



Gemologia: a ciência de mil cores

GEMOLOGY: THE THOUSAND COLORS SCIENCE

CASSANDRA TERRA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO, DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA, CAMPUS DO MORRO DO CRUZEIRO, 35400-000, OURO PRETO, MG

E-MAIL: CASSANDRA.TERRA@UFOP.EDU.BR

Abstract: Gemology is the science that studies the gemological materials, which cover a wide range of substances, mainly minerals, as vary between emerald, amethyst, tourmaline, topaz, diamond, among many others. Brazil produces a large part of these varieties and, paradoxically, the Brazilian scientific gemology is still immature. Currently, new technologies improved production and gems treatment techniques of most of these minerals and, consequently, these new substances flooded the market. Alarming events related to technical misconcepts and trading motivated the author to produce this publication in order to disseminate basic concepts about Gemology. The lack of knowledge on the part of the professionals and gemology lovers can lead to disappointments and even financial losses for both parties. The objective is to educate and teach this science in a conscientious way, through simple experience and knowledge, which may provide greater autonomy for all audiences and present, to those tireless admirers of minerals, the enchanting universe of a thousand colors.

Resumo: A Gemologia é a ciência que estuda os materiais gemológicos, os quais abrangem uma ampla gama de materiais, sobretudo minerais como esmeralda, ametista, turmalina, diamante, topázio, entre muitos outros. O Brasil produz grande parte dessas variedades e, paradoxalmente, a Gemologia científica brasileira ainda é embrionária. Atualmente, a tecnologia aprimorou técnicas de produção e tratamento da maioria desses minerais e novas substâncias invadiram o mercado de forma vertiginosa. Diante de uma série de eventos alarmantes presenciados pela autora, como desconhecimento técnico e comercial, surgiu a iniciativa de divulgação de conceitos introdutórios sobre Gemologia. A falta de conhecimento por parte do admirador e de profissionais da área pode acarretar desapontamentos e até prejuízos para ambas as partes. O objetivo é educar e ensinar essa ciência de forma conscienciosa, por meio da experiência e conhecimentos simples, que poderão proporcionar maior autonomia para todos os públicos e apresentar, para aqueles incansáveis admiradores de minerais, o encantador universo das mil cores.

Citation/Citação: Terra, C. (2020). Gemologia: a ciência de mil cores. *Terraê Didática*, 16, 1-13, e020016. doi: 10.20396/td.v16i0.8658362

Keywords: Gem. Mineral. Mineralogy. Geology.

Palavras-chave: Gema. Mineral. Mineralogia. Geologia.

Manuscript/Manuscrito:

Received/Recebido: 10/02/2020

Revised/Corrigido: 11/04/2020

Accepted/Aceito: 20/04/2020



Introdução

A diversidade do Brasil é conhecida no mundo todo e se expressa por meio da união de diferentes culturas, músicas, fauna e flora, recursos renováveis, entre muitos outros aspectos. Dentro dessa multiplicidade de recursos, notabiliza-se por ser um dos maiores produtores de minerais gemológicos do mundo. Quase todos os estados possuem extrações em pequena ou grande escala desses materiais, e.g. esmeralda, água-marinha, morganita, turmalina, ametista, diamante e muitas outras espécies (Fig. 1).

A história da mineralogia no Brasil iniciou-se por meio da confecção de artefatos pelas populações nativas utilizando minerais e rochas, e pela procura de metais nobres e pedras preciosas por colonizadores portugueses e bandeirantes. As consequências foram expressivas descobertas de



Figura 1. Minerais brutos provenientes da região de Governador Valadares (MG, Brasil): água-marinha (acima, à esquerda), cristais bicolores de turmalina (abaixo) e topázio imperial (centro)

ouro e diamante no período colonial e o desenvolvimento de vilas mineiras (Cornejo & Batorelli, 2010). Esta evolução histórica está preservada e exposta em relevantes museus brasileiros, como o Museu Nacional e o Museu de Ciências da Terra, ambos localizados no Rio de Janeiro; o Museu de Ciência e Técnica da Escola de Minas, localizado no antigo Palácio dos Governadores da histórica Vila Rica, atual Ouro Preto; o Museu de Minerais, Minérios e Rochas Heinz Ebert da Universidade Estadual Paulista, localizado em Rio Claro; o Museu de Geociências da Universidade de São Paulo e o Museu Geológico Valdemar Lefèvre, ambos situados na cidade de São Paulo.

A diversidade desses bens é mundialmente reconhecida. Paradoxalmente, o prestígio é menor entre os brasileiros, pelo menos a respeito do estudo da identificação, origem, tratamento e aproveitamento dos materiais gemológicos, campo da Gemologia. A falta de conhecimento e interesse nesta ciência está diretamente relacionada à carência de informações (principalmente em língua portuguesa), à ausência de incentivos e interesse pelo próprio governo e à falta da ativa e ampla participação dos escassos institutos que tratam da Gemologia no Brasil. Por meio de visitas aos garimpos, da participação ativa em identificações e avaliações de gemas no mercado joalheiro e das dificuldades do estudo e pesquisa da Gemologia científica dentro das universidades, a autora observou e ainda presencia inúmeros equívocos entre profissionais da área e consumidores. Ademais, uma série de eventos alarmantes exige cada vez mais atenção, como o aumento de substâncias sintéticas brutas e lapidadas vendidas como naturais ou misturadas em lotes de material natural, além de certificados falsos supervalorizando esses bens.

Diante disto, surge a iniciativa da divulgação dos conceitos básicos da Gemologia científica para conscientização do valor e uniformização de conceitos e nomenclaturas entre profissionais e apreciadores de gemas. O conhecimento e estudo simples proporcionarão às pessoas maior autonomia e segurança para os processos que envolvam esses bens, ou ao menos permitir apreciar com senso crítico o que o mercado oferece. Este artigo é dedicado não apenas aos profissionais da área, mas às pessoas que apreciam ou possam vir a se interessar pelo colorido universo das “pedras preciosas”, por essa ciência de mil cores que só tem valor diante dos olhos de quem a reconhece.

Mineralogia e Gemologia

A Mineralogia é o estudo dos minerais e no âmbito das ciências da Terra este termo refere-se à uma substância natural, sólida, cristalina, frequentemente inorgânica e com composição química definida, mas não necessariamente fixa (Nesse, 2016). De acordo com a Associação Internacional de Mineralogia (IMA), até o momento, são conhecidas cerca de 5.575 espécies de minerais. Alguns são mais familiares, e.g. ouro, quartzo, apatita, diamante, rubi, esmeralda, turmalina, e outros menos conhecidos, e.g. mica, feldspato, cassiterita, molibdenita, entre outros. No Brasil, a mineralogia é estudada principalmente nos cursos de Ciências da Terra, como, por exemplo, na Geologia (ciência multidisciplinar, que estuda a origem, formação, estrutura e composição da Terra e suas alterações ao longo do tempo), sendo base para muitas outras disciplinas e fundamental no estudo da constituição do planeta.

Um mineral que pode ser lapidado e que apresenta um conjunto de características específicas (que serão abordadas adiante) é considerado “gemológico”. É exatamente neste ponto em que a Mineralogia abre espaço para a Gemologia: é a ciência que estuda a origem, os processos de identificação e os diversos aproveitamentos dos materiais gemológicos. Aproximadamente, apenas 2% dos minerais possuem estas qualidades (Klein & Dutrow, 2012) e é neste nicho que se desenvolve este artigo. Para a Gemologia, além dos minerais, podem ser considerados também materiais gemológicos substâncias de diferentes origens, como orgânica (e.g., pérola, âmbar, coral e marfim) e sintética (e.g., a zircônia, substituto do diamante muito comum feito em laboratório).

Material gemológico x Gema

Apenas quando os materiais gemológicos forem lapidados poderão ser chamados de “gemas” (Fig. 2), no entanto, ainda não há um consenso para o uso da terminologia. No mercado norte-americano o uso do termo é restrito às gemas naturais (Klein & Dutrow, 2012), ou seja, que não foram produzidas pelo homem (como sintéticos, vidros etc.). De tempos em tempos novos materiais ou minerais com qualidade gemológica são descobertos e o termo “gema” se refere a toda substância natural ou sintética, lapidada, rara e que, por suas propriedades particulares, pode ser utilizada para adorno pessoal (Schumann, 2013).

É prudente e recomendado o uso do termo acompanhado pela origem da gema, como *gema natural*, *gema sintética*, *gema composta etc.*, e não *gema* apenas. De um modo geral, esse termo traduz algo de “especial” e “belo” refletido por um conjunto de características particulares que lhes proporcionam valor.

A classificação das gemas

Como mencionado anteriormente, a origem dos materiais gemológicos é ampla e, de acordo com este quesito, podem ser classificados em categorias. Estas divisões demonstram uma boa prática no comércio e um conhecimento básico para quem estuda esta ciência. A seguir são apresentadas as diferentes categorias de gemas.

Minerais

A maior parte das gemas são minerais. De acordo com a definição apresentada anteriormente, uma substância natural é formada sem a ação ou intervenção humana e pode ser encontrada na natureza. A qualidade de sólido cristalino refere-se a dois aspectos: o estado sólido da matéria, no qual os átomos encontram-se em um nível de baixa energia, e o caráter cristalino, que diz respeito à organização desses átomos, os quais estão ordenados e arranjados de uma forma repetida regularmente no espaço, formando um padrão harmônico. Em resposta à organização atômica da estrutura, o mineral pode desenvolver faces lisas e planas e assumir belíssimos formatos geométricos quando seu crescimento ocorrer em condições favoráveis. Todos os minerais apresentam uma composição química definida, possibilitando dividi-los em classes baseadas em seus radicais aniônicos; esta composição não é fixa pois pode variar dentro de certos limites, gerando as diferentes variedades minerais que serão explicadas mais adiante.

Os minerais são formados frequentemente por processos inorgânicos, ou seja, não há a ação de organismos vivos. No entanto, atualmente já se conhecem aqueles formados por processos orgânicos conhecidos como minerais biogênicos, sendo estes idênticos àqueles formados por processos inorgânicos (Klein & Dutrow, 2012). Como exemplos é possível citar: conchas de invertebrados marinhos que são constituídas por calcita ou aragonita (minerais de CaCO_3), o mineral apatita ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{Cl}/\text{F}/\text{OH})$) que constitui grande parte dos dentes e ossos de animais verte-



Figura 2. Minerais lapidados de diferentes espécies

brados, e até mesmo bactérias que podem produzir minerais, como a pirita (FeS_2) ou o ouro (Au).

A razão para a formação de pirita em sedimentos marinhos está associada a decomposição de matéria orgânica por bactérias e, conseqüentemente, a redução do sulfato presente nos sedimentos em sulfeto (Yanko et al., 1999). Já em relação ao ouro, algumas bactérias se protegem da sua toxicidade ao precipitá-lo na forma pura. Desta forma, os pesquisadores encontram uma nova aplicação para estas bactérias: a recuperação do ouro em rejeitos de mineração (Reith et al., 2009, Johnston et al., 2013). O reconhecimento desses materiais é uma área de estudo recente conhecida por biomineralização, que é o estudo dos processos pelos quais organismos produzem minerais. Estas definições, muito provavelmente desconhecidas para a maioria, são apenas uma tentativa de organização do reino mineral e refere-se, em outras palavras, às pedras. Essa denominação não possui qualquer fundamento científico, mas é um termo aceito e amplamente utilizado apenas no comércio de gemas.

Na natureza, os seres vivos são agrupados e classificados por apresentarem características em comum, como por exemplo, espécies de plantas e variações das mesmas. Os tipos de elementos químicos e como eles se ligam entre si conferem propriedades físicas e ópticas aos minerais, definindo-os em espécies e em subcategorias da espécie (variedades) que podem variar nas cores, transparência ou fenômenos ópticos. Já o grupo engloba todas essas categorias, pelo menos duas espécies, as quais são isoestruturais, ou seja, são similares em estrutura. Alguns grupos variam amplamente em composição química e podem ser agrupados em supergrupos, como é o caso dos supergrupos da granada, apatita e turmalina (Grew et al., 2013, Pasero et al., 2010, Henry et al., 2011).

Rochas

Formadas por conjuntos de minerais e, quando polidas ou esculpidas, são usadas como gemas. Por exemplo, o lápis-lazúli é uma rocha formada, principalmente, por um mineral azul chamado lazurita e por outros minerais como calcita, pirita, enstatita, sodalita entre outros - e é considerada uma rocha e não um mineral (Fig. 3). Outro exemplo é o jade. No séc. XIX, foi descoberto que esta classe gemológica corresponde a dois minerais distintos: a espécie jadeíta ($\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$) e a variedade da série actinolita-tremolita ($\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$) conhecida por nefrita (Klein & Dutrow, 2012, Schumann, 2013).

Substâncias amorfas

São substâncias naturais e não minerais, pois não possuem uma estrutura cristalina, ou seja, os átomos não estão ordenados. Os vidros vulcânicos que ocorrem naturalmente se encaixam nesta categoria, e.g. obsidiana, e a opala, até o momento, também é considerada substância amorfa, apesar de conter um arranjo ordenado de pequenas esferas de sílica (Fig. 4).

Gemas orgânicas

Gemas orgânicas são substâncias naturais formadas pelo metabolismo de seres vivos (plantas ou animais). Seguem alguns exemplos: pérola (formada pelo resultado de uma irritação entre a pele e a concha do molusco), âmbar (resina fossilizada da árvore *Pinus succinifera*, formada no período Terciário há cerca de 50 milhões de anos), coral (estrutura ramificada construída por animais marinhos), marfim (originalmente é a presa de elefante, no entanto, hoje usa-se dente de outros animais) (Schumann, 2013).

Gemas sintéticas

As gemas naturais são formadas na natureza, por outro lado, existem gemas sintéticas feitas pelo homem em laboratório reproduzindo aquelas naturais. Criados originalmente para fins industriais, possuem menos da metade do valor do natural. Por exemplo, cristais de rubi são sintetizados em laboratório e produzidos a preços comerciais desde 1888. Em estado bruto geralmente não há semelhanças, porém, após a lapidação, materiais com cores similares tornam-se iguais à vista desarmada (Fig. 5).



Figura 3. Dragão chinês esculpido em lápis-lazúli



Figura 4. Opala laranja lapidada em formato gota



Figura 5. Material sintético colorido bruto e lapidado ao centro. Anel com água-marinha sintética

As gemas sintéticas possuem as mesmas propriedades físicas e ópticas que os seus correspondentes naturais; atualmente, características internas (como fraturas) já são imitadas em esmeraldas sintetizadas em laboratório. Há algum tempo, os materiais sintéticos já são encontrados misturados a lotes de gemas naturais ou mesmo como substitutos

em peças originais; até mesmo podem ser levemente polidos para imitar a forma externa de uma espécie em estado bruto. Portanto, *as gemas naturais e sintéticas têm o mesmo comportamento diante dos testes básicos de Gemologia*, sendo apenas separadas pela caracterização de específicas inclusões ao microscópio ou por métodos mais complexos, e.g. espectroscopia.

Substitutos ou simulantes

Correspondem às gemas naturais ou sintéticas usadas para substituir ou simular outra gema de maior valor. Um exemplo comum é o diamante, devido ao seu alto valor, muitos materiais são usados para substituí-lo. Como substitutos naturais temos como exemplos o topázio e a safira incolor, e como substitutos sintéticos é comum a zircônia cúbica, moissanita sintética e YAG (granada de ítrio e alumínio).

Imitações

Materiais que imitam gemas naturais, no entanto, são semelhantes apenas em aparência do correspondente imitado; ao contrário dos sintéticos, não possuem nenhuma equivalência das propriedades físicas ou químicas. Vidros artificiais e acrílicos entram nesta categoria.

Gemas reconstituídas

Pequenos fragmentos que são perdidos durante uma lapidação, são aglutinados por processos específicos e depois lapidados, formando um material reconstituído. É muito comum este processo, principalmente em opala..

Gemas Compostas

Materiais diferentes são colados formando novas gemas e são muito comuns no mercado. Quando a gema é composta por dois materiais é chamada *doublet*; quando três, *triplet*; normalmente, combina-se material natural (porção superior) e material sintético ou imitação (porção inferior) (Fig. 6). Quando a gema está cravada, a identificação da região do contato entre as duas substâncias é prejudicada.

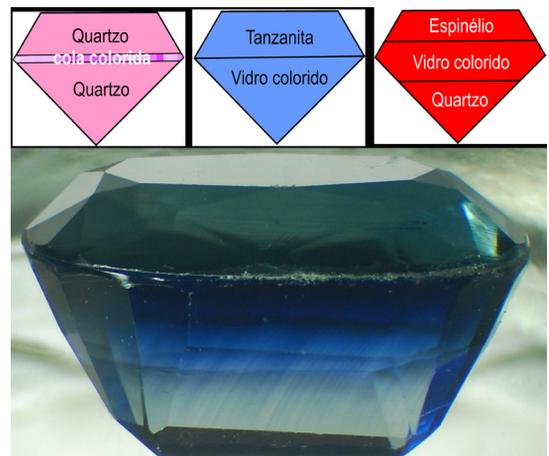


Figura 6. Esquema ilustrativo de gemas compostas. Gema *doublet* formada por safira natural na coroa (parte superior) e safira sintética no pavilhão (parte inferior). (Fonte: Gavrilenko, 2020)

Tratadas

Com o intuito de melhorar a aparência de uma gema, tratamentos são muito frequentes, principalmente, para realçar a cor ou aumentar a transparência (Terra, 2019). Peças porosas como turquesa ou ágata são mergulhadas em água quente com corante e os pigmentos entram em sua estrutura alterando as suas cores. O calor e a irradiação artificial também são usados para causar mudanças significativas em alguns materiais, e.g. cristais de quartzo e topázio (Barbosa, 2009, Henn & Schultz-Güttler, 2012, Terra, 2012, Terra & Schultz-Güttler, 2017). O tratamento por irradiação e calor é o mais comum e aceito no comércio, causando até um aumento do preço do material (Fig. 7).

Tratamentos mais severos, e.g. preenchimento de fraturas em determinadas gemas ou alteração da

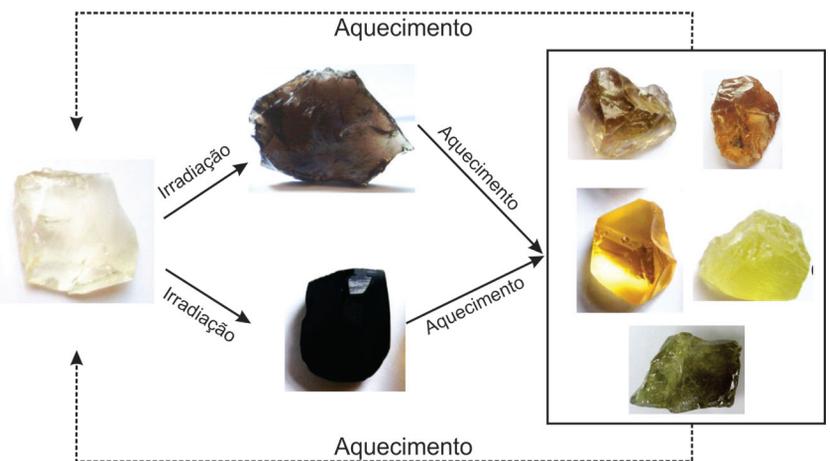


Figura 7. Tratamento com irradiação e calor do cristal de quartzo incolor, resultando em diferentes cores, de acordo com a composição química

cor em diamantes, podem alterar profundamente o aspecto original do material. As fraturas no interior dos minerais gemológicos podem diminuir o seu preço e, deste modo, produtos químicos podem ser inseridos nessas fraturas para melhorar a sua transparência; bem como a cor dos diamantes pode ser alterada pela aplicação de irradiações artificiais com maior poder de penetração. É necessário ressaltar que as gemas tratadas por esses dois últimos métodos equivalem à metade do valor de uma não tratada.

De acordo com normas internacionais da CIBJO (2017) e FTC (2018), a maior parte desses tratamentos deve ser comunicada no momento da venda. Infelizmente, no Brasil, esse procedimento raramente acontece.

Revestidas

Refere-se às gemas que foram revestidas por uma fina camada colorida obtida por crescimento em laboratório. É um tratamento apenas superficial.

Inclusões: um estudo sobre a gênese

A inclusão (do latim *includere*, fechar em) refere-se a qualquer feição que esteja no interior e/ou que alcance o exterior da gema. As inclusões podem ser sólidas, líquidas e/ou gasosas e, na Gemologia, também são consideradas as rupturas internas (Fig. 8). Isso acontece como resultado durante o crescimento da gema (natural ou sintética) que captura características do seu ambiente de formação à medida que cresce; deste modo, o mundo interior das gemas nos conta a sua origem e história evolutiva (Fig. 9).

O excesso de inclusões tem impacto direto na aparência e durabilidade das gemas. No entanto, seu estudo é de extrema importância para detectar a presença de algum tipo de tratamento que possa depreciar o seu valor no mercado e, muitas vezes, permite também determinar a origem e condições de crescimento. Em outras palavras, o estudo científico das inclusões permite reconhecer possíveis particularidades, como um método de síntese realizado em laboratório (Fig. 10) ou a procedência de uma determinada região geográfica (Gübelin & Koivula, 2004). Ademais, alguns efeitos ópticos são criados em resposta ao tipo e disposição de inclusões específicas, causando uma valorização do mineral após uma correta lapidação (Terra, 2019).

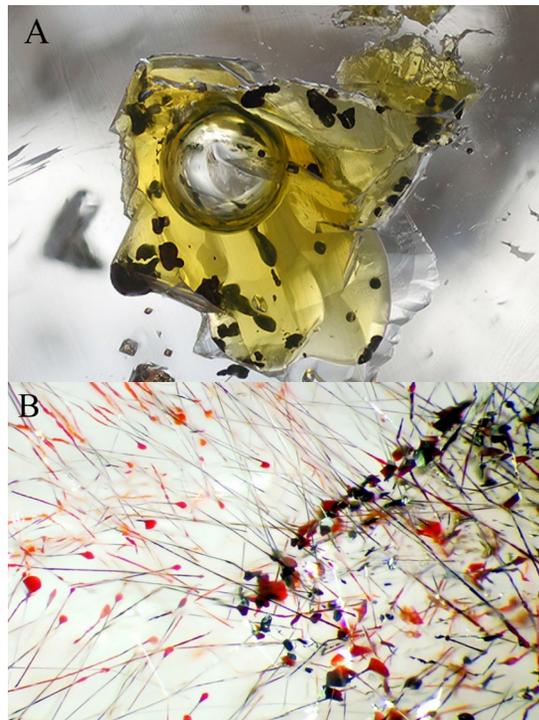


Figura 8. Quartzo com inclusões multifásicas proveniente do Paquistão, com destaque para o petróleo em cor amarela (A). Inclusões de hematita em quartzo brasileiro (B). (Fonte: Gavrilenko, 2020)



Figura 9. Inclusões trifásicas típicas das esmeraldas colombianas (A). Inclusões bifásicas (sólida e vapor) em safira verde tratada por calor (B). (Fonte: Gavrilenko, 2020)

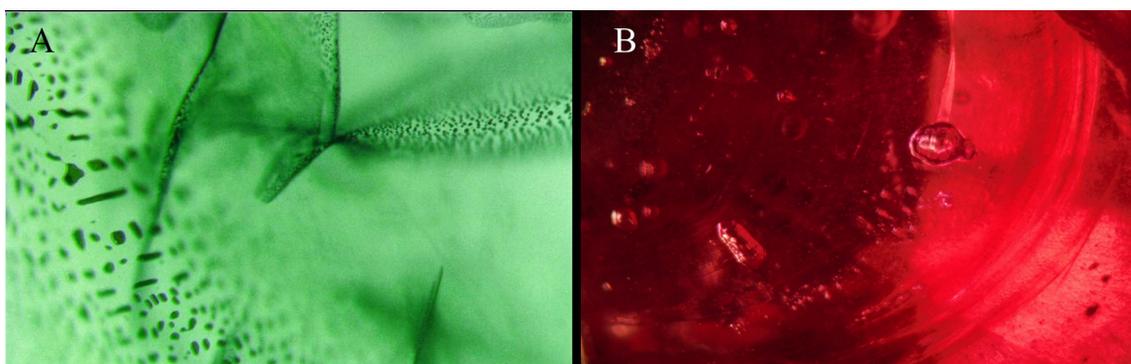


Figura 10. Inclusões tipo véu em esmeralda russa sintetizada pelo método de fluxo (A). Bolhas alongadas e linhas de crescimento curvas em rubi sintetizado pelo processo de Verneuil (B). (Fonte: Gavrilenko, 2020)

Tecnicamente, as fissuras internas podem ser divididas em clivagem, partição e fratura. A primeira é uma quebra que acontece em direções da estrutura onde as ligações são mais fracas, as quais estão relacionadas ao tipo de ligação ou ao espaçamento entre os planos dos íons. Alguns minerais como topázio, tanzanita, kunzita, fluorita e diamante preferencialmente se fraturam ao longo desses planos de fraqueza quando submetidos a leve pressão, como em um impacto, por exemplo. A forma e o tipo de lapidação para cada mineral são escolhidos considerando, entre outros aspectos, o formato do cristal e a presença ou não de planos de clivagem. A partição refere-se também a zonas de fraqueza, mas ao contrário da clivagem, ocorre apenas em algumas amostras de uma espécie, como por exemplo, em rubi ou safira. Estas superfícies de menor resistência podem ser desenvolvidas devido a descontinuidades na estrutura. Finalmente, fratura é uma ruptura irregular que não segue nenhuma direção de fraqueza, podendo ocorrer durante o processo de extração, crescimento ou manuseio da gema. Possui aspecto menos retilíneo do que a partição e a clivagem.

Além da aparência, a durabilidade pode ser prejudicada, principalmente, pelas rupturas internas que, por vezes, chegam até a parte externa da gema. Como mencionado anteriormente, o preenchimento de fissuras afeta significativamente o valor de uma gema e a detecção de resquícios das possíveis substâncias utilizadas no tratamento pode ser feita observando-a ao microscópio gemológico (Fig. 11), o qual geralmente possui aumento de até 90x.

A influência das inclusões, principalmente no preço da gema, dependerá de seu tamanho, posição, quantidade e cor. Inclusões grandes têm maior impacto visual do que aquelas pequenas e a sua posição, se no centro ou na borda da gema, também afetará sua aparência em diferentes graus. Quando possível, o lapidador retira a parte do mineral que tem a inclusão visível; caso não o seja, ele tentará manter a feição em uma posição mais discreta. A figura 12 mostra um pequeno cristal de grafita presente num diamante, que, devido à reflexão da luz provocada pelas facetas, tem a imagem duplicada por toda a gema. Neste caso, apesar da feição ser pequena, a sua posição afetou severamente a aparência. Além disso, a grande quantidade de

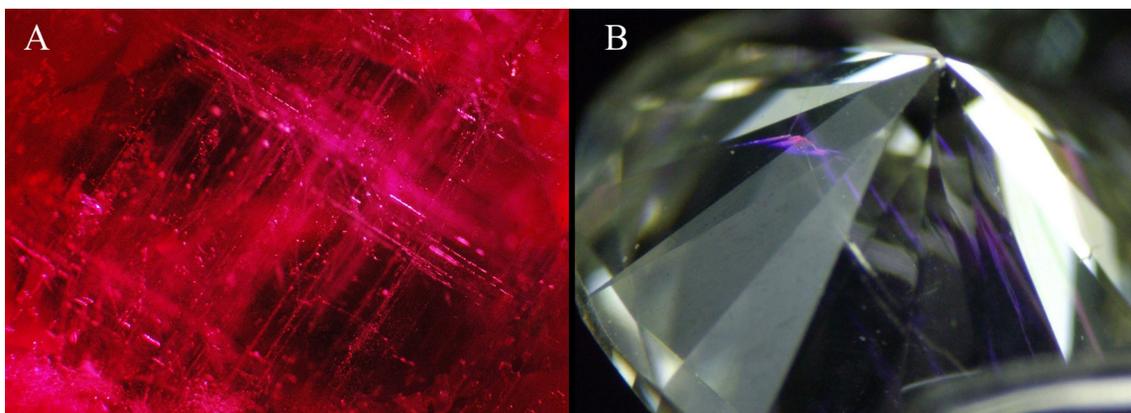


Figura 11. Bolhas em rubi preenchidas por vidro com chumbo (A). Fraturas preenchidas em diamante causando o efeito flash (B). (Fonte: Gavrilenko, 2020)

inclusões dificulta a passagem da luz por meio do material e tende a diminuir sua transparência, assim como a cor pode influenciar negativamente se for muito diferente daquela da gema hospedeira.

Observa-se que as características internas tanto podem prejudicar quanto podem contribuir na identificação ou avaliação de uma gema. Por isso, é aconselhado que o termo “imperfeições” não seja utilizado para se referenciar às características internas, pois, apesar do lado prejudicial, têm extraordinária importância no que diz respeito à sua origem e história, demonstrando que a imperfeição é perfeita em sua essência.

A preciosidade das gemas

O que faz um material ter qualidade gemológica? O que confere valor às gemas?

O adjetivo “precioso” (do latim *pretiosus* – de grande valor) geralmente é atribuído às gemas que possuem qualidade, o que dá origem ao termo “pedra preciosa”. A designação “semiprecioso” há muito tempo não é mais utilizado pelos especialistas, já que *todas as gemas são valiosas, independentemente do seu valor no mercado*. No entanto, existe um conjunto de características que os materiais passíveis de lapidação precisam apresentar para, somente assim, *poderem ser considerados de qualidade gemológica*.

O fato da gema ser uma esmeralda, por exemplo, não é garantia de que ela tenha alto valor no mercado. Os três primeiros tópicos a seguir (beleza, raridade e durabilidade) *determinam a qualidade do material*, e o equilíbrio destas e das últimas três características (demanda, tradição e portabilidade), refletem diretamente no preço das gemas. É importante ressaltar que, em se tratando de diamantes, a qualidade e preço são ditados por outros atributos somados aos que serão abordados a seguir, e isto merece outro artigo, pois este mineral apresenta particularidades que fazem jus ao nome: do grego *adamas* – o indomável, o invencível.

Beleza

O mineral com qualidade gemológica possui o equilíbrio entre cor, transparência, forma e tamanho e, após ser lapidado, a qualidade da lapidação será também considerada. Sendo assim, a beleza na Gemologia pode ser traduzida pela combinação da simetria e composição química, ou seja, é a harmonia entre cor, transparência e brilho, sendo este último fator diretamente relacionado à qualidade da lapidação.



Figura 12. Três inclusões de grafita no centro de um diamante foram duplicadas pelas facetas por toda a gema

Geralmente, uma boa cor está no equilíbrio, não é escura e nem clara demais; além disso, quanto mais “viva” e homogênea, melhor a sua qualidade. As causas das cores nas gemas estão diretamente relacionadas com a estrutura e composição química (Nassau, 2001, Schultz-Güttler & Brusa, 2006). Assim como as notas musicais se combinam em um padrão para formar diferentes melodias, os elementos químicos se combinam numa estrutura cristalina para formar diferentes cores. A ligação do oxigênio com alumínio em uma estrutura trigonal resulta em Al_2O_3 , composição que se refere ao coríndon incolor; a presença de cerca de 1% de cromo (Cr^{3+} , por vezes combinado ao Fe^{3+} e V^{3+}) substituindo o alumínio, proporciona a cor vermelha a esse mineral, correspondendo à variedade rubi. Com exceção desta última, as outras cores do coríndon correspondem às variedades safira, como por exemplo, ferro (Fe^{3+}) e titânio (Ti^{4+}) são responsáveis pela cor na safira azul, já o elemento ferro pelas cores da safira amarela (Fe^{2+}) e verde (Fe^{2+} e Fe^{3+}). Outros fatores também podem ser responsáveis pelas cores das substâncias do reino mineral, como por exemplo, defeitos na estrutura, os quais proporcionam a cor rosa em um diamante ou, quando combinados ao cromo (Cr^{4+}), podem gerar a cor rosa alaranjada da safira *padparadscha* (Hanneman, 2011).

O grau de transparência está relacionado com a quantidade de luz que atravessa o material, podendo ser transparente, translúcido ou opaco (Fig. 13) e, normalmente, quanto mais transpa-

rente melhor a qualidade. A grande quantidade de inclusões pode impedir a passagem da luz através da gema, impactando diretamente no grau de transparência e, como descrito mais adiante, também na sua durabilidade. O excesso de inclusões fluidas, por exemplo, pode deixar o quartzo com aspecto leitoso, no entanto, o tipo e a disposição das inclusões aliadas a uma correta lapidação pode causar os conhecidos efeitos ópticos, os quais acrescentam valor ao material. A luz, ao penetrar na gema, é refletida por essas inclusões específicas podendo formar estrelas de 4, 6 ou 8 pontas, fenômeno conhecido por *asterismo*, ou formar um *chatoyance* ou *olho-de-gato*, quando uma única linha semelhante à pupila de um gato atravessa a superfície da gema.

Outro aspecto que agrega valor é o brilho, o qual está diretamente relacionado a uma correta lapidação, a um bom corte e polimento.

Devido às particularidades e limitações de cada espécie gemológica, as regras descritas nos parágrafos anteriores devem ser aplicadas com bom senso. Uma comparação pode ser feita com objetos mais presentes no dia a dia como as flores. A espécie rosa é composta por variedades brancas, amarelas, vermelhas entre outras, no entanto, não existe para essa espécie variedades de cor negra ou verde. A rosa tem um conjunto de características que são limitadas para sua espécie. Este raciocínio aplica-se também às gemas.

Por exemplo, é extremamente raro encontrar uma esmeralda muito transparente, pois a formação deste mineral não permite esta condição. Enquanto para outros minerais, e.g. variedades de quartzo (ametista e citrino) ou outras variedades de berilo (água-marinha e morganita) a alta transparência é mais comum (Fig. 14). Isto faz com que para a esmeralda exista uma tolerância maior em relação ao grau de transparência e qualidade, ao contrário de outras espécies minerais (Terra, 2019). Outro exemplo são gemas como água-marinha e kunzita. Esses dois minerais ocorrem geralmente com cores claras, azul e rosa-lilás, respectivamente. Neste caso, essas gemas terão qualidade gemológica mesmo com cores suaves, pois as suas constituições normalmente não permitem que tenham cores com alta saturação, ou seja, “vivas”. É uma limitação dessas variedades.

Portanto, as regras citadas anteriormente devem ser aplicadas levando em consideração as limitações de cada gema, sempre procurando manter o equilíbrio entre cada característica.

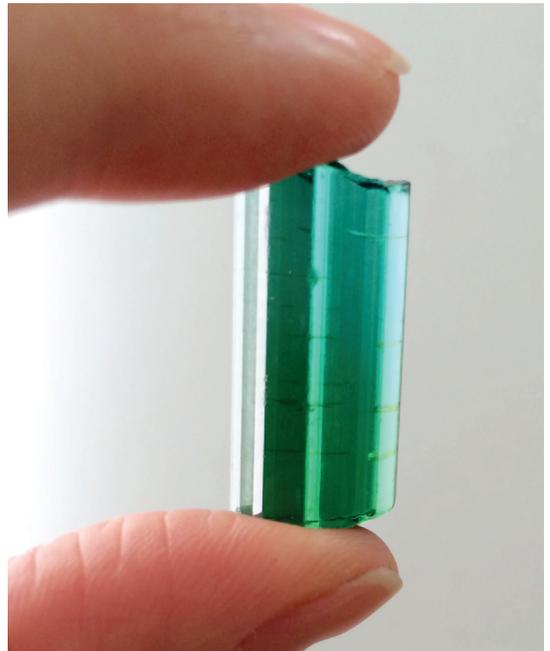


Figura 13. Cristal transparente de turmalina verde

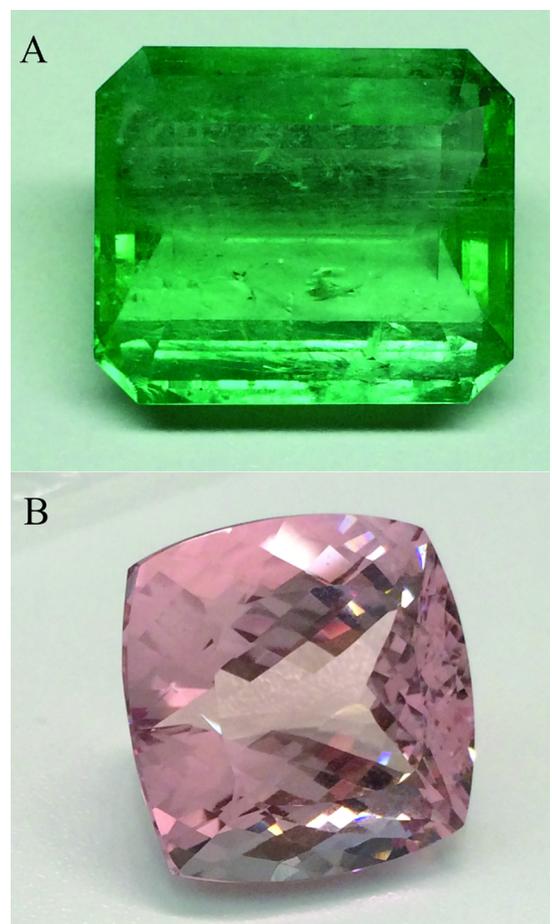


Figura 14. Variedades lapidadas do berilo: esmeralda com inclusões visíveis a olho nu (A) e morganita sem inclusões visíveis (B)

Durabilidade

A durabilidade de uma gema pode ser mais bem compreendida fazendo nova analogia com as flores, que nascem, desabrocham, secam e morrem, cumprindo um ciclo. O tempo de duração da vida de uma flor é pequeno quando comparado a uma gema, ou seja, as flores possuem menor durabilidade. No âmbito da Gemologia, três fatores estão relacionados a essa característica: dureza, tenacidade e estabilidade.

A dureza (D) é a resistência ao risco; quanto menor a dureza de uma gema mais facilmente ela poderá ser riscada, e vice-versa. Os minerais são classificados de acordo com a dureza numa escala que varia de 1 até 10 (escala de Mohs) e quanto maior o número na escala maior a dureza. Podemos citar como exemplos a apatita (D = 5), as variedades de quartzo (D = 7), topázio (D = 8), rubi e safira (D = 9), e o mineral diamante (D = 10), o qual tem a maior dureza conhecida no reino mineral. Materiais > 5 na escala de Mohs já são resistentes o suficiente para serem lapidados, por isso é difícil encontrar gemas com dureza abaixo desse valor, e.g. a fluorita (D = 4). Cabe lembrar que o material com maior dureza sempre riscará aquele com a dureza menor ou igual a sua, por isso, armazenar as gemas separadas uma das outras evita que suas superfícies sejam riscadas.

A resistência de um material em romper-se ou deformar-se está relacionado à tenacidade. A gema pode quebrar, lascar ou mesmo fraturar em direções onde possui ligações atômicas mais fracas. Por exemplo, o diamante possui a maior dureza de todas (D = 10) mas a sua tenacidade é baixa; devido a algum choque com uma superfície ou mesmo durante a cravação em uma joia, ele pode quebrar, mas não riscar. Outro exemplo: a jadeíta (D = $6\frac{1}{2}$ – 7) não é tão dura quanto um diamante ou topázio, mas apresenta alta tenacidade podendo, assim, ser esculpida sem quebrar. Vale ressaltar que o excesso de inclusões, as quais, no âmbito da Gemologia, considera-se qualquer feição inclusa no interior da gema, como por exemplo, inclusões fluidas, fraturas e clivagem, podem também interferir na resistência da gema, a qual torna-se frágil diante a lapidação ou manuseio. A gipsita normalmente não é utilizada como gema por possuir dureza baixa (D=2) combinada a uma clivagem perfeita (Fig. 15).

O último fator é a estabilidade, que se refere à resistência da gema aos efeitos da luz, calor e produtos químicos. Por exemplo, a solução utilizada para limpar uma safira não deve ser aplicada em um

peridoto ou uma apatita, pois pode causar sérios danos nos dois últimos exemplares. O quartzo rosa ou a kunzita, se expostos diariamente à luz solar, podem clarear e/ou perder a cor, enquanto a rodolita, se exposta à mesma luz do Sol, demanda tempo maior para ter sua cor alterada, devido à maior estabilidade da gema.

Saber o nível de tolerância de cada espécie mineral em relação a esses fatores é fundamental para a limpeza da joia (quando são utilizados produtos específicos); exposição numa vitrine ou até em condições de muita exposição solar.

Raridade

As ocorrências de algumas espécies minerais são raras na natureza, e.g. o berilo vermelho, enquanto outras são mais frequentes e conseqüentemente mais comuns, e.g. ametista. Por conseguinte, o valor comercial deste último mineral tende a ser menor do que o primeiro.

No entanto, a raridade também pode ser criada, como no caso do diamante incolor. Grandes empresas que detêm o monopólio do comércio de diamante controlam a oferta desse mineral no mercado e, conseqüentemente, o seu preço, criando a aparente sensação de que é uma espécie escassa. A ocorrência do diamante incolor não tem paridade com a abundância do cristal de quartzo, mas também não é tão raro como, por exemplo, a turmalina Paraíba, encontrada em apenas 3 minas no mundo (Fig. 16).



Figura 15. Cristal de gipsita bruto com clivagem perfeita visível e brilho sedoso



Figura 16. Turmalina variedade Paraíba em lapidação gota (23,70ct)

Demanda

Este fator está relacionado com a “raridade” da gema. A moda, o marketing, as tendências da época também influenciam na procura de determinados exemplares e, conseqüentemente, no preço. Na década de 20, o âmbar tornou-se uma das gemas mais valiosas da época, mas é atualmente pouco expressivo. Outro exemplo é a apatita azul: após a descoberta da turmalina paraíba (gema com alto valor no mercado), o preço e a procura pela apatita azul-neon aumentaram.

Tradição

A história de uma gema também agrega valor. Por exemplo, a famosa esmeralda colombiana da época do reinado de Aurangzeb (ca. 1695-6) da dinastia Mogul, possui uma prece islâmica esculpida em uma de suas faces e tem um valor muito maior em relação aos outros exemplares de mesma variedade. Joias que pertenceram a pessoas famosas também possuem um valor diferenciado, quase sentimental.

Portabilidade

As gemas muitas vezes são usadas para fins de investimento e moeda de troca. São objetos pequenos, de fácil transporte e que podem concentrar altos valores.

Considerações finais

As novas tecnologias melhoram a aparência dos minerais gemológicos e criam materiais sintéticos

cada vez mais semelhantes aos naturais. O estudo traz independência e o conhecimento básico de simples conceitos ajudará a fazer as melhores escolhas.

No Brasil, existe apenas um curso de graduação em Gemologia, criado recentemente, que é oferecido pela Universidade Federal do Espírito Santo. Cursos isolados são mais frequentes e podem ser encontrados em diversas instituições e ateliês, como por exemplo, na Universidade de São Paulo (“Técnicas gemológicas”) e no Atelier Márcia Pompei (“Iniciação à Gemologia”), ambos na cidade de São Paulo. Técnicas de identificação de gemas do básico ao avançado são oferecidas pelo Laboratório de Pesquisas Gemológicas (LAPEGE) do Centro de Tecnologia Mineral (CETEM) no Rio de Janeiro. A Universidade Federal de Minas Gerais também oferece disciplinas optativas em Gemologia. No exterior, existem grandes laboratórios de Gemologia que oferecem cursos isolados e bolsas de pesquisa, além de serem fontes imprescindíveis de informações atuais nesta área, é relevante citar: *Gemological Institute of America (GIA)*; *German Gemmological Association (DGemG)*; *Gübelin Gem Lab*; *Swiss Gemmological Institute (SSEF)*; *Gemmological Association of Great Britain (Gem-A)*; *Canadian Institute of Gemmology (CIG)* e *Université de Nantes (DUG Gemmologie)*.

É possível perceber que o universo de estudo da Gemologia versa tanto em conhecimentos simples, necessários para uma boa prática no comércio, como estudos avançados que podem revelar pistas sobre o modo de formação ou tratamento de determinada gema. Esta ciência transcende o âmbito da joalheria. Químicos pesquisam sobre pressões e temperaturas ideais para a síntese dos materiais gemológicos em laboratório, físicos estudam sobre a irradiação que causam centros de cores nas gemas, geólogos investigam a forma dos cristais e as inclusões para reunir pistas sobre a formação do planeta. Assim, o conhecimento da Gemologia como ciência fornece segurança e suporte tanto para o consumidor quanto para o cientista.

Agradecimentos

Agradeço ao meu amigo, orientador e professor Dr. Rainer Schultz-Güttler, um mestre que manteve a Gemologia viva durante anos lecionando a disciplina Técnicas Gemológicas no Instituto de Geociências na USP, um pesquisador incansável ensinando até os dias de hoje o que mais ama.

Referências

- Atelier Márcia Pompei (2020). *Curso Iniciação à Gemologia*. São Paulo, SP. URL: <https://www.ateliermarciapompei.com.br/cursos/iniciacao-a-gemologia/>. Acesso 20.04.2020.
- Barbosa, C. T. (2009). *A cor do citrino: efeito de irradiação e tratamento térmico*. (Trabalho Conclusão Curso). Rio Claro, Universidade Estadual de São Paulo, UNESP. 77p.
- Canadian Institute of Gemmology (CIG). (2020). *Accredited Gemmologist*. Vancouver (CA). URL: <https://www.cigem.ca/education/accredited-gemmologist>. Acesso 20.04.2020.
- Cornejo, C., & Bartorelli, A. (2010). *Minerais e pedras preciosas do Brasil*. São Paulo: Solaris Ed. Culturais. 704p. (ISBN 978-85-89820-09-7).
- CIBJO. The World Jewellery Confederation. (2017). *Blue books*. URL: <http://www.cibjo.org/introduction-to-the-blue-books-2/>. Acesso 20.04.2020.
- Federal Trade Commission (FTC). (2018). *Guides for the Jewelry, Precious Metals, and Pewter Industries*. URL: <https://www.ftc.gov/public-statements/2018/07/statement-basis-purpose-final-revisions-jewelry-guides>. Acesso 24.07.2018.
- Gavrilenko, E. (2020). *Gems inclusions. All about inclusion in gemstones*. URL: <https://www.gems-inclusions.com/#>. Acesso 07.02.2020.
- Gemmological Association of Great Britain. Gem-A. (s.d). *Gemmology Diploma*. London (UK). URL: <https://gem-a.com/education/courses/gemmology>. Acesso 20.04.2020.
- Gemological Institute of America. GIA. (2020). *GIA Education*. Carlsbad (CA). URL: <https://www.gia.edu/>. Acesso 20.04.2020.
- German Gemmological Association. DGemG. (s.d). *Coloured Stones Programme*. Idar-Oberstein (DE). URL: <https://www.dgemg.com/en/>. Acesso 20.04.2020.
- Grew, E. S., Locock, A. J., Mills, S. J., Galuskina, I. O., Galuskin, E. V., & Hålenius, U. (2013). Nomenclature of the garnet supergroup. *American Mineralogist*, 98, p. 785-811. doi: 10.2138/am.2013.4201.
- Gübelin, E. F., Koivula, J. I. (2004). *Photoatlas of inclusions in gemstones*. 4 ed. Gemological Institute of America. 532p. (ISBN: 978-38-55040-95-7).
- Gübelin Gem Lab. (2020). *Academy*. Lucerne (CH). <https://www.gubelingemlab.com/en/academy>. Acesso 20.04.2020.
- Henn, U., & Schultz-Güttler, R. (2012). Review of some current coloured quartz varieties. *The Journal of Gemmology*, 33 (1-4), 29-43.
- Hanneman, W. W. (2011). *Pragmatic Spectroscopy for Gemologists*. 2 ed. Vancouver, Canadá, Hanneman Gemological Instruments. 64p.
- Henry, D. J., Novák, M., Hawthorne, F. C., Ertl, A., Dutrow, B. L., Uher, P., & Pezzotta, F. (2011). Nomenclature of the tourmaline-supergroup minerals. *American Mineralogist*, 96, 895-913. doi: 10.2138/am.2011.3636.
- International Mineralogical Association (IMA). (2020). *List of Minerals. March 2020*. URL: <https://www.ima-mineralogy.org/Minlist.htm>. Acesso 15.04.2020.
- Johnston, C. W., Wyatt, M. A., Li, X., Ibrahim, A., Shuster, J., Southam, G., & Magarvey, N. A. (2013). Gold biomineralization by a metallophore from a gold-associated microbe. *Nature Chemical Biology*, 9, 241-243. doi: 10.1038/nchembio.1179.
- Klein, C., & Dutrow, B. (2012). *Manual de Ciência dos Minerais*. Bookman, 23. ed. 716p. (ISBN: 978-85-7780-963-9).
- Laboratório de Pesquisas Gemológicas (LAPEGE). (2020). *Técnicas de identificação de Gemas: do básico ao avançado*. Centro de Tecnologia Mineral (CETEM). Rio de Janeiro. URL: <https://www.cetem.gov.br/lapege>. Acesso 20.04.2020.
- Nassau, K. (2001). *The Physics and Chemistry of Color: The Fifteen Causes of Color*. 2 ed. New York, Wiley-Blackwell. 504 p. (ISBN: 978-0-471-39106-7).
- Nesse, W. D. (2016). *Introduction to mineralogy*. Oxford University Press. 3 ed. New York. 512p. (ISBN: 978-01-90618-35-3).
- Munsell Color. (2020). *Munsell's theory of color*. URL: <https://munsell.com/about-munsell-color/>. Acesso 28.04.2020.
- Pasero, M., Kampf, A. R., Ferraris, C., Pekov, I. V., Rakovan, J., & White, T. J. (2010). Nomenclature of the apatite supergroup minerals. *European Journal of Mineralogy*, 22(2), 163-179. doi: 10.1127/0935-1221/2010/0022-2022.
- Reith, F., Etschmann, B., Grosse, C., Moors, H., Benoitman, M. A., Monsieurs, P., Grass, G., Doonan, ... & Brugger, J. (2009). Mechanisms of gold biomineralization in the bacterium *Cupriavidus metallidurans*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(42), 17757-17762. doi: 10.1073/pnas.0904583106.
- Schultz-Güttler, R., & Brusa, L. (2006). As cores nas gemas. *Diamond News*, 6(24), p. 6-8. (ISSN: 1678-4863).
- Schumann, W. (2013). *Gemstones of the world*. 5 ed. New York: Sterling. 418p. (ISBN: 978-1-4549-0953-8).
- Swiss Gemmological Institute. SSEF. (2020). *Basic Gemmology Course (BGC)*. URL: <https://www.ssef.ch/courses/>. Acesso 20.04.2020.
- Terra, C. B. (2012). *A origem do quartzo "green gold": tratamento e ambiente geológico*. (Dissertação de Mestrado). São Paulo, Universidade de São Paulo, USP. 132p.
- Terra, C. B., & Schultz-Güttler, R. (2017). *As variações de cores do quartzo green gold*. In: Anais do I Simpósio Nacional de Ourivesaria e Design de Joias e IV Seminário de Gemologia, Belo Horizonte, 157-172. (ISBN: 978-85-62578-80-9).

-
- Terra, C. B. (2019). *Introdução à gemologia: minicurso*. Editora: Cassandra Terra Barbosa. Ed. 1, Brasília, p. 117. (ISBN: 978-65-901692-0-4).
- Université de Nantes. (2019). *DUG Gemmologie*. Nantes (FR). URL: <https://sciences-techniques.univ-nantes.fr/formations/du-gemmologie-2020271.kjsp>. Acesso 20.04.2020.
- Universidade de São Paulo. (2020). *Disciplina: GMG0425. Técnicas Gemológicas*. São Paulo (SP). URL: <https://uspdigital.usp.br/jupiter-web/obterDisciplina?sgldis=GMG0425&cod-cur=44011&codhab=100>. Acesso 20.04.2020.
- Universidade Federal de Belo Horizonte. (2020). *Gemologia*. Belo Horizonte (MG). URL: <https://ufmg.br/cursos/pos-graduacao/mestrado/2546/02/90605/68448>. Acesso 20.04.2020.
- Universidade Federal do Espírito Santo. (2013). *Curso de Gemologia*. Vitória (ES). URL: <http://www.gemologia.ufes.br/curriculo-do-curso-c-ppc>. Acesso 20.04.2020.
- Yanko, V., Arnold, A. J., & Parker, W.C. (1999). Effects of marine pollution on benthic Foraminifera. In: *Modern Foraminifera*. Dordrecht, Springer. p. 217-235. doi: 10.1007/0-306-48104-9_13.