

Capítulo 6

Técnicas de identificação e certificação de gemas

Pedro Luiz Juchem, Tania Mara Martini de Brum
Laboratório de Gemologia, Departamento de Mineralogia e Petrologia
Instituto de Geociências, UFRGS
labogem@ufrgs.br

Resumo

A identificação e certificação de gemas lapidadas exigem a utilização de técnicas analíticas não destrutivas, pois qualquer dano causado pode diminuir sensivelmente o valor desses materiais. As técnicas de rotina de um Laboratório de Gemologia para diferenciar as gemas de produtos sintéticos ou de imitações, incluem a determinação de propriedades físicas e ópticas desses materiais com o uso de equipamentos específicos. Para complementar a identificação de certos produtos sintéticos ou para reconhecer alguns tratamentos de melhoria de qualidade ou ainda para obter mais detalhes sobre a procedência ou origem geológica de certas gemas, pode ser necessária a utilização de algumas técnicas mais sofisticadas, não destrutivas ou minimamente invasivas, que estudam a composição atômica e a estrutura cristalina desses materiais.

Palavras chave: Laboratório de Gemologia, gemologia, gemas lapidadas

1 | Introdução

Gema é toda a substância usada como adorno pessoal, ornamento ou objeto de arte, possuindo como características beleza, durabilidade e raridade. Os materiais gemológicos podem ser utilizados em joias (por exemplo, diamante, ametista), como material de ornamentação (por exemplo, geodos de ametista) ou de coleção (por exemplo, meteoritos), ou ainda como material artístico (por exemplo, esculturas em ágata ou em mármore). Os materiais utilizados como gemas podem ser naturais, sintéticos ou artificiais. Dentre os materiais naturais, a grande maioria é constituída de minerais, como esmeralda e rubi, mas incluem também rochas, como o lápis-lazúli, e materiais orgânicos, como a pérola e o âmbar. As gemas sintéticas são produzidas em laboratório, mas tem um equivalente natural (por exemplo, esmeralda sintética, rubi sintético), enquanto que os produtos artificiais são também fabricados em laboratório para imitar gemas, mas não tem um equivalente natural, como a zircônia cúbica, a principal imitação do diamante.

Na caracterização de minerais de interesse gemológico no estado bruto, os geólogos podem identificar uma série de características inerentes a esses materiais, como formas cristalinas, hábitos dos cristais, tipos de agregados, dureza, clivagem, tenacidade, cor, brilho, densidade, reações a ataques químicos, dentre outras, que na maioria das vezes permitem a sua identificação. Quando um mineral é lapidado, muitas dessas propriedades são destruídas ou mascaradas, dificultando e, na maioria das vezes, impedindo a sua identificação. Uma gema lapidada não pode ser submetida a nenhum tipo de análise destrutiva (como análises químicas ou dureza) sob risco de ser danificada. Em alguns casos podem ser aplicados testes com um microdurômetro, como exemplificado no capítulo 13. O valor comercial que é agregado a uma gema lapidada, por si só já justifica a não realização de qualquer teste que possa danificar a pedra e assim afetar seu valor. Além disso, é comum que as gemas sejam acompanhadas de valor afetivo – fazem parte de joias de família, são lembranças de algum episódio importante ocorrido na vida das pessoas, etc. – o que torna ainda mais trágica a possibilidade de danificar esses materiais com algum teste analítico, mesmo que sejam uma simples imitação de vidro. Por isso, a

identificação de materiais lapidados exige a utilização de técnicas analíticas não destrutivas, algumas relativamente simples e outras mais sofisticadas, mas todas envolvendo uma série de equipamentos específicos e ainda pouco conhecidos do público em geral.

Neste capítulo são apresentadas as técnicas não destrutivas de identificação de gemas lapidadas utilizadas no Labogem/UFRGS. Essas técnicas são as mesmas rotineiramente utilizadas na caracterização de materiais gemológicos em qualquer laboratório no mundo e que servem como base para a emissão de certificados de identificação desses materiais. A caracterização de gemas inclui medidas de densidade e a determinação de suas propriedades ópticas com o uso de equipamentos como polariscópio, dicróscópio, refratômetro, filtros de absorção de cor, luz ultravioleta, lupas, microscópio gemológico e espectroscópio. Essas técnicas fornecem resultados que permitem identificar se uma gema é natural ou sintética, ou se é um produto artificial fabricado para imitar uma gema. Ainda, o estudo de inclusões cristalinas e fluidas pode dar informações sobre a procedência de um material natural e sobre os processos geológicos envolvidos na sua cristalização. Com o incremento das tecnologias envolvidas nos processos de síntese de gemas e de tratamentos de melhoria da qualidade desses materiais, pode ser necessária a utilização de algumas técnicas mais sofisticadas de análise, que serão descritas nos capítulos seguintes deste livro e que estão disponíveis em diferentes laboratórios da UFRGS. Para estudos de detalhe sobre procedência de gemas, alguns laboratórios utilizam uma técnica de análise química minimamente invasiva conhecida como LA-ICP-MS (*Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry*). Nessa técnica, é extraída com raio laser uma amostra de dimensões micrométricas da cintura da pedra lapidada, que é vaporizada e analisada, deixando uma micro-cavidade só visível com lupa ou microscópio.

2 | Alguns conceitos básicos para a caracterização de gemas

2.1 | A luz nos minerais

A luz é uma forma de energia eletromagnética que se propaga no espaço através de ondas transversais, cujos campos elétricos e magnéticos

vibram perpendicularmente à sua direção de propagação, apresentando as variáveis expressas na figura 1a [1]. As ondas eletromagnéticas correspondem a um espectro que vai desde os raios gama até as ondas longas de rádio. Uma pequena faixa desse espectro, limitada a comprimentos de onda que variam aproximadamente entre 390 e 790 nm, é visível para o olho humano. A cada intervalo de comprimento de onda corresponde uma cor determinada, que vai desde o violeta (~ 400 nm) até o vermelho (~ 700 nm), passando pelo indigo, azul, ciano, verde, amarelo e laranja (figura 1b).

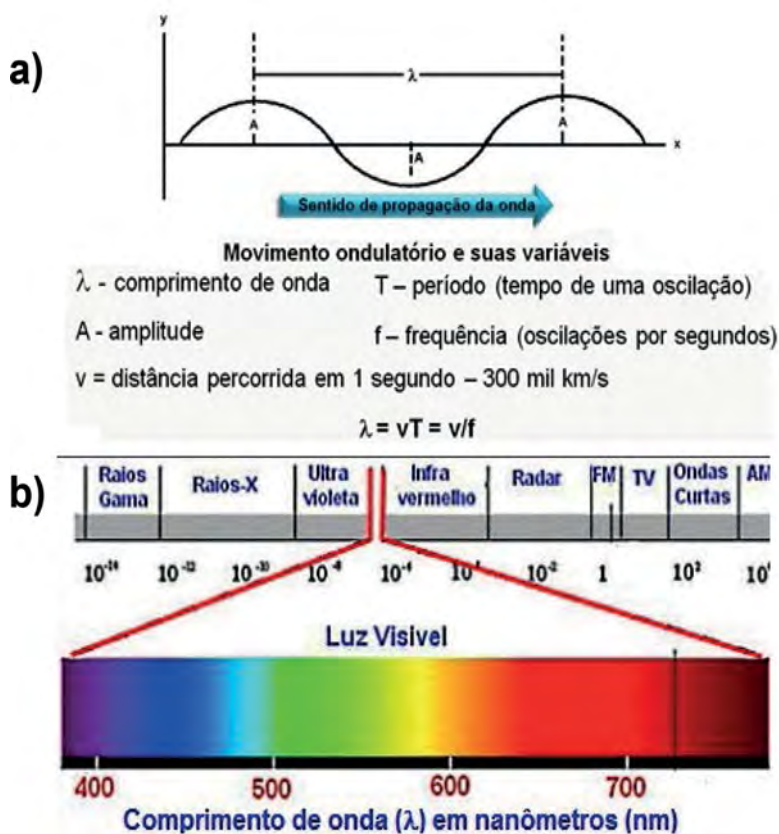


Figura 1

O espectro eletromagnético e a luz. a) Representação esquemática de uma onda transversal e suas principais variáveis. Modificado de [1]; b) o espectro eletromagnético mostrando os principais tipos de ondas, destacando o intervalo correspondente à luz visível pelo ser humano. Modificado de [2].

2.2 | Luz polarizada

Os campos eletromagnéticos que compõe um feixe de luz vibram em todas as direções perpendicularmente à sua direção de propagação (figura 2a). Certas substâncias possuem a capacidade de restringir a vibração da luz a um só plano (como certos polímeros), deixando-a polarizada ou plano polarizada (figura 2b). Essa propriedade é importante porque é aplicada em parte dos equipamentos utilizados na identificação de gemas lapidadas.

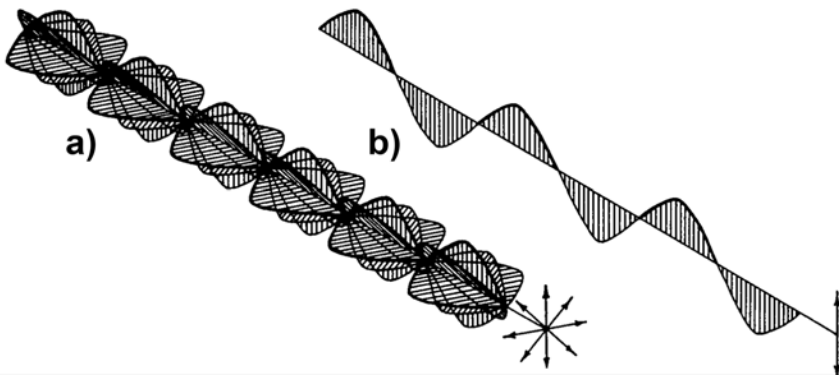


Figura 2

Luz polarizada. a) Um feixe de luz cujos campos eletromagnéticos vibram em todas as direções perpendiculares à sua direção de propagação; b) luz polarizada (ou plano-polarizada), cujo campo eletromagnético vibra somente em um plano que contém a direção de propagação. Extraído de [1].

2.3 | Refração e reflexão da luz

Quando um feixe de luz que se propaga no ar atinge uma superfície que separa dois meios transparentes com densidades diferentes, por exemplo, ar e água (figura 3a), ou ar e uma gema (figura 3b), parte dessa luz é refletida e parte dela penetra no outro meio, onde é transmitida com uma velocidade diferente da inicial. Essa variação de velocidade provoca um desvio na trajetória do feixe de luz que é chamado de refração e pode ser visto facilmente ao mergulharmos um objeto em um copo com água (figura 3a). Quanto maior for a diferença de densidade entre os dois meios, maior será o desvio que o raio sofre, isto é, maior será a refração. O

quanto a luz refrata é uma propriedade constante para cada espécie mineral, sendo por isso uma das principais características diagnósticas utilizadas na identificação de gemas lapidadas [3]. A refração é expressa através do índice de refração (IR), que é definido pela equação 1:

$$IR = V_{\text{ar}} / V_{\text{min}} \quad (1)$$

onde V_{ar} é a velocidade da luz no ar e V_{min} é a velocidade da luz no mineral.

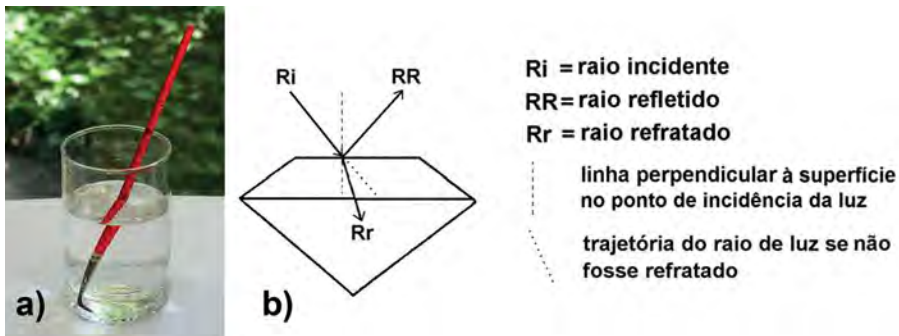


Figura 3

Refração e reflexão da luz; a) refração da luz observada através do deslocamento da imagem de um pincel mergulhado em um copo de água; b) refração e reflexão da luz em uma gema lapidada.

2.4 | Isotropia e anisotropia; dupla refração

Um mineral é isótropo para a luz quando um raio de luz (polarizado ou não) ao penetrar esse mineral, é refratado igualmente em qualquer direção [4] e, portanto, se desloca sempre com a mesma velocidade dentro do mineral (figura 4a). Esses minerais são chamados de monorrefringentes, porque tem um único índice de refração (Ex. diamante e granadas). Um mineral é anisótropo para a luz quando um raio de luz (polarizado ou não) ao penetrar esse mineral é dividido em dois raios de luz, cada um refratado e polarizado, com planos de polarização perpendiculares entre si (figura 4b) [4]. Esses minerais terão dois índices de refração distintos para os raios plano-polarizados e por isso são denominados de birrefringentes

(Ex. ametista e esmeralda). A birrefringência em geral só é identificada com equipamentos ópticos, mas na calcita pode ser vista em amostras de mão transparentes, e por isso muitas vezes ela é denominada no comércio de “calcita óptica” (figura 4c).

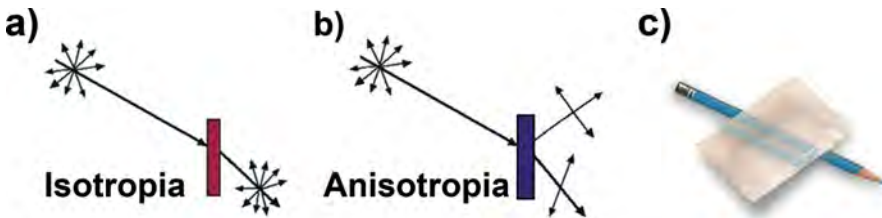


Figura 4

Isotropia e anisotropia da luz. a) Esquema mostrando um feixe de luz não polarizado que ao atravessar um mineral isótropo, refrata e continua a se deslocar sem polarizar a luz; b) esquema mostrando um feixe de luz não polarizado que ao atravessar um mineral anisótropo, refrata e se desdobra em dois raios de luz polarizados com planos de polarização perpendiculares entre si, cada um com seu próprio índice de refração; c) cristal de calcita transparente exibindo o fenômeno da dupla refração.

2.5 | Lapidação

A lapidação é o processo de corte e polimento de gemas, sendo o principal beneficiamento e o melhor meio de agregar valor aos materiais gemológicos, pois objetiva mostrar as melhores características de cor e brilho da gema [5]. Consiste em selecionar as partes mais límpidas e com melhor cor de uma gema bruta, cortar esse material em diferentes formatos (redondo, oval, retangular, etc.) e depois polir a pedra, a fim de torná-la mais brilhante e valiosa. Existem basicamente dois tipos de lapidação (figura 5): lisa e facetada. Na lapidação lisa a pedra é apenas polida em uma única superfície, sendo mais utilizada em gemas opacas ou translúcidas. A parte superior pode ser plana ou convexa (cabochão ou *cabochon*) e a inferior plana, convexa ou côncava (figura 5a). Na lapidação facetada, mais utilizada em gemas transparentes (figura 5b), a pedra é dividida em várias facetas e as suas medidas devem ser proporcionadas de tal maneira que toda a luz que penetra na gema seja refletida, retornando ao observador, aumentando assim o seu brilho e realçando sua cor. A parte superior da gema é denominada de coroa e a parte inferior de pavilhão, sendo as

duas partes separadas pela cintura, que em geral não é polida (figura 5c). Existe ainda a lapidação mista, em que uma parte (coroa ou pavilhão) é facetada e a outra parte é lisa.



Figura 5

Tipos de lapidação. a) Lapidação lisa – três cabochões com formato em gota, redondo e oval e duas formas livres, em opala nobre de Pedro II (PI); b) lapidação facetada em ametista e citrino do RS – cinco amostras retangulares, uma oval e uma gota; c) partes de uma gema lapidada. A faceta maior é chamada de mesa.

3 | Técnicas analíticas para identificação e certificação de gemas

3.1 | Massa e densidade

A unidade de medida de peso utilizada para gemas é o quilate (*carat*, em inglês; símbolo = ct), que corresponde a 200 mg (1 ct = 200 mg). O quilate pode ser dividido em 100 pontos, para se referir no comércio ao peso de gemas muito pequenas, mas que ainda podem apresentar um valor significativo, como o diamante.

A densidade é uma medida que expressa a razão entre a massa de um material e o volume por ele ocupado. É uma propriedade específica e característica de cada material, pois está relacionada com a composição química e o arranjo dos átomos que o compõe [3]. A massa é determinada por pesagem (em kg), e seu valor numérico é igual ao módulo da força peso (em kgf), por isto coloquialmente massa e peso são utilizados com o mesmo significado.

Existem várias técnicas para medidas de densidade utilizadas em diferentes materiais. Em gemologia é muito utilizada a balança hidrostática, onde a gema a ser analisada é pesada no ar e depois é pesada mergulhada

em água destilada (figura 6a). Obtém-se a densidade d usando o princípio de Arquimedes pela equação 2 [6]:

$$d = M_{ar} / V \quad (2)$$

onde M_{ar} é a massa da gema no ar, M_{ag} é a massa da gema imersa em água destilada e o volume V é a diferença entre as duas massas ($M_{ar} - M_{ag}$).

No Labogem/UFRGS é utilizada uma balança analítica da marca Marte, para obter a massa de gemas em gramas (precisão de 0,001g) ou diretamente em quilates (precisão de 0,01 ct). Essa mesma balança pode ser adaptada para pesar as gemas dentro de água destilada e assim transforma-se em uma balança hidrostática para obter medidas de densidade (figura 6b).

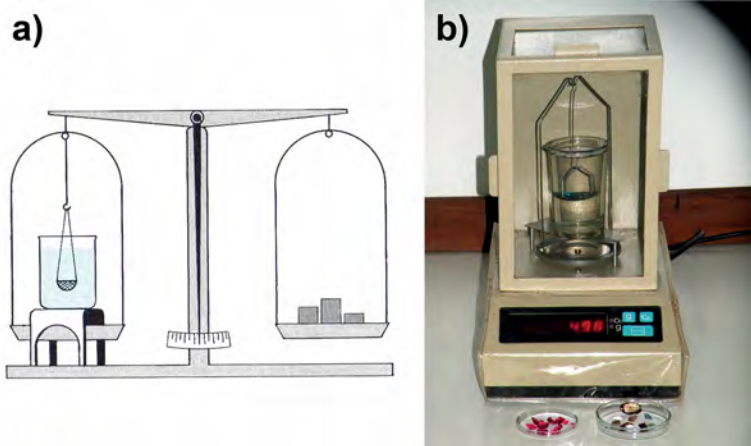


Figura 6
Medidas de massa e de densidade. a) Esquema de uma balança hidrostática, mostrando como uma gema é pesada dentro de um recipiente com água destilada. Extraído de [6]; b) balança de precisão Marte do Labogem/UFRGS, adaptada com o dispositivo para ser usada como balança hidrostática.

3.2 | Isotropia e anisotropia; polariscópio

O polariscópio (figura 7a) é um equipamento utilizado para determinar se uma gema é isotrópica ou anisotrópica. A luz que passa por um polarizador (direção N-S), ao encontrar outro polarizador (analisador), cujo plano está a 90° do primeiro (direção E-O), é totalmente barrada [7]. Assim, olhando através dos dois polarizadores perpendiculares, se observa um campo totalmente escuro (figura 7b). Se os dois polarizadores não estão perpendiculares, parte da luz consegue atravessar (figura 7c), chegando ao máximo quando estão paralelos.

Se entre o polarizador e o analisador for colocada uma gema anisotrópica (por exemplo esmeralda, ametista), a luz proveniente do polarizador ao atravessar o cristal se desdobra em dois raios plano polarizados, com planos de polarização perpendiculares entre si, como exemplificado na figura 4b. Girando-se essa gema, quando o plano de polarização de um desses raios de luz coincidir com o plano do polarizador, ocorre um fenômeno óptico que faz com que esse raio de luz atravesse o mineral sem se desdobrar em dois, mantendo somente a direção do polarizador. Nesse caso, esse raio de luz é barrado pelo analisador e o mineral fica escuro (extinto). Continuando a girar a gema, quando esta sair da posição de coincidência do plano de oscilação de um dos raios de luz com o plano do polarizador, o raio de luz proveniente se desdobra novamente em dois, e uma parte dessa luz consegue atravessar o analisador, permitindo que se observe o mineral em diferentes intensidades de iluminação à medida que se gira a pedra, até completar um giro de 90° da posição inicial, quando o fenômeno de eliminação de um dos raios se repete e a gema volta a ficar extinta. Essa situação se repete a cada 90° e, portanto, 4 vezes em um giro de 360° da gema (figura 7d).

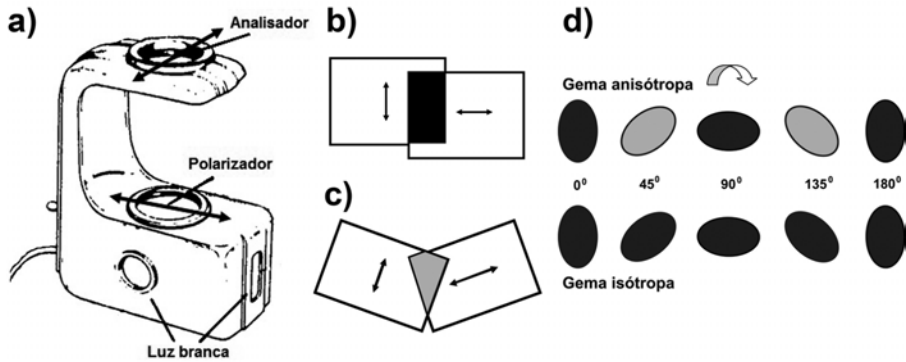


Figura 7

Anisotropia e o polariscópio. a) Esquema de funcionamento de um polariscópio, mostrando o polarizador e o analisador com planos de polarização (setas) perpendiculares entre si. Modificado de [8]; b) observação através de dois polarizadores com planos de polarização a 90°; c) idem a b) com um ângulo diferente de 90°; d) comportamento de uma gema anisótropa e de uma gema isotrópica observadas ao polariscópio.

Se entre os dois polarizadores for colocada uma gema isotrópica (por exemplo, diamante, granada), a luz proveniente do polarizador ao atravessar o cristal se mantém sempre polarizada na mesma direção e, ao chegar ao analisador é barrada. Girando-se essa gema de 360°, ela permanecerá sempre escura (extinta), sem passagem de luz (figura 7d).

3.3 | Cor e pleocroísmo; dicroscópio

A cor é uma das características mais importantes das gemas, pois está ligada diretamente à sua beleza e define as variedades gemológicas da maioria dos minerais. Quando a luz incide em uma gema, uma parte dos seus comprimentos de onda é absorvida e outra parte é refletida e transmitida através da pedra. A cor de uma gema corresponde ao somatório dos comprimentos de onda que não foram absorvidos. Se nenhum comprimento de onda é absorvido, ela é incolor; se toda a luz é absorvida, a pedra aparece preta; e se todos os comprimentos de onda são refletidos com a mesma intensidade, a pedra é branca.

Os minerais coloridos e anisótropos podem apresentar uma absorção seletiva dos comprimentos de onda, de acordo com a direção em

que se propagam. Assim, um mesmo mineral pode exibir uma cor ou tonalidades de cor diferentes, conforme a direção em que é observado [3]. Essa propriedade é denominada de pleocroísmo, e os minerais que a apresentam são pleocróicos. Esse fenômeno na maioria das vezes não é possível de ser observado diretamente nos cristais, porque os olhos transmitem ao cérebro o somatório dos comprimentos de onda que vibram nas duas direções que os interpreta como uma cor só.

O pleocroísmo é identificado nas gemas através de um equipamento simples, denominado dicroscópio, pois permite a observação direta de duas cores de pleocroísmo. É constituído de um pequeno cilindro (aproximadamente 5 cm de comprimento), onde em uma extremidade estão colocados lado a lado dois polarizadores com planos de vibração perpendiculares entre si, e no outro extremo uma lente (figura 8b) [7]. Ao se observar uma gema pleocróica através deste aparelho, ocorre o seguinte fenômeno: o feixe de luz despolarizado ao atravessar a gema se transforma em dois raios de luz polarizados vibrando a 90° entre si, e cada raio transmite uma cor particular (figura 8a). Quando um desses raios de luz coincidir com o plano de vibração de um dos polaróides (da janela esquerda, por exemplo), passa livremente por ele, transmitindo uma determinada cor, sendo barrado no polaróide da direita. Nesse momento, o outro raio de luz, que transmite outra cor, está coincidente com o plano de vibração do polaróide da janela direita, passando livremente por ela, sendo barrado no polaróide da esquerda. Assim, obtêm-se lado a lado nas duas janelas, duas das cores de pleocroísmo dessa gema (figura 8c); ao girar o dicroscópio, as cores das janelas são gradativamente trocadas, ou podem surgir outras cores que essa gema pode transmitir. O pleocroísmo é descrito pela intensidade da variação das cores (forte, médio, fraco) e pela quantidade e tipos de cores exibidas, características que são importantes na identificação de uma gema.

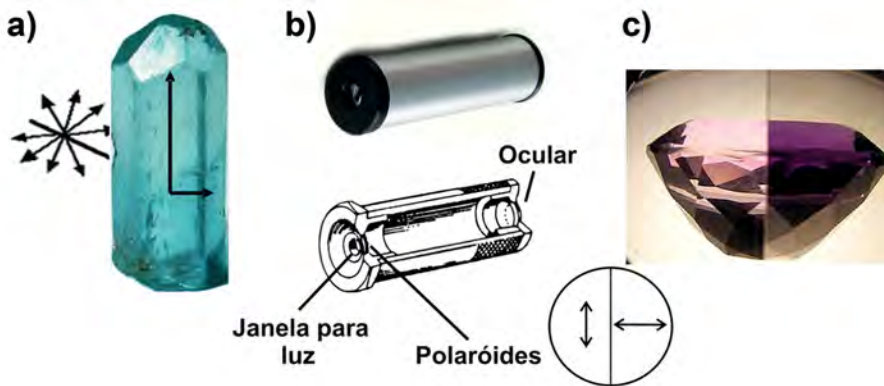


Figura 8

Pleocroísmo e o dicróscópio. a) Um feixe de luz não polarizada ao incidir sobre um mineral anisótropo é desdobrado em dois raios de luz com planos de polarização perpendiculares entre si; b) um dicróscópio e seu esquema de funcionamento, mostrando no detalhe os polaróides com planos de polarização perpendiculares entre si. Modificado de [7]; c) exemplo de dicróismo observado em uma gema lapidada.

3.4 | Índices de refração; refratômetro

Com o refratômetro é possível determinar várias características ópticas importantes de uma gema: o valor numérico dos índices de refração (IR), o caráter óptico (uniaxial ou biaxial), o sinal óptico (positivo ou negativo) e o valor numérico da birrefringência, que é a diferença entre os valores de IR máximo e mínimo [3, 6]. Estas características somadas, associadas ao valor da densidade, praticamente são únicas para uma gema, permitindo na maioria das vezes a sua identificação já nessa fase.

O refratômetro (figura 9) tem seu princípio de funcionamento baseado no ângulo crítico para a reflexão total da luz, que é um ângulo de incidência da luz a partir do qual não há mais refração quando a luz passa de um meio mais refringente para outro menos refringente. Para a leitura dos índices, a gema é colocada na superfície plana de um vidro (“janela” do refratômetro) com $IR=1,81$, sobre um líquido de contato com o mesmo índice, a fim de impedir a formação de uma camada de ar na interface gema/vidro e, conseqüentemente, desvios dos raios de luz. Esse líquido de contato tem também a função de impedir que a gema analisada entre em contato diretamente com a janela de vidro do refratômetro, impedindo

que seja danificada, pois este vidro tem dureza inferior à grande maioria das gemas. Uma fonte de luz monocromática (com comprimento de onda da luz correspondente à cor amarela) emite um feixe de luz que atravessa o vidro e o líquido e incide sobre a superfície da gema. Parte da luz é refratada e outra parte é refletida, a partir de certo ângulo de incidência (ângulo crítico para a reflexão daquela gema que está relacionado com o seu índice de refração). Isso gera um campo claro (onde se desloca a luz refletida) e outro campo escuro no vidro (onde a luz foi refratada) e, interpolando-se uma escala entre o vidro, a lente e o espelho que levam a imagem para a ocular, é possível ler diretamente o valor numérico dos índices de refração daquela gema, no limite da sombra que se observa pela ocular (figura 9a). No caso de gemas anisótropas aparecem duas sombras, porque essas gemas são birrefringentes. Para facilitar a leitura, é colocado um polarizador em frente à ocular que, ao ser girado, ora elimina um raio de luz e ora elimina o outro, permitindo a leitura de cada IR separadamente. Esse refratômetro está limitado à leitura de índices de refração entre 1,30 e 1,81, o que abrange a grande maioria das gemas conhecidas.

No Labogem/UFRGS é utilizado o refratômetro de contato marca *Topcon*, que permite a leitura de índices de refração com precisão de 0,001.

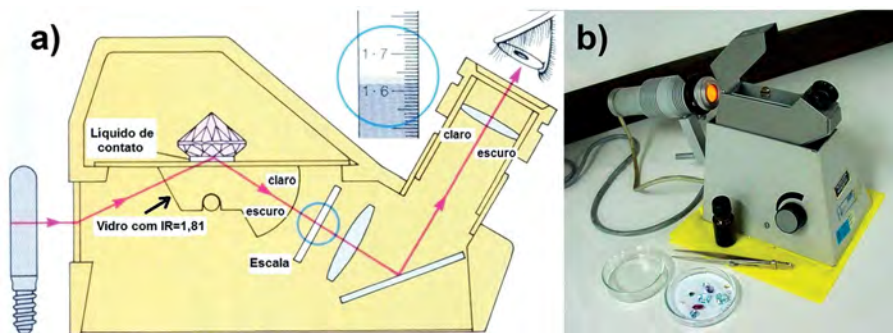


Figura 9

Refratômetro gemológico de contato. a) Esquema de funcionamento: a luz incide sobre a gema após atravessar o vidro e o líquido de contato com $IR=1,81$, sendo parte refratada e parte refletida, a partir de um ângulo crítico para a reflexão, relacionado com o IR da gema, gerando um campo claro e um campo escuro. O valor do IR é lido em uma escala interpolada, exatamente no limite entre a parte clara e escura. Modificado de [6]; b) Refratômetro Topcon do Labogem/UFRGS com o frasco de líquido de contato e uma gema colocada na posição para leitura dos IR.

3.5 | Absorção seletiva da luz; filtros de absorção de cor

Os filtros de absorção cor são utilizados como um método auxiliar na identificação de algumas gemas e consistem em películas de vidro ou resinas, que tem a propriedade de absorver determinados comprimentos de onda da luz. O exame por meio do filtro se baseia na observação da diferença entre a cor que apresenta uma gema quando observada a olho nu e a sua cor residual quando vista através do filtro [3, 7]. Os filtros usualmente empregados em gemologia são o filtro de Chelsea e os filtros de Göttinger e são utilizados basicamente para diferenciar esmeralda natural da sintética (eventualmente de vidro e turmalina verde) e água-marinha das suas imitações comuns (vidro sintético, espinélio sintético e topázio).

O filtro de Chelsea, mais conhecido e utilizado, consiste de uma película de cor verde oliva claro que absorve a maior parte da luz visível e transmite somente o vermelho profundo (690 nm) e o amarelo-verde (570 nm). A esmeralda, apesar de exibir uma cor verde, transmite um componente da luz vermelha (690 nm) e absorve o amarelo-verde (570 nm). Logo, quando observada com o filtro de Chelsea, aparece com a cor vermelha. A esmeralda sintética também aparece vermelha ao exame com esse filtro, porém numa tonalidade mais intensa, fulgurante, o que permite diferenciá-la da natural na maioria das vezes. A água-marinha tende a apresentar tonalidades esverdeadas sob esse filtro, enquanto que imitações como o espinélio sintético e o vidro azul aparecem avermelhadas.

Existem dois filtros de Göttinger, um para esmeralda e outro para água-marinha (figura 10). O filtro de Göttinger para esmeralda consiste em uma película de cor violeta avermelhada, que absorve a maior parte da luz visível e transmite somente o vermelho profundo e o azul violeta. Os efeitos observados para esmeralda natural e sintética são semelhantes aos do Filtro de Chelsea. O filtro de Göttinger para água-marinha é formado por duas películas sobrepostas, uma azul e outra amarela. A água-marinha, quando examinada sob esse filtro, apresenta uma cor verde-azulada, mesma cor que pode apresentar o topázio azul e alguns tipos de vidro, frequentemente usados para imitar água-marinha; já o espinélio sintético, que é uma imitação frequente da água-marinha, exibe em geral uma cor rósea.

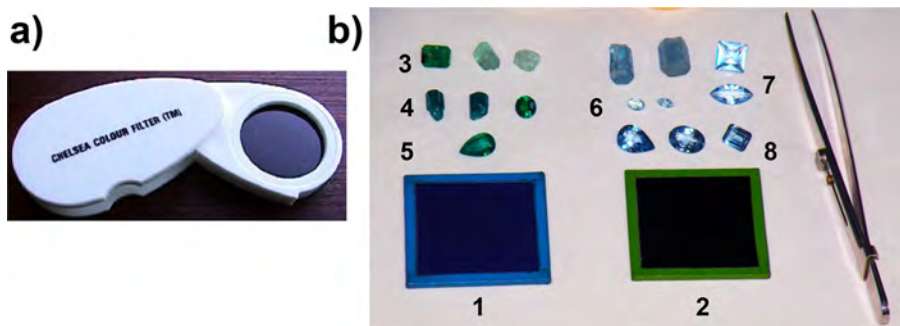


Figura 10

Filtros de absorção de cor. a) Filtro de Chelsea; b) filtro de Göttinger 1 – para esmeralda e 2 – para água-marinha; gemas que em geral são examinadas com os filtros: 3 – esmeralda natural (duas amostras brutas e uma lapidada); 4 – esmeralda sintética (duas amostras brutas e uma lapidada); 5 – vidro sintético; 6 – água-marinha (duas amostras brutas e duas lapidadas); 7 – vidro sintético; 8 – espinélio sintético.

A utilização dos filtros deve ser feita com cautela, porque pequenas variações na composição química de uma gema podem modificar os efeitos descritos na literatura. O seu emprego é bastante útil na observação de lotes de pedras, pois se há imitações misturadas às gemas naturais, elas se destacam dentre as demais.

3.6 | Fluorescência; lâmpada ultravioleta

A fluorescência é o fenômeno de emissão de luz por um mineral, quando este é irradiado com luz ultravioleta de ondas longas (UVL = 315 a 400 nm) ou de ondas curtas (UVC = 200 a 280 nm). O fenômeno ocorre devido à presença de determinados elementos químicos na estrutura cristalina dos minerais que reagem a esses tipos de radiação, emitindo luz [3]. Alguns minerais gemológicos não são fluorescentes e outros podem ou não ser fluorescentes. Somente em algumas espécies minerais a fluorescência emitida apresenta cor constante e, portanto, diagnóstica. Assim, a fluorescência pode ser um auxiliar muito útil na identificação de determinadas gemas, mas deve ser utilizada com cautela, pois raramente serve isoladamente como uma prova definitiva, já que os efeitos de fluorescência descritos na literatura podem variar. Pequenas variações na composição química causada por elementos menores ou até por elementos-traço, o que depende do ambiente geológico em que se formam os minerais,

podem produzir reações diferentes à luz ultravioleta. O diamante, por exemplo, é um mineral cuja fluorescência é considerada diagnóstica. Esse mineral exibe dois comportamentos distintos: pode ser inerte à luz ultravioleta ou emitir fluorescência. No caso de ser fluorescente, emite em geral dois tipos de luz característicos quando irradiado com UVL: azul celeste brilhante ou amarelo esverdeado; pode ainda emitir, por vezes, diferentes tonalidades de azul esverdeado, verde ou rosado [3, 8].

A fluorescência é descrita pela intensidade da emissão das cores (forte, média, fraca) e pelas cores ou tonalidades de cores exibidas. No Labogem/UFRGS são utilizados equipamentos com lâmpadas ultravioletas (UVL e UVC) da marca *Krüss* (figura 11).

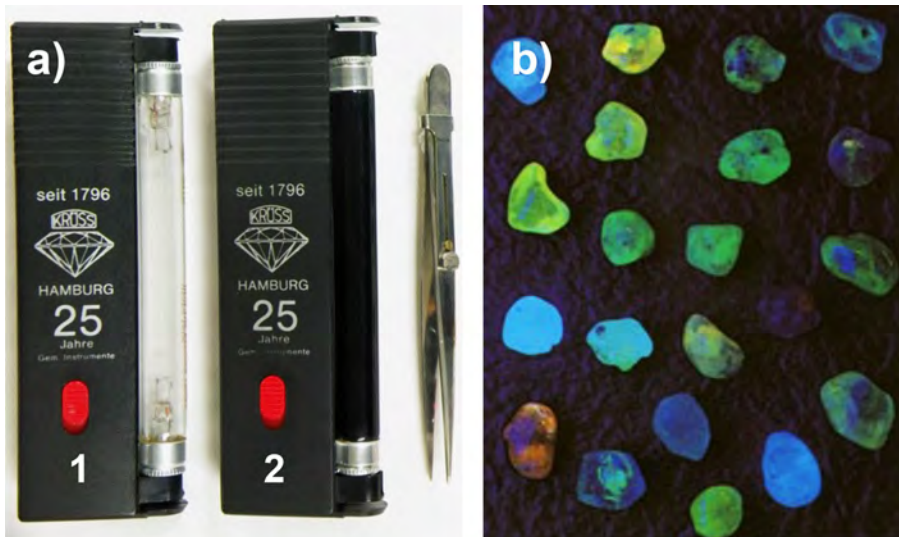


Figura 11

Luz ultravioleta. a) Equipamentos de luz ultravioleta do Labogem/UFRGS da marca *Krüss*: 1 – de onda curta (UVC) e 2 – de onda longa (UVL); b) lote de cristais brutos de diamante exibindo diferentes intensidades de fluorescência em diferentes tonalidades de azul e verde amarelado [9].

3.7 | Microscopia; microscópio gemológico de imersão

A análise microscópica de gemas tem como objetivo a identificação e descrição de suas inclusões, que são todas as irregularidades físicas e ópticas que podem existir no interior das gemas. As inclusões podem ser sólidas (minerais ou substâncias sólidas não cristalizadas), inclusões fluidas (cavidades com resíduos do fluido que originou o mineral), fraturas, linhas de crescimento dos minerais, clivagem, planos de geminação nos cristais, etc. A identificação das inclusões e de seu padrão de distribuição é o método mais utilizado e ainda o mais seguro para determinar se uma gema é natural ou sintética, uma vez que as demais propriedades físicas e ópticas desses materiais podem ser idênticas [3]. Com uma análise mais apurada dos tipos de inclusões em uma gema sintética, é possível identificar o método de síntese que originou aquela pedra (por exemplo, se foi por fusão ou solubilização/recristalização de um material pré-existente). No caso de gemas naturais, a análise detalhada das inclusões pode ser importante para fornecer informações sobre as condições geológicas que originaram o mineral, o que é útil na pesquisa da gênese de depósitos minerais. É possível ainda, pelo padrão de inclusões, bem como pelo tipo de associação de inclusões cristalinas e fluidas, determinar a proveniência geográfica de uma gema natural.

No microscópio gemológico (figura 12), as gemas são examinadas imersas em líquidos especiais, com índice de refração semelhante ao da pedra. Tal procedimento tem como objetivo impedir (ou dificultar ao máximo) a reflexão da luz na superfície da pedra, permitindo uma melhor observação do interior da mesma, a fim de facilitar a identificação e descrição de suas características internas. No Labogem/UFRGS são utilizados microscópios gemológicos de imersão da marca *Schneider* e *Krüss*, que permitem ampliações de até 100 vezes.



Figura 12

Microscópio gemológico de imersão binocular marca Schneider do Labogem/UFRGS. 1 – Fonte de luz; 2 – plataforma móvel sobre a qual é colocada uma cuba de acrílico contendo o líquido de imersão; 3 – pinça móvel para prender a gema a ser examinada; 4 – objetivas; 5 – oculares.

3.8 | Absorção da luz visível; espectroscópio gemológico

Como foi explicado na seção 3.3 sobre pleocroísmo, a cor de uma gema corresponde ao somatório dos comprimentos de onda do espectro da luz visível que não são absorvidos por essa gema. Essa característica está associada com a composição química e a estrutura cristalina do mineral. A figura 13a mostra o espectroscópio marca Schneider do Labogem/UFRGS, um equipamento que permite observar as bandas de absorção no espectro da luz visível, que são produzidas quando a gema é iluminada com uma fonte de luz intensa. Essas bandas podem aparecer como finas linhas pretas, como bandas pretas ou como bandas mais escuras em determinadas cores (figura 13b). As bandas mais escuras indicam que ocorre absorção incompleta da luz naquela cor. Já as bandas ou linhas pretas indicam que houve absorção total da luz naquele intervalo ou comprimento de onda específico.

As observações com o espectroscópio podem ser realizadas em gemas brutas e em gemas lapidadas e, neste caso, as gemas podem estar soltas ou cravadas em joias. Isto torna esse aparelho vantajoso para o exame de pedras em joias em relação aos demais equipamentos gemológicos, que na maioria das vezes só podem ser utilizados em pedras soltas. No entanto, o seu uso requer uma boa prática e domínio, pois nem sempre é possível a visualização de espectros de boa qualidade. A intensidade e a qualidade da luz, a posição da gema quando colocada no equipamento, o tamanho, transparência e intensidade da cor da pedra e a qualidade da lapidação, são fatores que influenciam diretamente a obtenção de um espectro de maior ou menor qualidade.

Um exemplo da aplicação do espectroscópio é seu uso para diferenciar água-marinha de espinélio sintético azul, uma das principais imitações dessa gema (figura 13b). A água-marinha exibe uma banda larga de absorção incompleta entre 400 e 425 nm e uma fina linha em ~450 nm. Já o espinélio sintético azul, exibe 4 bandas largas de absorção localizadas aproximadamente em 400-440 nm, 525-535 nm, 560-690 nm e 620-640 nm. Os espectros de rubi natural e sintético são idênticos e por isso essas pedras só podem ser diferenciadas com o estudo de inclusões ao microscópio gemológico. No entanto, com o espectroscópio é possível diferenciar essas gemas de outros materiais utilizados como imitações, como o espinélio sintético vermelho, mostrado na figura 13b, onde se observa que o rubi (natural ou sintético) exibe duas bandas largas e seis linhas pretas de absorção em diferentes comprimentos de onda. Já o espinélio sintético vermelho exibe três bandas largas de absorção e nenhuma linha preta de absorção total da luz.

Os espectros de absorção da luz podem fornecer indicação sobre a presença de determinados elementos químicos cromóforos (do grego “gerador de cor”) da gema e isso pode ser utilizado para melhor caracterizar certas variedades de gemas. Para facilitar a análise de espectros de absorção óptica, pode-se apresentá-los em forma gráfica. Esses espectros são de grande utilidade para diferenciar, por exemplo, a turmalina azul da turmalina variedade “Paraíba”. Embora ambas apresentem a cor azul, a variedade “Paraíba” exibe uma tonalidade de azul muito peculiar, devido a pequenas quantidades de cobre na sua estrutura cristalina, cuja presença pode ser confirmada através de uma análise espectroscópica [10].

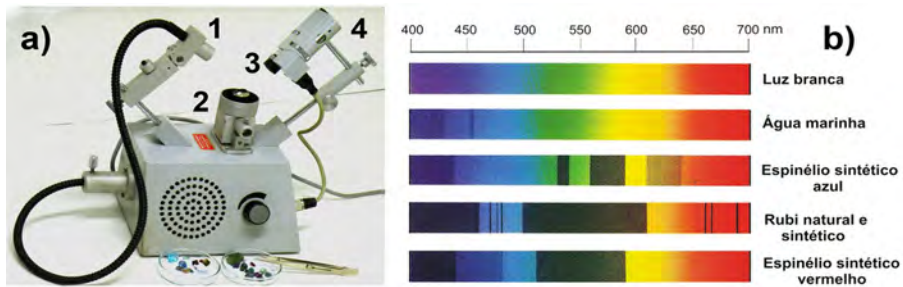


Figura 13

Espectroscopia. a) Espectroscópio gemológico marca Schneider do Labogem/UFRGS: 1 – fonte de luz de fibra óptica; 2 – plataforma sobre a qual é colocada a gema a ser examinada; 3 – lente que capta a luz emitida pela gema; 4 – ocular onde se observa o espectro de absorção óptica; b) exemplos de espectros de absorção óptica de algumas gemas e imitações comuns. Modificado de [11].

3.9 | Reflexão da luz nas gemas; reflexômetro

O brilho de uma gema está relacionado com a quantidade e a qualidade de luz que essa gema reflete. A maior ou menor capacidade de refletir a luz está relacionada diretamente com o índice de refração da pedra, mas também é influenciada pela qualidade do polimento e pela sua transparência [3].

O reflexômetro (figura 14) é um equipamento que mede a intensidade da luz refletida na superfície das gemas e é utilizado principalmente para a identificação do diamante e suas principais imitações (Ex. zircônia cúbica, $IR \approx 2,20$; fabulita, $IR = 2,42$), pois essas gemas têm índices de refração acima da capacidade de leitura do refratômetro ($IR = 1,81$) [7]. O reflexômetro tem um pequeno orifício sobre o qual é colocada a gema. Através desse orifício é emitido um feixe de luz com uma determinada intensidade que incide sobre a gema e é refletido pela superfície da pedra para o interior do aparelho. O reflexômetro mede a diferença entre a intensidade de luz emitida e refletida, que é diagnóstica para o diamante (≥ 95) e característica para suas principais imitações. Esse equipamento só é útil na identificação de gemas com brilho muito intenso e com IR acima da capacidade do refratômetro, pois em gemas com IR menor, os valores lidos no reflexômetro não são diagnósticos.



Figura 14

Reflexômetro e medidor de condutibilidade térmica do Labogem/UFRGS, com uma gema colocada sobre 1 – a fonte de luz para medir a refletividade, cujo valor é lido em 2 – visor digital, e a escala de valores de refletividade para o diamante e suas principais imitações; 3 – sonda térmica que, ao ser encostada sobre um diamante, faz o equipamento emitir um sinal sonoro e acender 4 – a luz central verde.

3.10 | Condutibilidade térmica; termossensor

A maior ou menor capacidade de conduzir calor é uma característica específica de cada material. O termossensor, ou medidor de condutibilidade térmica (também conhecido como *diamond pen*) é um equipamento que utiliza essa propriedade para identificar o diamante, pois essa gema tem a capacidade de conduzir o calor muitas vezes superior à de todas as suas imitações [7]. Esse equipamento tem uma sonda metálica que é aquecida e colocada em contato por alguns segundos com a superfície da gema a ser analisada. A maioria dos equipamentos existentes no mercado foram adaptados para emitirem um sinal sonoro e/ou acenderem uma lâmpada quando o valor da condutibilidade térmica atingir os valores do diamante. Esse equipamento é especialmente útil para identificar gemas cravadas em joias e cujo engaste não permite a leitura de propriedades ópticas em outros equipamentos.

O Labogem/UFRGS possui um equipamento que mede a reflexão da pedra e no qual foi adaptada uma sonda para leitura da condutibilidade térmica (figura 14).

4 | Considerações finais

O Laboratório de Gemologia (Labogem/UFRGS) é vinculado ao Departamento de Mineralogia e Petrologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Iniciou suas atividades em 1984 e desde então desenvolve atividades de ensino (graduação e pós-graduação), pesquisa e extensão (cursos, palestras e consultoria) na área de gemologia e de geologia de gemas. Instalado no Campus do Vale dessa Universidade, dispõe dos equipamentos básicos para descrição, identificação e certificação de materiais gemológicos descritos anteriormente, além de outros equipamentos auxiliares como lupas binoculares, lupas especiais aplanáticas e acromáticas, paquímetros de precisão, etc. que auxiliam na caracterização de gemas. Possui ainda um acervo didático com cerca de 4.000 amostras de materiais gemológicos (brutos e lapidados) constituído de minerais, rochas e substâncias orgânicas provenientes de diversas partes do planeta, incluindo-se materiais naturais, sintéticos, artificiais e imitações. Constitui uma coleção de valor inestimável, que foi sendo construída e constantemente modificada e modernizada ao longo dos anos, através de doações, compras, trocas ou coletas feitas em trabalhos de pesquisa de campo e que possuem as características didáticas necessárias para o desenvolvimento de um ensino de qualidade e para a divulgação da gemologia como ciência.

Agradecimentos

Para o desenvolvimento de suas múltiplas atividades, o Labogem/UFRGS contou com o apoio de diversas entidades, como a Pró Reitoria de Extensão (PROEXT), a Pró Reitoria de Pesquisa (PROPESQ) da UFRGS, CNPq, FAPERGS e CAPES, às quais os autores agradecem.

Referências bibliográficas

- [1] PHILLIPS, W.R.; Mineral Optics – Principles and Techniques; W. H. Freeman and Company, San Francisco, 1971.
- [2] www.scienceblogs.com.br. Disponível em https://www.google.com.br/search?q=espectros+da+luz+vis%C3%ADvel&biw=1241&bih=577&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=qPDPUteBCjNsQTtuYCIDA&ved=0CDcQsAQ#imgdii=_
- [3] WEBSTER, R.; Gems. Butter Worths, England, 1983.
- [4] BLOSS, D.F.; Introducción a los métodos de cristalografía óptica; Ediciones Omega, S. A., Barcelona, 1970.
- [5] SINKANKAS, J.; Gem Cutting – A Lapidary Manual; Van Nostrand Reinhold Company; 1984.
- [6] SCHUMANN, W. ; Gemas do Mundo. Editora Disal, São Paulo, 2006.
- [7] READ, P.G.; Gemological Instruments; Newnes-Butterworths, London, 1978.
- [8] HURLBUT Jr, C., KAMMERLING, R.C.; Gemology; John Wiley&Sons, 1991.
- [9] www.diamondsource.com. Disponível em <http://www.diamondsourceva.com/Education/diamonds-fluorescence.asp>
- [10] FURUYA, M.; Cooper-bearing tourmalines from new deposits in Paraíba State, Brazil; *Gems&Gemology* 43(3):236–239, 2007.
- [11] GÜNTHER, B.; Tables of Gemstone Identification; Verlagsbuchhandlung Elisabeth Lenzen, Kirschweiler, 1981.