preservação e curadoria são diferenciadas em função de sua finalidade. Em geral, os acervos de pesquisa apresentam mais práticas em comum com os acervos patrimoniais do que educacionais, como a forma de armazenamento e uso de seus objetos.

Preservação em Acervos de Estudo e Pesquisa

Lima e Carvalho (2020) definem a preservação como um conjunto de atividades, com o objetivo de garantir a integridade ou continuidade de um ou mais objetos e dentro desse conceito, existem várias atividades museológicas, como documentação, gestão, pesquisa, comunicação e exposição, é uma integração de ambas as áreas, pois musealizar um objeto é uma das formas mais antigas de preservação, ou seja, é dar um significado, um valor e uma seleção aos objetos sob o olhar museológico.

A musealização de forma geral é mais perceptível em coleções de pesquisa, principalmente por causa de suas práticas de preservação. No entanto, pode-se também ser observada em coleções geológicas educacionais. Principalmente, porque são retirados de sua localização original e inseridos em um novo contexto, ganhando uma nova função; e também, porque além da metodologia de preservação, todos os demais processos mencionados como parte da musealização estão presentes.

As coleções de patrimônio geológico exigem ações de preservação, como inventários, avaliações do estado de conservação e monitoramento. Dentro das práticas geológicas, a escolha da permanência ou não do material in situ é fundamental para o estabelecimento de sua preservação e os autores atribuem essa responsabilidade total ao coletor, considerando os aspectos de degradação e a possibilidade de reter o máximo de informações possível próximo ao objeto.

A preservação ex situ ocorre através da retirada do objeto de seu contexto geológico para uma nova realidade, geralmente vai para coleções científicas ou exposições, retirando parcialmente o contexto externo ao objeto, perdendo informações extrínsecas. A preservação in situ, ao contrário, é feita sem retirar o objeto do seu contexto ambiental. Vários autores (Renaud 2002; Loureiro 2012; Carvalho 2018; Ponciano et al. 2011; Mansur et al. 2013 apud Lima e Carvalho 2020) afirmam que tanto a preservação in situ quanto a ex situ têm suas particularidades e que em ambos os casos há prós e contras.

No quesito de preservação in situ e ex situ, os autores acima mencionados fazem comparações sobre os dois tipos apontando pontos favoráveis ou não. Enquanto a preservação in situ é possível trabalhar a contextualização de forma imersa, a preservação ex situ tende a prolongar o tempo de existência dos bens, já que o objeto está em um acervo, valorizado como patrimônio, ele receberá tratamento específico para sua preservação, enquanto o objeto in loco tende a ser vulnerável à degradação pelo intemperismo.

Seleção

Para a seleção de um objeto é essencialmente sua musealização. Em uma coleção geológica, a seleção geralmente envolve a utilização de metodologia científica específica, em campo, pela equipe de pesquisadores ou alunos supervisionados por profissionais.

No estágio de coleta, até sua preservação, o objeto adquire um valor documental cada vez mais importante. Isso ocorre porque regularmente o objeto é coletado para responder a uma determinada pergunta ou para arquivar uma resposta. Quanto mais informações forem coletadas e posteriormente documentadas, maior será o seu valor, dentro do estudo científico.

O que definirá o fim do objeto coletado será o objetivo da pesquisa. Caso o espécime possua valor científico (foi coletado respeitando a metodologia científica, fornecendo informações suficientes), provavelmente será enviado para a coleção de pesquisa. Caso contrário, a falta de informação torna o espécime viável para uso em aula apenas quando possui alguma característica importante a ser aprendida ou, se tiver boa estética, provavelmente irá para a exposição.

Todo o processo de seleção deve ocorrer para se pensar na segurança e integridade desses objetos. Eles devem ser manuseados com cuidado desde o momento em que são adquiridos no campo até o local de armazenamento final.

Inventário e Documentação

De acordo com Lima & Carvalho (2020) o inventário é considerado como um dos primeiros passos para a preservação. No geral, essa prática é comum de sistematização e organização das informações, e consiste na simples identificação e registro de cada objeto, relacionando as principais características, possibilitando sua identidade no acervo.

O inventário é consequência da seleção e atribuição de valor à cultura material. Referente à organização das coleções científicas, os profissionais responsáveis por essas coleções devem se esforçar em identificar e catalogar os objetos, pelo menos em suas características mínimas. Esta é talvez uma das atividades que aproximam o campo da museologia e da preservação das ciências.

A documentação é a principal forma de proteger um objeto, de coletar e disponibilizar informações sobre ele, bem como sua história na coleção. A documentação museológica é o conjunto de informações sobre cada um dos itens, representado por palavras e imagens. Opera com entradas (seleção e aquisição de itens), organização (registro, classificação, indexação, etc.) e saídas (recuperação, divulgação). Este sistema de recuperação de informação, criado para preservar a informação documentada, transforma as coleções em fontes de informação científica, investigação e, conseqüentemente, em instrumentos de transmissão de conhecimento científico. Um sistema de documentação significa um processo cujo objetivo é preservar os itens do acervo e maximizar o acesso e o uso das informações neles contidas.

De acordo com Mansur et al. 2013 apud Lima & Carvalho (2020) a disponibilização da base de dados em ambiente virtual é uma ação essencial de preservação e segurança para manter sua função científica. Documentar é atribuir valores, e essa ação é sempre arbitrária e subjetiva. Quando o bem científico já está devidamente registrado, ele passa a exercer a função de acervo.

O uso de coleções de pesquisa tem como objetivo servir de base e auxílio para o avanço científico; esse processo permite que os objetos pertencentes a eles testemunhem ativamente esse progresso. Essas coleções, em sua maioria, possuem práticas de preservação vinculadas ao seu uso, como o uso de luvas, raios e controle ambiental.

Entende-se também que nessas coleções a preservação e o armazenamento são pensados como parte do seu uso. Por outro lado, no acervo didático, o armazenamento não é motivado pela preservação, mas sim pela sistemática que representa.

Descarte

Lima & Carvalho (2020) estabelecem a diferença entre os descartes de coleções educacionais e coleções científicas. A dinâmica do descarte em coleções educacionais ocorre de forma mais flexível do que nas coleções de pesquisa. Essa diferença é baseada principalmente ao uso e manuseio constante dos acervos educacionais. O descarte em coleções de ensino ocorre por necessidade. Por exemplo, se a amostra está muito degradada para servir de exemplo, é ser descartado e substituído por outro. A substituição não é muito diferente nas duas coleções. Uma vez que o objeto passa por algum processo de degradação, como a decomposição da pirita, seu uso não é mais viável.

A diferença está na forma como ocorre o descarte. Em coleções de pesquisa, é comum manter a documentação completa do bem, mesmo que o item seja descartado. Já nos acervos educacionais, é mais comum simplesmente descartar, já que a documentação se limita a identificá-los com rótulos, devido ao pouco comprometimento com a documentação com um visto normalmente “objeto usado diariamente”.

Métodos Curatoriais

Um objeto é inserido dentro de um museu por causa do seu valor que pode ser uma curiosidade, estética ou pesquisa, ou materiais documentários.

Para a preservação do objeto, atribui-se valor ao próprio material que compõe o espécime, que irá determinar sua suscetibilidade à deterioração e o cuidado específico, cada grupo tem suas características peculiares para a fixação, conservação e armazenamento.

Na questão do armazenamento e arranjo, os espécimes geológicos são dispostos de acordo com suas relações químicas naturais, já para os espécimes fósseis são organizados de acordo com sua taxonomia e geologia, e seu período de existência

Em relação ao manuseio devem-se tratar as amostras como se fossem um cristal frágil, reduzir o contato dos dedos com superfícies orgânicas, minerais, rochas, ou fósseis, minimizam o estresse por acumulação, pressão ou variações extremas de temperatura e umidade.

Como responsabilidade curatoriais destaca-se a importância de estabelecer prioridades aos cuidados, as amostras devem ser continuamente monitoradas e anotadas sobre suas condições e se deve evitar a sua decomposição estabelecendo um check-list de condições mínimas a serem consideradas, baseadas nos seguintes itens:

- Níveis de oxigenação e controle de emissão de radônio

- Insetos e outras invasões de pragas
- Mofo
- Etiquetas
- Acúmulos de poeira
- Radioatividade

Em caso de reestruturação para melhoria e expansão da coleção deve ser previsto que tipo de armazenamento, cuidados curatoriais, etc serão tomados.

DIRETRIZES DE CONSERVAÇÃO

1. Padrões de conservação

- O museu deve ter uma estratégia de conservação preventiva que garanta que as amostras sejam armazenadas e manuseadas corretamente. Práticas preventivas de conservação que estabilizam as amostras danificadas, incluindo limpeza, consolidação e reembalagem devem ser empregadas como parte da estratégia.

- O plano de gestão de coleções do museu deve incluir um programa de cuidado com base nas prioridades de conservação das coleções, que devem incluir recursos financeiros suficientes.

- A limpeza, forma de conservação curativa, deve ser realizada, se for o caso, com a maior cautela e cuidado.

- Idealmente, todas as coleções de geologia devem ter seus próprios curadores especializados e sempre que possível, um conservador geológico treinado e experiente também.

- Toda coleção de geologia deve ter uma Avaliação Curatorial e de Conservação, cobrindo sua importância histórica e científica, suas necessidades curatoriais e de conservação, e identificando qualquer material vulnerável.

- As práticas de conservação preventiva garantem que os espécimes sejam armazenados e tratados corretamente. As amostras podem se deteriorar

se não forem armazenadas em condições adequadas e o controle do ambiente de armazenamento é crucial.

- A replicação, o processo de fazer uma cópia de uma amostra, pode ser vista como um o método de conservação preventivo como a réplica pode ser estudada se o original for muito frágil ou muito raro para um estudo contínuo ou utilização para aulas e palestras, bem como ações itinerantes. As réplicas permitem o acesso aos espécimes quando o material original é limitado, inexistente, frágil ou muito raro/valioso..

- "Preparação" é "a modificação física dos espécimes com a finalidade de realizar o máximo uso potencial para exibição e educação dos materiais". Em algumas categorias de material - particularmente minerais - continua sendo um assunto controverso, e a preparação deve ser realizada somente por pessoas com qualificações e experiência apropriadas e sob a supervisão próxima de um especialista no material em questão. Exemplo de preparação: cobertura do mineral halita com resina para conservação.

- A preparação geralmente deve ser feita apenas para revelar espécies, características ou outras informações obscuras. Detalhes completos do tratamento devem ser registrados no arquivo de histórico do espécime, mas material de valor histórico significativo não deve ser "preparado".

- Deve ser mantido um registro sistemático e consistente de todas as observações sobre um objeto, bem como detalhes de toda a limpeza investigativa e tratamento de conservação corretivo, incluindo todos os dados científicos. Um registro de todo o trabalho realizado em um espécime deve ser mantido em seu Arquivo Histórico.

- Todos os espécimes temporariamente transferidos para novos locais, seja para os fins de conservação ou exposição, devem receber as mesmas ou melhores condições de atendimento do que os alojados no depósito geológico. Essas condições se aplicam ao meio ambiente, manuseio, embalagem, transporte e segurança.

- Aconselhamento - O Grupo de Curadores Geológicos ou o museu central local devem ser capazes de aconselhar museus menores sobre equipes

especializadas locais ou consultores que podem realizar inspeções ou fornecer conselhos.

2. Padrões para proteção contra danos físicos

- As amostras devem ser protegidas de choques físicos e vibrações.
- As amostras devem ser mantidas separadas umas das outras para evitar abrasão e contaminação.
- Todas as amostras devem, em todos os momentos, receber suporte físico adequado e mínimo de estresse.
- Os materiais de embalagem e suporte devem ser adequados e de bom grau de conservação e também não devem afetar o espécime de forma alguma.
- O manuseio e o movimento das amostras devem ser efetuadas de forma mínima; o material geológico é frágil e sujeito a ser arranhado e marcado
- Equipamentos adequados e espaço adequado devem estar disponíveis para o movimento seguro de espécimes. Luvas devem ser usadas quando apropriado.
- Funcionários, pesquisadores e voluntários devem ser treinados no manuseio e movimentação de espécimes e devem estar cientes dos riscos e perigos potenciais, tanto para os espécimes quanto para eles próprios.
- Procedimentos adequados para evitar danos acidentais devem ser configurados e seguidos.
- Procedimentos defeituosos e situações de alto risco podem ser encontrados em pequenas e grandes instituições. Cada museu deve reexaminar periodicamente os procedimentos, eliminar o manuseio incompetente e as atividades perigosas e introduzir programas de treinamento para todas as categorias de pessoal envolvido.

- Deve-se tentar proteger uma amostra ao mesmo tempo que se permita que ela seja facilmente acessível. Deve ser possível realizar um exame inicial de uma amostra sem removê-la completamente de sua embalagem ou manipulá-la diretamente.
- As amostras devem, sempre que possível, ser armazenadas individualmente para que não haja risco de abrasão. Os recipientes de amostra devem ser construídos com materiais de grau de conservação por exemplo, com uma tampa / topo bem vedado se para que conserve o microclima necessário. O tamanho e a espessura dos recipientes devem ser adequados ao tamanho e peso da amostra. Sempre que possível, os recipientes devem ter tampas.
- Todos os recipientes de amostra devem ser claramente rotulados para que seu conteúdo possa ser identificado sem descompactar.
- Dentro de suas caixas, os espécimes normalmente não devem ser embrulhados. Caso estejam embrulhados, precisam de proteção adicional (e os minerais em particular são geralmente mais seguros sem isso), as amostras podem ser colocadas em 'ninhos' de papel absorvente.
- Os recipientes individuais dentro de uma gaveta ou caixa devem ser embalados para evitar de deslizar.
- Para facilitar o manuseio e armazenamento, espécimes grandes e pesados devem ser marcados com seu peso e estar em paletes que devem ser maiores do que a amostra para fornecer proteção contra choques. Sempre que possível, a amostra deve ser amarrada ao palete e pode ser separada por um separador de polietileno inerte. A madeira de que são feitas as paletes deve ser verificada quanto a emissões prejudiciais e quanto à presença de caruncho e podridão seca; paletes de plástico são mais seguros. As amostras devem preferencialmente ser cobertas com camadas de polipropileno fiado (por exemplo, Tyvec). As amostras devem ser movidas em carrinhos com pneus pneumáticos.

- As estantes devem ser fortes o suficiente e mais largas do que as caixas ou espécimes que irão armazenar. Se as caixas ficarem salientes, podem ser facilmente derrubadas. Empilhamento de caixas ou bandejas devem ser evitadas. Objetos mais pesados devem ser colocados nas prateleiras inferiores para reduzir o risco de danos ou ferimentos ao removê-los.
- No caso de estantes deslizantes, estas devem ser operadas com cuidado, pois um solavanco repentino ao parar pode causar danos aos objetos.
- Gavetas devem deslizar perfeitamente para não danificar objetos quebradiços; As gavetas devem ser verificadas regularmente como parte da manutenção de coleção de rotina,
- Os museus com espécimes pesados devem garantir que a carga do piso seja adequada. O carregamento de pontos pode, em alguns casos, exceder os limites recomendados.

3. Movendo itens dentro do museu

- Equipamentos de elevação e movimentação devem ser fornecidos para garantir que as pessoas não levistem ou movam qualquer carga que possa causar ferimentos.
- Os corredores devem ser mantidos desobstruídos o tempo todo.
- As amostras devem sempre ser movidas dentro de seus recipientes ou paletes.
- Antes de um espécime ser movido, a rota deve ser preparada e uma área livre preparada para recebê-lo.

- A condição das amostras deve ser verificada e registrada antes e depois do mover.
- É essencial proteger as amostras contra choques e vibrações em todos os estágios. Embalagem adicional pode ser necessária para garantir materiais macios e flexíveis imediatamente ao lado das amostras, como um amortecedor contra choque físico e vibração, dentro de um invólucro rígido externo. As amostras não devem balançar dentro da embalagem.
- Caixas e engradados em veículos devem ser protegidos para que não se movam ou deslizem. Os motoristas devem estar cientes de que estão carregando uma carga frágil e devem dirigir de acordo.
- O museu deve definir a quantidade de manuseio permitida para cada espécime, levando em consideração sua fragilidade, raridade, valor científico, estético, educacional e o risco potencial de danos. Em todos os casos, o museu precisará equilibrar o uso razoável e a preservação. As condições das amostras devem ser verificadas e registradas antes e depois do manuseio.
- A equipe deve sempre manusear as amostras com cuidado e garantir que estejam totalmente apoiados sempre que estiverem sendo movidos.
- As amostras devem ser sempre manuseadas sobre uma superfície macia, de modo que se a amostra cair, o risco de danos será reduzido.
- Fitas adesivas ou plásticas não devem estar em contato direto com as amostras; elas mancham e destacam as superfícies. As amostras devem ser embaladas com polietileno expandido ou plástico bolha.
- Artefatos usados para estudar ou registrar espécimes, ou usadas pelo manipulador, por exemplo, joias, relógios, tesouras, canetas, luzes, câmeras ou tampas de lentes podem danificar as amostras. Deve-se tomar cuidado para evitar danos físicos causados por esses itens.

- Os museus devem estabelecer um procedimento para lidar com as quebras. Quando uma amostra é descartada, o maior número possível de peças deve ser recolhido antes de varrer.
- A segurança física ou integridade de um espécime não deve ser sacrificada por um efeito dramático do design.
- Os espécimes e suas montagens devem ser protegidos de vibrações, causadas, por exemplo, quando as pessoas andam pelo chão ou batem na caixa. Amostras em prateleiras de vidro podem 'andar' se a prateleira vibrar.
- As amostras não devem ser permitidas nas áreas de exposição durante os preparativos, como carpintaria, trabalho elétrico e pintura quando estão em andamento.
- Procedimentos perigosos e descuidados de limpeza e de limpeza do pó sobre e ao redor dos espécimes em exposição podem levar a danos físicos. O pessoal de limpeza deve receber treinamento regular.

4. Padrões para edifícios e meio ambiente

- Todas as áreas de coleta e armazenamento devem ser mantidas limpas e arrumadas, e um regime para limpeza regular instituída.
- Antes de equipamentos de controle ambiental (por exemplo, controle de umidade, aquecimento ou ar condicionado) for instalada, o ambiente da área a ser controlada deve ser monitorado. Uma pessoa devidamente qualificada e experiente deve avaliar as condições do edifício usando os dados resultantes. Idealmente, o monitoramento deve ser de pelo menos um ano e deve estar relacionado às condições climáticas externas durante o período.
- Um programa de manutenção regular de todo o monitoramento ambiental e equipamento de controle deve ser estabelecido. A manutenção deve estar ligada ao uso e não ao tempo desde o último serviço.

- Todos os agentes biologicamente ativos prejudiciais devem ser eliminados das coleções, áreas de armazenamento, edifícios e instalações.
- Um programa de monitoramento regular de coleções, edifícios e plantas para pragas, etc deve ser instituído.
- Todas as amostras recebidas e, especialmente, seus materiais de embalagem associados, devem ser inspecionados quanto à presença de agentes biologicamente ativos e colocados em quarentena antes de serem introduzidos nas áreas de armazenamento principal ou de exposição.
- As amostras não devem entrar em contato ou associação próxima com os materiais que emitem substâncias nocivas (gases, fumos ou outras formas de poluentes).
- Todas as áreas onde as amostras são armazenadas ou exibidas devem ser mantidas no escuro quando não estiver em uso por funcionários ou visitantes.
- Toda manutenção, monitoramento, limpeza, controle de pragas ou trabalhos relacionados devem ser realizadas, ou supervisionadas, por pessoal totalmente treinado e experiente.
- O museu deve ter uma política de saúde e segurança por escrito e deve fornecer um local de trabalho seguro para os funcionários, para que sua saúde não seja colocada em risco. Isso envolverá a garantia de que as instalações e as máquinas estejam seguras e que os funcionários saibam como operá-las com segurança. As matérias-primas e equipamentos precisam ser movidos e armazenados com segurança. Devem ser fornecidas informações, instruções, treinamento e supervisão adequados para garantir um trabalho seguro, por exemplo, treinamento em relação ao trabalho seguro e manuseio manual e conformidade com os regulamentos relevantes, por exemplo, o Controle de Substâncias Perigosas para a Saúde e o Relatório de Lesões, Doenças e Ocorrências Perigosas.

5. Orientações para limpeza e controle de pragas

- Novos trabalhos de construção, redecoração e limpeza de rotina podem introduzir contaminantes como poeira, vapores de solventes ou grandes quantidades de umidade que são prejudiciais às amostras. Devem ser tomadas medidas para remover a poeira e o excesso de umidade antes que as coleções sejam realojadas após os trabalhos de construção civil.
- Os níveis recomendados de umidade relativa e temperatura dentro de um edifício podem ser alcançado mais facilmente se o edifício for bem conservado e isolado. A estrutura deve ser estanque, com todas as fontes possíveis de umidade (cursos de humidade avariados ou inexistentes, canos com fugas, tanques de água, caleiras avariadas, telhas faltantes, etc.) identificadas e sanadas.
- Onde novos trabalhos de construção, como concretagem e gesso, introduzem umidade em um edifício, é necessário um período de tempo para secar. O período de tempo dependerá do teor de umidade dos materiais usados e da espessura com que foram aplicados. A secagem da superfície pode ser acelerada usando desumidificadores industriais de tamanho apropriado antes da introdução de amostras no espaço.
- Os materiais de construção e acabamento liberam ambas as partículas (por exemplo, serragem e concreto poeira) e vapores (por exemplo, amônia e água), especialmente durante e logo após a aplicação. As amostras devem ser protegidas contra esses efeitos.
- A poeira causa danos direta e indiretamente. Pode causar danos à superfície, por exemplo, arranhões; estimula o mofo e a corrosão ao atrair e reter a umidade; pode atuar como um catalisador para outras reações químicas, como desbotamento e corrosão.
- A poeira pode se originar de fontes internas e externas; boa arrumação e medidas preventivas simples podem ser usadas para reduzir a poeira ao mínimo. As janelas devem ser bem ajustadas e mantidas fechadas, e o piso

coberto ou vedado. Todos os espécimes devem ser encaixotados ou suas prateleiras protegidas por cortinas de poeira (evitando o uso de todos os materiais que acumulam carga estática e assim atraem poeira), e deve haver grandes capachos empilhados nas portas. Recomenda-se o uso de aspiradores com filtros ultrafinos.

- O Manejo Integrado de Pragas deve ser introduzido em todo o Museu para evitar problemas de pragas. Os pesticidas devem ser direcionados a problemas específicos, em vez de serem aplicados de maneira geral, e a ênfase deve ser no monitoramento constante, usando materiais de armazenamento 'não agressivos às pragas', educando a equipe e revisando os procedimentos para o material que entra no museu. Todo o material trazido para as coleções do museu deve ser colocado em quarentena.

O congelamento mata todas as pragas e seus ovos que infestam um espécime ou sua embalagem antes de entrar no museu. Os agentes biologicamente ativos incluem ratos, camundongos, pássaros, insetos, fungos, algas, bactérias, etc. Deve-se ter cuidado com os rótulos e materiais de embalagem que também podem ser suscetíveis ao ataque por agentes biologicamente ativos.

- Muitos tipos de itens de museu são afetados por gases, vapores orgânicos e outros compostos liberados por substâncias em contato com eles ou na proximidade deles. Os espécimes podem, portanto, ser vulneráveis a danos. As fontes dessas substâncias potencialmente prejudiciais incluem placas manufaturadas, fibras naturais como feltro de lã e seda, revestimentos retardadores de fogo, compostos de limpeza, tintas aplicadas recentemente, adesivos e algumas madeiras, especialmente carvalho. Muitas madeiras liberam ácido acético em pequenas quantidades, o que pode causar danos em um espaço fechado.

- Materiais de limpeza e materiais para uso na exibição e armazenamento das amostras devem ser testados para quaisquer possíveis efeitos prejudiciais.

- Concentrações de gases reativos como dióxido de enxofre, ozônio e óxido de nitrogênio podem aumentar a níveis elevados no ar da cidade, assim como os níveis de fumaça e poeira de construção. Esses gases causam

desbotamento e degradação de materiais orgânicos e deterioração de materiais inorgânicos, enquanto as partículas causam manchas e sujeira irremovíveis. Esses poluentes podem ser reduzidos no museu selando as janelas e portas e aplicando uma pressão positiva em áreas sensíveis e instalando ar-condicionado que incorpore filtros de ar. Recipientes de armazenamento bem fechados contribuem significativamente para a proteção contra poluentes externos. As fotocopiadoras são uma fonte de ozônio.

6. Padrões para proteção contra inundações

- Os riscos potenciais e possíveis fontes de inundação devem ser avaliados para cada display ou área de armazenamento. Essas informações devem ser usadas ao planejar novos monitores e áreas de armazenamento e para atualizar os planos de desastres.
- Tanto quanto possível, nenhuma tubulação ou tanques devem ser permitidos em novos edifícios em áreas onde as coleções são mantidas; todo esforço deve ser feito para excluir a tubulação de tais áreas em edifícios antigos. A drenagem adequada deve ser fornecida em edifícios onde existe a possibilidade de inundação e um reservatório deve ser construído para bombear a água.
- Cada objeto que pode ser levantado (se necessário em um palete, com equipamento de elevação), deve ser colocado pelo menos seis polegadas (125 mm) acima do chão. Os objetos devem ser mantidos longe das paredes.
- Precauções adequadas devem ser tomadas em museus sujeitos a inundações com uma presunção de que medidas serão tomadas para remover permanentemente a ameaça. As áreas de armazenamento não devem estar abaixo do nível do solo e o plano de desastre deve incluir a remoção das coleções em caso de inundação se necessário.
- O cumprimento dos regulamentos e recomendações de construção relevantes, especialmente em edifícios antigos, pode dificultar a total exclusão de tubulações. Todos os esforços devem ser feitos, em discussão com o consultor técnico apropriado, para encontrar uma solução de compromisso satisfatória. Em áreas onde objetos podem ser levantados do chão, uma solução pode ser executar as tubulações no nível do chão e não no nível do teto. Válvulas de corte automático devem ser instaladas, e detectores de vazamento são desejáveis. Se a tubulação estiver em um nível alto, as tampas das prateleiras e vitrines adjacentes devem ser protegidas com chapas de polietileno. Caixas impermeáveis, armários, etc., devem ser usados sempre que possível. O perigo de vazamentos de umidificadores e desumidificadores deve ser considerado.

- Deve ser providenciada uma drenagem adequada para lidar com as inundações; os drenos devem ter armadilhas anti-retorno.
- A possibilidade de instalar alarmes de detecção de inundação deve ser considerada especialmente em áreas de armazenamento com tubulações e em situações subterrâneas.
- A Caixa de Desastres do museu deve conter equipamentos para lidar com inundações, incluindo materiais ("almofadas absorventes" ou "super slurper") que absorvem umidade em grandes quantidades.
- O perigo de danos causados por água como resultado de incêndios deve ser considerado nos planos de desastres e deve ser discutido regularmente com o Corpo de Bombeiros.
- Todo o pessoal e voluntários devem receber treinamento regular em prevenção e resposta a enchentes.

7. Padrões para planejamento de desastres

- O museu deve elaborar um Plano de Desastres apropriado para minimizar os riscos e para a proteção e resgate das coleções em caso de incêndio, inundação ou outra catástrofe.
- O plano deve incluir uma gama de opções sobre como o museu deve se recuperar após um desastre.
- Todos os funcionários e voluntários do museu devem receber treinamento regular sobre como responder a desastres, de preferência anualmente. A evacuação dos edifícios para o pessoal e o público deve ser praticada pelo menos duas vezes por ano.
- É essencial que o Plano de Desastres seja elaborado em estreita cooperação com os serviços públicos de emergência, especialmente o Serviço de Bombeiros, e que seja revisto regularmente com eles.
- O Plano de Desastres é um documento escrito que estabelece os procedimentos a serem seguidos em caso de emergência. Seu conteúdo geral será conhecido por todo o pessoal e voluntários, através de discussões prévias e através de sessões regulares de treinamento e exercícios de emergência. Seus detalhes fornecerão uma lista de memórias, lista de recursos e números de telefone para aqueles que se encontrarem sob controle. Uma vez escrita, ela requer revisão contínua para garantir que permaneça relevante e atual.

O plano deve incluir:

- identificação dos espécimes cientificamente mais importantes, notadamente qualquer tipo de espécime, e provisão para seu resgate prioritário;
- responsabilidades do pessoal, método de despertar o alarme e comunicação a outros;
- números de telefone de emergência, incluindo números de casa do pessoal;
- um plano confidencial regularmente atualizado do(s) edifício(s) mostrando serviços perigosos, etc. Uma cópia separada disto deve estar disponível para os bombeiros na chegada;
- prioridades na mitigação de danos à coleta;
- fontes de conhecimentos relevantes, incluindo conservadores e pessoal de museus próximos, arquivos, etc., conforme acordado de antemão;
- lista e localização de materiais e equipamentos (cada museu deve ter uma "caixa de desastres" contendo esfregões, baldes, panos, macacões, etc.);
- lista de fornecedores de serviços;
- medidas de segurança para as coleções se as instalações forem danificadas, por exemplo, armazenamento seguro pré-arranjado;
- medidas de primeiros socorros para as coletas danificadas, por tipo de material, elaboradas em consulta com os conservadores.
- detalhes de uma série de opções para o funcionamento do museu após um desastre.
- Um registro completo da coleção e sua disposição dentro da loja e em exposição deve estar disponível a alguma distância da própria coleção, e um duplicado deve ser mantido em outro edifício.
- Livros e papéis são salvos rotineiramente após desastres por empresas que congelam os itens molhados e depois os secam por congelamento para remover o gelo.
- Em cada museu, o plano de resposta a desastres deve ser apenas parte de uma política mais ampla de proteção e resgate das pessoas e das coleções.
- O pessoal deve receber treinamento regular em resposta a desastres e deve praticar regularmente sua resposta. Os conservadores externos que possam ser trazidos para ajudar no caso de um desastre devem ser regularmente informados.
- O ideal seria que o museu pudesse contar com o apoio de um esquadrão de desastres local/regional.

8. Padrões e check list de limpeza de minerais.

Limpeza e processamento

Métodos químicos e mecânicos para limpeza e preparação de amostras minerais geralmente não são recomendados.

De extrema importância é a preservação de conjuntos originais instáveis, frágeis ou delicados (por exemplo, produtos de intemperismo secundários, como manchas de ferro ou minerais incrustantes minúsculos que podem ser solúveis em água ou facilmente removíveis) e é considerado antiético, intencionalmente, limpar um espécime de forma a removê-los. A limpeza de amostras minerais usando preparações à base de solventes orgânicas ou aquosas deve ser realizada somente quando a ação do solvente no mineral for conhecida, permanecendo então inalteradas.

Um grande número de minerais pode sofrer danos durante a limpeza, portanto, pesquisadores, curadores, preparadores e conservadores devem se familiarizar com os dados publicados atualizados sobre eles.

Em geral, os minerais que se formaram em ambientes superficiais aquosos ou próximos à superfície também são os mais solúveis e mais sensíveis à alteração por hidratação ou desidratação.

Tanto os minerais hidratados quanto aqueles que contêm moléculas de água ligadas fracamente, podem se deteriorar rapidamente, se tornando inúteis para a mostra ou armazenamento. A vedação em recipientes para reter ou excluir umidade é muitas vezes apenas parcial ou temporariamente bem-sucedida, porque a fase de estabilidade está fora das condições que podem ser realizadas no museu normalmente.

Os seguintes grupos são vulneráveis à lavagem com água:

Sulfatos. A maioria dos sulfatos simples de sódio, potássio, magnésio, zinco, cobre, alumínio, ferro e manganês. Estes são solúveis e sujeitos a mudanças no estado de hidratação.

Carbonatos. Os de sódio e potássio são os mais vulneráveis.

Nitratos. Um grupo pequeno, vulnerável às mudanças de hidratação e também solúvel.

Boratos. A maioria se altera (desidrata) para formas químicas mais simples que desintegram totalmente os espécimes.

Fosfatos e grupos relacionados. Alguns são vulneráveis, incluindo os raros fosfatos ácidos e alcalinos e os grupos de urânio.

Halitas. Os cloretos, especialmente, são suscetíveis a alterações deliquescentes e são altamente solúveis.

Silicatos. Algumas zeólitas e silicatos semelhantes são sujeitos a alterações de desidratação. A maioria das zeólitas tem um conteúdo de água variável, mas isso raramente é problemático.

Outra forma comum de deterioração é aquela sofrida pela pirita e sulfetos de ferro e cobre semelhantes. Felizmente, os espécimes minerais com tamanho grosseiro de grãos não são tão vulneráveis ou atacados tão rapidamente quanto os espécimes fósseis. Outra forma de alteração que afeta muitos minerais de cobre do sulfeto e grupos relacionados é a formação de um pó ou crosta superficial de covellina (ou covelita), semelhante à fuligem. A razão para isso não é totalmente conhecida, mas nenhum grande dano é causado, exceto na aparência dos espécimes.

9. Controle ambiental

Um grande número de materiais geológicos é sensível a certos componentes do ambiente, a saber:

- A. Umidade relativa
- B. Temperatura
- C. Poluentes atmosféricos
- D. Luz
- E. Vibração

A. Variação da umidade relativa

Os constituintes minerais do material geológico podem ser suscetíveis a mudanças químicas ou físicas nas quais a umidade relativa do ar desempenha um papel importante, em dois tipos de reação:

- a) Oxidação / corrosão (desde o embaçamento da superfície do produto de oxidação simples até a corrosão mais extensa e complexa de amostras envolvendo reagentes ácidos derivados da atmosfera ou de produtos de degradação mineral)
- b) Hidratação / desidratação (resultando em mudanças dimensionais destrutivas e incluindo eflorescência, deliquescência e hidrólise)

A corrosão de metais nativos, como prata, cobre, antimônio, etc., ou de ferro metálico em alguns meteoritos é provocada por uma combinação de fatores, o

principal deles é a alta umidade relativa. A extensão da corrosão varia do embaçamento da superfície a corrosão grave: a última pode ser provocada pela presença de sais higroscópicos em contato íntimo com o metal em questão ou por armazenamento em ar contaminado contendo traços de ácido, isto é, vapores ácidos. Portanto, o material ácido nunca deve ser usado na limpeza de metais nativos.

A oxidação de muitos sulfetos comuns e de arsenatos e sulfosais mais raros ocorrerá prontamente em umidade relativa alta ou flutuante. O caso de deterioração reativa da pirita tem recebido muita atenção ultimamente e os mecanismos envolvidos na oxidação deste mineral, juntamente com outros sulfetos como calcopirita, pirrotita, esfalerita e calcocita, são descritos na literatura e já foram objetos de seminários internacionais em conservação de coleções mineralógicas. No Museu de Ciências da Terra já foi desenvolvida uma pesquisa de oxidação de pirita por um estagiário de Museologia, como trabalho de disciplina.

A alteração da pirita se manifesta pela perda do brilho da superfície, pulverização da superfície com o desenvolvimento de cristais brancos ou amarelos e a presença de um cheiro sulfuroso. Eventualmente, o papel abaixo dos espécimes fica marrom e se esfarela, enquanto o próprio espécime se desintegra comumente da base. A prevenção da oxidação do sulfeto é alcançada globalmente pelo armazenamento do material a baixa umidade. Vitrinas maiores ou reservas técnicas devem ter a umidade relativa controlada por climatizadores, sempre em torno de 30%. Vale ressaltar que, dependendo do espaço e dos recursos financeiros disponíveis, a taxa de umidade relativa ideal deve ser encontrada pelo curador levando em conta todos os materiais sensíveis a ela e as taxas de que necessitam. Para os sulfetos em geral, as taxas devem estar em torno de 30%, mas se houver material que necessite de um pouco mais de umidade, o curador deve avaliar. De acordo com a literatura especializada, o armazenamento de tipos reativos em umidades relativas de 50% ou menos parece satisfatório por períodos de vários anos, enquanto curtos períodos de armazenamento a 60% ou mais resultam em rápida deterioração.

Vários minerais e substâncias fossilizadas são higroscópicos e dimensionalmente instáveis. Exemplos bem conhecidos incluem sub-fósseis de marfim e esmalte, alguns xistos, certos minerais de argila, como a montmorilonita e o silicato de crisocola. O inchaço e o encolhimento alternados de argilas e folhelhos contendo espécimes fósseis frágeis podem acontecer e apontar para a deterioração e perda considerável, e em minerais higroscópicos, como ossos e alguns fósseis de plantas com alto teor de linhita, ocorrerão rachaduras, encolhimento, distorções e fragmentação das superfícies quando expostas a baixas umidades relativas. Alguns trabalhos sobre os limites de umidade relativa para tal material chegam a um consenso de que a umidade

relativa do ar para o armazenamento de materiais de ricos orgânicos não deve ser abaixo de 40%. Os folhelhos sofrem delaminação em ambientes muito secos. Isso ocorre devido à desidratação e conseqüente encolhimento dos argilominerais que compõem o folhelho. As estruturas cristalinas de alguns argilominerais expandem e/ou contraem de acordo com o conteúdo de água na amostra. Entretanto, existe um ponto crítico (cerca de 35% de umidade relativa), abaixo do qual os argilominerais perderão a capacidade de expandir/contrair devido à perda de água adsorvida

Materiais de exposições costeiras podem desenvolver cristais de sal de superfície quando em umidade relativa flutuante. Estes podem ser lavados com água desionizada, se o material forem particularmente frágeis.

Há um grande número de minerais hidratados, comumente haletos, que sofrem mudanças constitucionais quando expostos a variação de umidade relativa. Vários minerais solúveis em água tendem a absorver umidade ou deliquescer onde os níveis de umidade relativa estão em uma pressão de vapor de água mais alta do que aquela exercida por uma solução do mineral particular. Assim, minerais como halita e melanterita se dissolvem muito rapidamente se não forem controlados para condições de umidade muito alta.

A eflorescência ocorre através da perda de água de um mineral hidratado causada pela diminuição da umidade relativa para um nível abaixo de sua pressão de vapor de água de equilíbrio. Essas mudanças podem causar decomposição e mudanças na estrutura cristalina do mineral. A hidrólise, que ocorre raramente, é uma reação química entre a água mineral e atmosférica com a formação de novos produtos, certos halogenetos e sulfatos, gases ácidos podem ser liberados durante a hidrólise e podem ser prejudiciais aos minerais armazenados nas proximidades.

B. Variação de temperatura

A temperatura de qualquer ambiente está intimamente associada à sua umidade relativa. Dentro do museu, é improvável que as variações de temperatura por si só causem qualquer mudança físico-química importante no material geológico. Alguns minerais, como a fluorita ou o enxofre nativo, são sensíveis em virtude de sua baixa condutividade e estão sujeitos a rachaduras ao longo das clivagens. À medida que a taxa de reação química aumenta com o aumento da temperatura, ocorre a oxidação mineral, eflorescência, deliquescência etc., que irão progredir mais rapidamente em ambientes quentes.

C. Poluentes atmosféricos

Atmosferas urbanas não tratadas contêm dióxido de enxofre, monóxido de carbono, amônia e vestígios de ácidos minerais. Embora alguns deles tenham

causado danos consideráveis às superfícies externas, não houve relatos de danos causados a espécimes geológicos armazenados em ambientes fechados. Como precaução, os minerais sensíveis ao vapor de ácido devem ser protegidos do ar não tratado. Os efeitos de outro poluente, a poeira suspensa no ar, entretanto, são consideráveis. Primeiro, a poeira afeta a aparência e o valor de uma amostra, talvez de forma irrecuperável. Em segundo lugar, os vários métodos empregados para remover a poeira podem ser prejudiciais tanto por sua própria natureza (por exemplo, ultrassom) ou por sua operação descuidada (por exemplo, escovas de náilon).

Um problema atmosférico específico em museus diz respeito aos vapores de ácido orgânico que podem emanar da madeira ou dos adesivos usados na construção de gabinetes. Eles podem ter efeitos prejudiciais sobre minerais. Os problemas mais sérios surgem com o carvalho (e talvez a folha de bétula), onde tanto a madeira fresca quanto a envelhecida desenvolvem lentamente vapor ácido. Altas temperaturas e umidade relativa aceleram a hidrólise da hemicelulose na madeira em ácido acético que pode atacar fósseis calcários, minerais, metais etc.

Em circunstâncias severas, vapores ácidos, em condições de alta umidade relativa, podem causar deterioração em espécimes calcários com o desenvolvimento de finos cristais brancos de um mineral semelhante à calcacita, nas superfícies das amostras. Os vapores de formaldeído, que irritam os olhos de algumas pessoas, mesmo em concentrações muito baixas, podem ser liberados das colas de ureia usadas em alguns painéis de aglomerado, blocos de madeira etc., embora uma boa ventilação deva eliminar o problema.

Caixas e gabinetes adequadamente construídos com madeira segura ou outros materiais podem fornecer proteção considerável contra poeira e amortecer mudanças externas na umidade relativa.

D. Luz

São conhecidos cerca de noventa minerais que são alterados ou decompostos pela ação da luz. Muitos deles são sulfetos, haletos e cromatos que sofrem deterioração devido aos efeitos combinados da luz e do oxigênio.

Existem várias categorias de danos: avaria física, por exemplo realgar; perda de cor permanente, por ex. proustita; perda temporária de cor, por ex. alguma nefelina. Algumas dessas mudanças podem ocorrer mesmo em níveis muito baixos de luz e proteção total é aconselhável. Minerais sensíveis à luz não devem ser exibidos.

E. Vibração

Todas as amostras são suscetíveis a danos por choque inadvertido ou exposição sustentada a vibrações. Na medida em que a vibração pode ser considerada um produto do meio ambiente, ou do tráfego rodoviário ou ferroviário, maquinário, etc., os problemas são leves e apenas os espécimes mais frágeis estão em risco. A exacerbação desses problemas ocorre quando os armários de armazenamento de metal são usados em locais onde alguma ressonância se desenvolve prontamente. Esses problemas podem ser resolvidos construindo unidades de armazenamento de madeira e usando enchimento de celulose, espuma de poliuretano de presa rápida (para armazenamento relativamente curto), gesso, poliestireno expandido esculpido, e suportes de madeira ou metal para amostras individuais.

10. Radioatividade

Os átomos de urânio se decompõem espontaneamente para formar uma série de produtos "filhos" mais leves, que também se decompõem, formando átomos de chumbo não radioativo. Essas etapas de decomposição envolvem a emissão de partículas alfa e beta, que são pequenos fragmentos do núcleo, e raios gama - como os raios X, mas mais penetrantes. Estas emissões constituem radiações ionizantes para as quais os níveis superiores de exposição, tanto para o pessoal como para o público, foram especificados pelos órgãos de saúde nacionais. A Comissão Nacional de Energia Nuclear, através da Norma CNEN – NN – 3.01 de 13/03/2014 (“Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica”) estabelece as diretrizes de proteção radiológica em todo o território nacional.

Se os níveis superiores de exposição ao pessoal forem excedidos, podem ser necessárias precauções especiais, incluindo a designação de uma área de radiação, ou sala de radioatividade protegida ou controlada, para armazenar material radioativo, e a necessidade de o curador tornar conhecida essa necessidade de sinalização aos trabalhadores da coleção.

A área de Radioproteção e Segurança Nuclear da CNEN visa a segurança dos trabalhadores que lidam com radiações ionizantes, da população em geral e do meio ambiente. Com esse objetivo, atua no licenciamento de instalações nucleares e radioativas; na fiscalização de atividades relacionadas à extração e à manipulação de matérias-primas e minerais de interesse para a área nuclear; no estabelecimento de normas e regulamentos; na fiscalização das condições de proteção radiológica de trabalhadores nas instalações nucleares e radioativas; no atendimento a solicitações de auxílio, denúncias e emergências envolvendo fontes de radiações ionizantes; no desenvolvimento de estudos e na prestação de serviços em metrologia das radiações ionizantes.

O controle do material nuclear existente no País é de responsabilidade da CNEN, a fim de garantir seu uso somente para fins pacíficos, sendo que o transporte, o tratamento e o armazenamento de rejeitos radioativos são regulamentados por normas técnicas e procedimentos de controle.

A CNEN estabelece certos níveis que são considerados limite em questão de quantidade de dose radioativa para diversos setores, os valores estão listados abaixo e estão em limites de dose anuais, onde o sievert (Sv) é a unidade usada para dar uma avaliação do impacto da radiação ionizante sobre os seres humanos:

Grandeza	Órgão	Indivíduo ocupacionalmente exposto	Indivíduo do público
Dose Efetiva	Corpo inteiro	20 mSv	1 mSv
Dose Equivalente	Cristalino	20 mSv	15 mSv
Dose Equivalente	Pele	500 mSv	50 mSv
Dose Equivalente	Mãos e pés	500 mSv	-

De um modo geral, cerca de meia dúzia de espécimes apresentam um risco insignificante, mas deve-se ater a procedimentos de sinalização adequada e um certo isolamento do pessoal de pesquisa, conservação e manuseio educativo para um número de espécimes radioativos significativos em coleção. Um curador responsável por exposições públicas ou coleções com numerosos ou grandes espécimes radioativos, especialmente de uraninita (pitchblenda) deve alertar trabalhadores e visitantes sobre os riscos potenciais.

Presumindo que os valores-limite de tolerância não sejam excedidos, as seguintes precauções devem ser tomadas para minimizar os riscos de amostras radioativas.

A. Armazenamento

O perigo das amostras radioativas armazenadas é em grande parte da radiação gama, uma vez que a radiação alfa é absorvida muito rapidamente e a radiação beta é absorvida de forma relativamente rápida. A 50 cm de distância, um espécime do tamanho de um punho pode ser considerado uma fonte pontual.

Se considerarmos a possibilidade de maximizar a distância entre as amostras e as pessoas, e minimizar o tempo de exposição à radioatividade, um local adequado de armazenamento deve ser fácil de localizar. O ideal seria uma sala desocupada com uma parede externa inacessível contra a qual a sala está localizada. Além disso, deve haver pouca ou nenhuma razão para visitar a sala, exceto para examinar as amostras. As instalações para exame, digamos uma bancada, devem ser mantidas a uma distância razoável do depósito real. Avisos de material radioativo devem ser fixados nas estruturas de

armazenamento e na porta de entrada e pode ser necessário ter uma fechadura na porta de entrada e nas gavetas de armazenamento.

Para a sala de radioatividade controlada deve ser executado um monitoramento de radiação constante (a periodicidade deve ser estabelecida por autoridades competentes, como mineralogistas ou pessoas especializadas em radiação – no caso do Brasil a CNEN)

É possível a utilização de caixas de chumbo para a armazenagem, caso as amostras sejam muito grandes ou em grande quantidade, a fim de diminuir ou até eliminar o perigo de contaminação. Lembrar que no interior dessas caixas podem se acumular gases, sendo o gás radônio o mais prejudicial, e por isso devem ser abertas em local arejado, longe dos outros minerais. A pessoa que estiver manipulando as amostras deve utilizar máscaras para não inalar o gás contido no interior das caixas.

Geralmente, na maioria dos casos de armazenamento de minerais e rochas radioativas, as medidas simples de armazenamento e monitoramento serão suficientemente eficazes para tornar desnecessário o uso de blindagem de chumbo.

B. Exibição

O alcance e o tamanho dos espécimes que podem ser exibidos em uma típica vitrine de mesa rasa (digamos, 20 cm de profundidade) são muito restritos, porque mesmo um pequeno número de minerais de urânio "secundários" comuns frequentemente excederá o nível de baixa radioatividade especificado para o público. Um medidor preciso é necessário para determinar os níveis exatos de radioatividade.

Se o curador tiver alguma dúvida, medidas adequadas devem ser feitas. Para exibir amostras fortemente radioativas, métodos especiais devem ser usados. Uma técnica eficaz usando uma parede de chumbo de espessura graduada para proteger os espécimes e um espelho inclinado para visualizá-los foi desenvolvida (Hicks 1982 apud Stanley 2004.). Os displays públicos envolvendo radiações ionizantes devem ser devidamente rotulados, tanto no que diz respeito ao seu conteúdo quanto à conformidade com os requisitos de segurança.

Um problema potencial tanto com os monitores quanto com o armazenamento é o perigo do acúmulo de radônio. O radônio é um gás radioativo que se decompõe rapidamente (meia-vida de 3,8 dias), mas seus produtos derivados de vida mais longa também são perigosos, caso se acumulem. Eles causam irradiação interna quando inalados, e são a principal causa da incidência de câncer de pulmão em não fumantes. O procedimento mais simples é permitir ventilação adequada de modo que o radônio não se acumule.

C. Manuseio

Os perigos envolvidos durante o manuseio de minerais radioativos são: irradiação externa e irradiação interna. A irradiação externa é por radiação beta e gama (as partículas alfa são absorvidas sem causar danos na camada externa da pele). Isso pode ser minimizado mantendo a duração do manuseio da amostra o mais curta possível. O estudo de Dixon 1983 apud Stanley 2004 assumiu que a duração do manuseio das amostras significativamente radioativas não ultrapassava uma hora por ano, mas os limites máximos foram especificados e os procedimentos adequados seguidos para níveis mais elevados de contato.

A irradiação interna surge da inalação de radônio (embora isso não seja normalmente considerado perigoso no nível de exposição em questão).

Um perigo mais provável é a inalação e ingestão de partículas. A inalação segue a produção de poeira no ar, tanto pela abrasão da amostra durante o manuseio, quanto pela perturbação (ressuspensão) das partículas de poeira nas bandejas e gavetas. A ingestão ocorre pela transferência direta de partículas dos dedos para o rosto e, presumivelmente, indiretamente por meio de superfícies e objetos contaminados. O mesmo estudo anterior indicou ser um risco muito pequeno. Ações simples podem ser efetivas, como minimizar o manuseio, ou o uso de luvas descartáveis de borracha ou plástico laváveis se o manuseio for excessivo, especialmente se estiver manuseando amostras em pó. É necessário que se lave bem as mãos depois do manuseio (se possível, antes de tocar em qualquer outra coisa). E deve-se evitar respirar em gavetas recém-abertas ou onde a perturbação das amostras produziu poeira no ar, usando uma máscara facial se a poeira for excessiva. Não se deve comer, beber ou fumar próximo a esses minerais e também não manuseá-los se a pele estiver machucada ou fissurada, mesmo com a utilização de luvas.

As amostras são geralmente mantidas em bandejas rasas abertas, este é provavelmente o melhor método, mas sacos ou recipientes podem ser usados se o propósito justificar. Se, por qualquer motivo, as amostras forem removidas das proximidades do armazenamento, pequenas etiquetas de advertência de radiação devem ser afixadas aos recipientes.

A experiência com minerais de urânio em grandes coleções tornou possível listar amplamente uma ordem de radioatividade para as numerosas espécies minerais. Esta lista é apenas uma orientação, pois a experiência mostrou inúmeras exceções. Como seria de se esperar, para qualquer espécie, quanto maiores os espécimes, maior a radioatividade.

C.1. Lista de verificação de minerais radioativos - em ordem decrescente de radioatividade

1. Uraninita e suas variedades - (a pitchblenda é a mais comum). Como este mineral geralmente contém mais de 80% de urânio, ele é fortemente radioativo. As amostras devem ser tratadas com o devido cuidado.

2. Produtos de alteração da uraninita, como a gummita. Estas são crostas e cascas em núcleos de uraninita. Eles são brilhantemente coloridas de laranja avermelhado e amarelo e são sensivelmente pesados pois possuem núcleos de uraninita. Essas amostras são ligeiramente menos radioativas do que a uraninita pura, mas merecem o mesmo cuidado. Além disso, as superfícies de alteração costumam ser pulverulentas.

3. Óxidos de urânio. Esses minerais não são muito comuns e são fortemente radioativos e comumente ocorrem como crostas e camadas no substrato de uraninita. Muitos deles vêm de localidades estrangeiras, como o Zaire (Congo). Devem ser tratados como uraninita.

4. Minerais de urânio secundários. Eles tendem a conter menos urânio e não tendem a ocorrer em substratos de uraninita. Se forem grandes ou massivos no hábito, eles ainda podem ser fortemente radioativos. Pequenos espécimes e aqueles em que o real mineral é um constituinte menor não são tão perigosos. Esses minerais compreendem os fosfatos, arsenatos e vanadatos comuns, juntamente com carbonatos, sulfatos e silicatos.

11. Perigos de toxicidade

A. Química

Os efeitos tóxicos são devidos a vários fatores, tais como: Composição química: Muitos minerais contêm elementos tóxicos conhecidos, como os metais pesados. Pós finos podem ser facilmente transferidos e engolidos, e minerais solúveis são prontamente absorvidos no estômago. Qualquer mineral que seja solúvel em água (ou fluido do estômago) é mais perigoso do que um tipo não solúvel, por exemplo. Algumas variáveis devem ser consideradas em se tratando de toxicidade de minerais, a saber:

- a) Fatores fisiológicos: a suscetibilidade de uma pessoa a um determinado veneno é afetada por seu peso, idade, saúde e sensibilidade (o que não é facilmente previsível).
- b) A dose consumida: Este é o único fator controlável e todas as precauções visam prevenir a ingestão de substâncias tóxicas.

A segurança é tanto uma atitude quanto uma atividade. Se todos os minerais são considerados compostos químicos desconhecidos, o grau apropriado de cuidado no manuseio deve ser automático. Se um mineral é conhecido como um veneno forte, como os óxidos de arsênio, deve ser feito o protocolo de

utilização de luvas de borracha; normalmente, no entanto, o manuseio cuidadoso seguido de lavagem é suficiente. Todos os minerais devem ser tratados com cautela, mas ainda mais se tiverem superfícies finamente divididas ou pulverulentas, parecerem ou forem pegajosos ao toque (uma situação que raramente ocorre em boas condições de armazenamento, mas, no entanto, pode se desenvolver através da decomposição). Protocolos seguros consistem em não deixar as amostras espalhadas onde outras pessoas possam tocá-las e usar rótulos de advertência para minerais tóxicos conhecidos. Lamber minerais como uma ajuda para a identificação é uma prática comum em aulas de mineralogia, porém totalmente desaconselhável, especialmente porque algumas substâncias exóticas e altamente tóxicas podem aparecer ao longo do tempo de armazenagem.

B. Minerais tóxicos conhecidos ou suspeitos

Minerais contendo os seguintes produtos químicos:

Antimônio - nativo e combinado como sulfetos e antimonatos.

Arsênico - nativo e sulfetos, realgar e ouro pigmento; como óxidos, claudetita (As_2O_3) e arsenolita (As_4O_6) - altamente tóxico; e quimicamente combinados em vários minerais arseniatos.

Minerais de arsênio ou tálio devem ser manuseados com luvas apropriadas (látex ou neoprene). Um check list deve ser seguido em se tratando desses tipos de minerais.

- a. É recomendável usar luvas todas as vezes nas quais haja manuseio de qualquer tipo de mineral tóxico e lavar as mãos imediatamente após o contato, mesmo se tiver utilizado luvas;
- b. Não utilizar ácidos em minerais com arsênio em sua composição, devido ao risco de liberação de arsina (AsH_3). Exposições a doses menores do que 10 ppm (partes por milhão) podem ser fatais;
- c. As estantes, gavetas ou recipientes que contenham esses minerais tóxicos devem estar devidamente etiquetadas com um aviso do potencial de toxicidade do mineral;
- d. Não permitir o manuseio desses minerais sem supervisão de um responsável e nem deixá-los ao alcance de crianças;
- e. Todos os processos mecânicos (corte, moagem, trituração, serragem, limpeza e polimento) devem ser executados em uma capela, por profissionais treinados;
- f. Nunca deixar as amostras espalhadas em locais onde pessoas alheias ao trabalho tenham acesso e possam manuseá-las sem ciência do perigo que causam;

- g. Nunca utilizar o paladar como forma de identificação de minerais, não importando o quão seguro se está acerca de sua composição. As vias digestivas são as mais eficientes em espalhar toxicidade pelo corpo.

Bário – witherita (BaCO_3), nitrobarita ($\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$) e frankdicksonita (BaF_2) são raros, mas solúveis e tóxicos.

Bismuto - nativo e combinado.

Boro - todos os minerais de boro devem ser tratados com cuidado, pois geralmente são solúveis.

Cobre - contém vários minerais muito solúveis conhecidos por serem tóxicos.

Flúor - qualquer mineral de flúor que possa se dissociar no estômago será altamente tóxico.

Chumbo - um grande grupo de minerais, os membros solúveis mais perigosos incluindo os arsenatos, carbonatos, cloretos, óxidos, fosfatos e sulfatos. Galena (sulfeto de chumbo) não é normalmente considerada perigosa.

Mercúrio - nativo (também seu vapor) e seus minerais de sulfeto.

Oxalatos - um grupo raro de minerais.

Selênio - nativo e o óxido de selênio são tóxicos; outros minerais de selênio devem ser tratados com cuidado.

Tálio - um metal extremamente tóxico ocorre como uma série de minerais de sulfeto raros e um óxido. Os produtos da decomposição são altamente solúveis e tóxicos.

Urânio - além de sua radioatividade, é tóxico e causa danos aos rins.

Zinco - nativo (raro), e seus minerais kottigita ($\text{Zn}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$), zincita ($(\text{Zn},\text{Mn})\text{O}$) e goslarita ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) são tóxicos.

12. Riscos de toxicidade física ou mecânica

Incluídos aqui estão os riscos decorrentes das características físicas inerentes de alguns minerais, ou seja, bordas afiadas, hábito fibroso, etc., e os riscos potenciais de contato com a pele, como sensibilidades alérgicas e dermatites. Se uma amostra for vítrea, pontiaguda ou coberta com agulhas quebradiças, é provável que cause ferimentos se manuseada sem cuidado. Um bom protocolo de segurança é sempre olhar com atenção antes de manusear e usar luvas, se necessário. Isso se aplica mais à coleta, pois um exame mais detalhado pode

não ser possível. Os minerais obviamente perigosos para riscos físicos são as zeólitas fibrosas, as formas fibrosas ou aciculares dos anfibólios (tremolita, actinolita etc.), pectolita ($\text{NaCa}_2\text{Si}_3\text{O}_8$), epidoto e okenita ($\text{CaSi}_2\text{O}_5 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Quase qualquer mineral pode ter bordas afiadas e cortantes, como quartzos e topázios.

O contato da pele com algumas substâncias pode causar irritação ou, em alguns indivíduos, dermatite severa. Se um indivíduo mostrar tal reação, deve ser consultado um médico. Óleo de petróleo, betume e substâncias minerais de hidrocarbonetos podem ser perigosos dessa forma, bem como possivelmente carcinogênicos por absorção.

Um maior perigo potencial é proveniente dos minerais de amianto fibroso, que são reconhecidos como carcinógenos humanos e nenhum nível de exposição verdadeiramente seguro é aceitável. Isto parece ser devido às dimensões das fibras transportadas pelo ar que conferem a esses minerais seu caráter nocivo, mas quaisquer fibras e poeira inaladas podem causar, no mínimo, irritação ou inflamação das delicadas membranas internas. Na pior das hipóteses, eles podem ser cancerígenos ou levar à pneumoconiose (pneumopatia relacionada à inalação de poeiras em ambientes de trabalho). Esses minerais afetam a saúde humana por meio da inalação de material particulado, dispersado das amostras por ação do ar, podendo gerar conseqüentemente a asbestose, que é a principal doença causada pela inalação do pó de asbestos, que também pode causar câncer de pulmão, mesotelioma maligno e falência respiratória.

Essa doença se desenvolve quando as microfibras de asbestos não são expelidas e atingem os pulmões. Isso se dá porque não conseguem ser englobadas pelas células macrofágicas, pois são prismáticas e rígidas, instalando-se definitivamente nos pulmões e proporcionando crescimento celular anormal. Os minerais que contêm Fe (anfibólios) são os piores nesse processo, pois o ferro sofre oxidação dentro do tecido pulmonar.

É enfatizado na literatura corrente que aspirar o pó de qualquer mineral pode ser nocivo à saúde, todavia em ambiente museológico, as fibras de asbestos podem ser facilmente inaladas durante a manipulação para limpeza e preparação dos exemplares na exposição ou na reserva técnica. Minerais de asbestos são reconhecidamente causadores de vários tipos de cânceres nos seres humanos. Não há, por isso, nível de exposição aceitável. Esses espécimes devem ser acondicionados em embalagens plásticas vedadas, com pelo menos duas vedações.

Pó de argila e quartzo são riscos industriais reconhecidos e, se expostos a eles nas coleções, devem ser usadas máscaras e deve-se seguir o conselho do oficial de saúde ambiental ou do oficial de segurança.

A exposição a poeiras pode ocorrer durante a preparação de amostras de laboratório e existem regulamentos relativos à extração de poeiras produzidas em oficinas e laboratórios.

13. Conservação e Armazenagem de Meteoritos

Os meteoritos são formados em ambientes ausentes de oxigênio livre (mesmo caso dos sulfetos), por isso, devido à sua composição metálica, muitos que caem em climas tropicais ou temperados se desintegram muito rápido, pois o ferro, em contato com o oxigênio do ar e a grande oferta de água no ambiente (alta umidade relativa do ar) nesses tipos de clima, aceleram o processo de oxidação, que se inicia assim que o corpo entra em contato com a atmosfera terrestre.

Já as quando as quedas de meteoritos acontecem em climas desérticos, estes se preservam muito mais tempo desde sua queda. No caso de meteoritos recuperados logo após sua queda, a meta de conservação passa a ser minimizar tanto quanto possíveis futuras contaminações pelo ambiente terrestre.

A conservação de meteoritos está relacionada à necessidade de grande aporte financeiro. Compreender o processo de formação dos diferentes tipos de meteoritos pode auxiliar na prevenção de alguns danos. Quanto maior o teor de ferro na composição química da amostra, mais o exemplar será afetado. Esse processo continua até que todo o ferro disponível seja convertido em ferro trivalente, processo esse que dá ao meteorito a aparência de uma rocha terrestre.

O calor, aliado à alta umidade relativa do ar, pode liberar o cloro presente nas amostras, e acelerar o processo de corrosão. No interior do meteorito se forma então uma célula eletrolítica, que funciona como ponte de sal facilitando o processo de oxidação. Nos casos em que há cloretos envolvidos no processo de oxidação, o ideal é que se façam sucessivos banhos eletrolíticos até eliminar completamente o cloro no meteorito. Apesar de ser um processo eficiente e de baixo custo, é praticamente aplicável apenas em meteoritos de pequenas dimensões.

Para prevenir o avanço da ferrugem, é necessário diminuir ao mínimo a umidade do ambiente de armazenamento, uma vez que conseguir uma atmosfera sem oxigênio é muito custoso para a maioria das coleções. A melhor forma de atingir esse objetivo é utilizar um recipiente bem vedado para guardar a amostra e colocar junto a ela um material absorvente de umidade. Embalagens de polietileno de calibre pesado são à prova d'água e por isso viáveis para guardar meteoritos. Os exemplares com maior teor de ferro devem

ser armazenados em duas embalagens, e a mais interna deve ter um indicador de absorção de umidade com sílica gel. O monitoramento da umidade relativa do ar no entorno desses meteoritos deve ser feito em intervalos regulares, com troca da sílica gel e das embalagens.

É importante ressaltar que se a corrosão tiver como causa a presença de cloretos no interior do meteorito, o controle ambiental não irá extinguir o processo. A presença de cloro na estrutura do meteorito pode ser detectada, primariamente, por análises de difração de raios X, na parte mais fresca da oxidação (parte avermelhada do meteorito).

Outro problema de maior proporção se refere às interações entre os minerais meteoríticos e os sais do ambiente: eflorescência e deliquescência. No ambiente museológico é necessário que os meteoritos tenham um acondicionamento especial, no que concerne à temperatura, umidade relativa do ar e vedação das embalagens. É necessário que estejam armazenados em reservas técnicas com temperatura baixa a moderada, ambiente livre de poeiras (com filtro de ar) e vedação maior possível (da sala com relação aos ambientes externos).

Como exemplo de conservação alternativa para a coleção meteorítica, podemos citar o Museu de Geociências da USP e também o próprio MCTer, em que a coleção de meteoritos é pequena (em tamanho e número dos exemplares), o que inviabiliza manter os exemplares em reserva técnica, estando os mesmos em exposição permanente. Em casos como esse, é recomendável a confecção de uma vitrina especial, bem vedada, com controle interno de temperatura e umidade.

Para exemplares maiores, é necessário embalar a amostra em polietileno e estocar em estantes fortes, que não se curvem com o peso das amostras. Para amostras muito grandes, maiores do que as amostras de mão (dependendo do espaço que cada museu pode dispor para o armazenamento de material) são necessárias a confecção de depósitos especiais para as amostras, que considerem a necessidade de boa fixação no espaço escolhido (a fim de não haver queda do material), a logística do armazenamento (o material não poderá ser retirado regularmente desse espaço) e a criação de um microclima para evitar contaminação, ferrugem, eflorescência ou deliquescência do meteorito.

Em relação à numeração dos exemplares, vale destacar que as tintas e colas normalmente utilizadas na marcação de materiais geológicos são contaminantes em meteoritos.

14. Materiais para conservação das amostras

A. Identificação das amostras.

Para identificação dos exemplares geológicos, é necessário que as etiquetas e materiais para numeração de amostras (assim como qualquer material que for entrar em contato com as amostras) tenham algumas características:

- 1) Estabilidade: devem ser quimicamente o mais estável possível, para que não haja reação com os minerais componentes da amostra, ou com os produtos de alteração da mesma;
- 2) Longevidade: devem ter durabilidade, a fim de garantir a legibilidade das informações pelo máximo de tempo possível;
- 3) Impermeabilidade: devem prevenir a absorção de tintas de marcação por materiais porosos;
- 4) Reversibilidade: deve ser reversível, caso a amostra tenha que ser renumerada (embora tal procedimento não seja indicado) ou realocada em outra coleção.

B. Marcação das amostras.

Como regras gerais para marcação do número nas amostras deve-se escolher o local mais acessível do exemplar, fora do olhar do público, utilizar a superfície mais plana, e que não vá sofrer possíveis abrasões (em minerais metálicos é uma regra difícil de seguir, pois não é possível prever onde a corrosão irá ocorrer); não colocar a marcação perto da base de apoio da amostra, a fim de evitar manuseio excessivo durante a procura da numeração. Se o mineral ou rocha for exposto com todas as faces à mostra, a marcação deve ser feita na parte inferior.

As marcações podem ser feitas com fita, verniz e adesivo, descritos a seguir:

- 1) Filmoplast P tape: trata-se de uma fita de papel transparente, de pH neutro, revestida com adesivo solúvel em água, sendo por isso adequada para utilização de marcação em amostras, já que é um procedimento reversível.
- 2) Paraloid B-72 (Paraloid B-72) ou acrilóide B-72 (Acriloid B-72): é um copolímero acrílico que responde afirmativamente a todos os critérios citados. É uma resina útil para a prevenção de ondulações, descamação e perda da legibilidade da informação e não é reativa a

baixas umidades. Em concentrações baixas (5% de resina e 95% de solvente) é verniz ideal para cobertura em descamações e decaimentos. Para utilizar como adesivo, a concentração deve ser mais alta (20% de produto e 80% de solvente). Para diluir a resina sólida, utiliza-se a acetona por ser menos prejudicial para as pessoas encarregadas dessa atividade, mas é solúvel também em tolueno e xileno. Não se dilui em solventes tipo tinner.

- 3) Solução de 25% de Acriloide B-72 verniz incolor em frasco com pincel aplicador na tampa;
- 4) Solução de 25% de Acriloide B-72 verniz branco em frasco com pincel aplicador na tampa (utiliza-se a resina branca para a aplicação em espécimes escuros ou coloridos);
- 5) Tinta preta permanente, com maior teor de carbono possível (tintas acrílicas fluidas causam corrosão em metais, especialmente cobre);
- 6) Acetona;
- 7) Pincéis artísticos;
- 8) Papel toalha;
- 9) Cotonetes;
- 10) Água.

As marcações devem ser feitas em local ventilado, a fim de evitar intoxicação. A escolha do local ideal deve ser o primeiro passo para numerar as amostras. Sugere-se que a pessoa responsável por fazer a marcação tenha boa caligrafia e traços firmes, a fim de evitar o desperdício de material em consertos de marcações mal sucedidas e também para poupar a amostra de mais intervenções do que o necessário.

C. Exposição das amostras.

Sobre a exposição das amostras são sugeridos produtos e procedimentos para conservação de amostras.

O Primal B-60 A é uma emulsão aquosa de base acrílica utilizada para proteção de objetos contra luz UV e calor. Quando aplicada ao objeto, forma

um filme transparente, de longa duração e que não amarela, podendo assim ser utilizado em revestimentos e embalagens para minerais fotossensíveis. O pH é levemente básico, variando entre 9 e 9,5. Não é aconselhável sua utilização diretamente sobre o mineral ou rocha, pois se trata de um procedimento irreversível.

O acetato de polivinil (PVDA) é um polímero utilizado na forma de filme, com alta resistência à luz UV e calor. Por outro lado, apresenta baixa resistência à água e outros solventes polares, como etanol e ácido acético. Em um ambiente com alta umidade relativa do ar, seus produtos de deterioração liberam ácido sulfúrico. Pode-se medir a luz UV com um aparelho portátil, que mede a radiação emitida por certa fonte luminosa em lux ou vela, unidade não pertencente ao SI (Sistema Internacional de Unidades), onde uma vela equivale, aproximadamente, a 10 lux.

Para se eliminar a poeira existem microaspiradores de pó, em kits com diversos tipos de pincéis para diferentes necessidades de objetos pequenos. O kit consta de um adaptador que deve ser acoplado à mangueira de aspiradores comuns e nele se encaixam os bicos e pincéis adequados a cada amostra. Eficiente para limpeza de espécies delicadas, em exposição ou reserva, nos quais a trincha ou outros pincéis podem causar danos mecânicos.

D. Armazenamento das amostras.

As coleções geológicas, independente da tipologia, devem ser armazenadas em embalagens inertes. Estantes de aço são as mais seguras, especialmente se revestidas de tintas não solúveis em água. Madeiras em geral, especialmente carvalho, devem ser evitadas.

No caso dos minerais, os mais sensíveis são os sulfetos e metais ferrosos, uma vez que são compostos estáveis em atmosfera ausente

O uso de sílica gel é a maneira mais difundida e de menor custo para a retirada de umidade de pequenos recipientes. Trata-se de esferas de sílica (SiO_2) que podem conter indicador de umidade. A sílica absorve a umidade do ar, secando o ambiente e se saturando de umidade. Quando atinge a saturação, a sílica muda de cor e deve ser retirada do ambiente e substituída. A sílica pode ser reaproveitada, sendo seca em forno de alta temperatura.

Recomenda-se a utilização da sílica laranja, pois não possui dicloreto de cobalto em sua composição (CoCl_2 , responsável pela coloração azul), considerado tóxico.

O uso de desumidificador é recomendado para armazenagem de amostras geológicas. O desumidificador é um aparelho que atua na captura do ar úmido

do ambiente por meio de uma ventoinha, que direciona o ar para uma espiral gelada no interior do aparelho. Lá dentro, o ar seco é direcionado a uma espiral aquecida, que retorna o ar à sua temperatura inicial, para que seja devolvido ao ambiente.

Por outro lado, tiras antimanchas protegem metais (ouro, prata, cobre, estanho) contra a oxidação, evitando o escurecimento. Devem ser colocadas junto aos minerais durante o transporte, o armazenamento ou até durante a exposição (contanto que esteja fora do alcance do visitante).

O estabilizador de umidade (prosorb) é um tipo de sílica gel formado por 97% de sílica (SiO_2) e 3% de alumina (Al_2O_3) para ser utilizado na criação de microclimas em vitrinas, gavetas ou armários. É capaz de absorver vapor de água entre os limites de 40 a 60% de umidade relativa e é confeccionado de acordo com a necessidade do ambiente. Os estabilizadores de umidade possuem diferentes indicações, sendo que o prosorb é indicado para ambientes com gradiente de umidade relativa entre 40 e 60%. Outro tipo, o artsorb, é indicado para ambientes mais úmidos, com umidade relativa variando entre 60 e 75%.

As vitrinas feitas de materiais higroscópicos como madeira ou MDF limitam a ação desses produtos, uma vez que há maior troca de umidade entre a vitrina e o ambiente externo. Mesmo se a vitrina for impermeabilizada, ainda haverá pequena troca de gases. As unidades de prosorb não devem estar diretamente em contato com zinco ou aço, pois a umidade contida nelas favorece a corrosão do material.

As tiras indicadoras de umidade são tiras de papel sensíveis à umidade relativa, com variação de cores entre azul claro, que indica ambiente seco, e azul escuro, que indica ambiente úmido. Não possui a precisão de um higrômetro, mas é útil para monitoramento rápido e de baixo custo.

Os higrômetros são equipamentos que permitem monitorar a umidade relativa com precisão. Existem modelos analógicos e digitais, portáteis ou fixáveis em vitrinas. De acordo com os modelos, podem ou não aferir a temperatura. É um equipamento indispensável para a conservação de materiais geológicos, tanto em exposição quanto em reserva técnica.

O polietileno (sacos plásticos zip lock) é um material inerte e altamente estável, sendo resistente a soluções aquosas de sais, ácidos inorgânicos e álcalis. É, por isso, indicado para armazenar os minerais em reserva técnica. Embalagens anticorrosão são sacos como os zip lock, porém possuem camada protetora anticorrosiva, constituída por partículas de cobre ligadas a polímeros. O filme protetor reage com os gases que iriam reagir com o mineral, neutralizando-os. Existem também embalagens antioxigênio, chamadas RP system, para

extração de oxigênio e água do ambiente, que combina um absorvente orgânico de oxigênio com um dissecante inorgânico.

Um dos pontos negativos é que o RP, diferente da sílica gel, não pode ser reutilizado, pois as reações de absorção de oxigênio, dióxido de carbono e umidade são irreversíveis.

E. Reparos em amostras.

Epóxis são famílias diversas de compostos termoplásticos que têm em comum a presença do grupo funcional epoxídeo. Adesivos de epóxis normalmente consistem de duas partes: uma resina e um endurecedor que, quando misturados, reagem para formar um polímero rígido. São resinas que não necessitam de solvente e encolhem muito pouco depois de secas, além de serem à prova de água.

O Paraloid B-72 pode ser usado para colar amostras e é muito utilizado na colagem de fósseis. Assim, tanto epóxis como paraloides podem ser utilizados em conservação preventiva e reparos nas amostras.

Muitos dos produtos são adaptados do uso em outros tipos de coleções para as coleções geológicas. Ainda são necessárias pesquisas sistemáticas no teste de muitos dos produtos disponíveis no mercado de conservação para a descoberta dos produtos específicos para utilização em coleções geológicas.

Referências:

Azevedo, M. D. P. & Del Lama, E. A. Conservação de coleções geológicas. Revista do Instituto de Geociências – USP. Geol. USP, Publ. espec., São Paulo, v. 7, p. -105, Janeiro 2015.

Baars, C. & Horak, J. Storage and conservation of geological collections—a research agenda, Journal of the Institute of Conservation, 41:2, 154-168, DOI: 10.1080/19455224.2018.146392. 2018

de Lima, JTM & de Souza Carvalho, I. Pesquisa e Coleções Geológicas Educacionais no Brasil: o Conflito entre os Paradigmas de Conservação do Patrimônio e Geologia do Campo. Geoheritage 12, 72 (2020). <https://doi.org/10.1007/s12371-020-00497-w>.

C.H.C. Brunton; T P Besterman and J.A.Cooper. Guidelines for the Curation of Geological Materials. Geological Society, Miscellaneous Paper No 17, Geological Curators Group. 1984.

Stanley. M. Standards in the Museum Care of Geological Collections. 75pp. 2004.