



# DOSSIÊ TÉCNICO

Técnicas para o Tratamento de Gemas

Otávio Souza Rocha Liz

Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais /  
CETEC

Março  
2008

## Sumário

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>3</b>
<b>2 TRATAMENTO TÉRMICO .....</b>	<b>4</b>
<b>3 TRATAMENTO COM LASER .....</b>	<b>9</b>
<b>4. TINGIMENTO .....</b>	<b>12</b>
<b>5. IMPREGNAÇÃO DE GEMAS – PREENCHIMENTO DE FRATURAS E/OU CAVIDADES .....</b>	<b>14</b>
<b>6. REVESTIMENTO .....</b>	<b>18</b>
<b>7. SÍNTESES DE GEMAS, GEMAS COMPOSTAS E RECONSTITUÍDAS .....</b>	<b>20</b>
<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>21</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>21</b>
<b>ANEXO 1 - TRATAMENTO DE PÉROLAS UTILIZANDO GALINHAS .....</b>	<b>22</b>

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 : Tratamento térmico da ametista, resultando um citrino .....	6
FIGURA 2: Diamante com perfuração a laser. Na reflexão da luz, a inclusão fica parecendo uma inclusão natural.....	9
FIGURA 3:Diamante com perfuração a laser. Mostra o tradicional caminho até a inclusão.	11
FIGURA 4 – Diamante lapidado em forma de coração com várias perfurações a laser. ....	12
FIGURA 5 – Pedras roladas de ágata tingida. ....	13
FIGURA 6 – Ágata tingida .....	14
FIGURA 7 – Ágata tingida .....	14
FIGURA 8– Efeito flash em cor azul – preenchimento por resina .....	15
FIGURA 9 – Efeito flash em cor laranja – preenchimento de resina .....	16
FIGURA 10 – Efeito flash em cor laranja – preenchimento por resina.....	16
FIGURA 11 – Efeito flash em cor laranja para púrpura – preenchimento por resina .....	16
FIGURA 12– Bolha de gás – preenchimento por resina .....	17
FIGURA 13 – Bolha de gás – preenchimento por resina .....	17
FIGURA 14– Bolha de gás – preenchimento por resina .....	18
FIGURA 15 – Gemas compostas .....	20

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Principais mudanças em gemas tratadas por tratamento térmico.....	7
Tabela 2 - Efeitos resultantes da aplicação de tratamento térmico de gemas.....	8
Tabela 3 – Principais mudanças em gemas tratadas, por outros processos. ....	10
Tabela 4 – Tratamento de ágatas.....	13

## Título

Técnicas para tratamento de gemas

## Assunto

Fabricação de artefatos de joalheria e ourivesaria

## Resumo

O tratamento de gemas permite que gemas que possuem preços mais baixos por razões de cor pouco atrativas, inclusões ou outras características negativas, possam ser transformadas em gemas de melhor qualidade gemológica pela modificação ou eliminação desses aspectos indesejáveis, isto é, melhorando a beleza, que tem como consequência a sua valorização mercadológica.

Existem numerosos processos de tratamento (treated) melhoramento (enhancement) que visam a valorização mercadológica das gemas. Este dossiê aborda os tipos mais representativos e disponíveis na literatura.

## Palavras chave

Gema, tratamento de gema

## Conteúdo

### 1 INTRODUÇÃO

O tratamento como uma forma de se embelezar a gema é amplamente aceito no mercado internacional, onde a comercialização das gemas tratadas é recomendada, por exemplo, pela CIBJO (Confederation Internationale de la Bijouterie, Joaillerie, Orfèvrerie des diamants, perles et pierres) e pela ICA (International Colored Gemstone Association) cujas normas exigem que informações gerais sobre rotinas de tratamentos ou melhoramentos de gemas, que são práticas usuais no mercado, sejam incluídas nos documentos comerciais em todos os níveis do mercado, dos produtores aos varejistas e, principalmente, dos consumidores.

A tecnologia de tratamento é intensamente pesquisada nos países industrializados, porém, esta não se encontra disponível no mercado por razões de ordem econômica. A prática de tratamento de gemas é feita de maneira empírica, isto é, sem domínio do conhecimento técnico-científico, o que ocasiona perdas enormes do rendimento do processo, com conseqüentes prejuízos por não se obter o melhor resultado. Em conseqüência da variação na composição que pode ocorrer entre pedras de uma mesma espécie de gema e na conseqüente variação do comportamento das gemas, geralmente não se pode estabelecer parâmetros precisos de tratamento que seja o ideal para uma amostra qualquer. Na aplicação de técnicas de tratamento deve-se levar em conta esta possibilidade de variedade da composição e de comportamento. Sua aplicação deve ser feita com cautela, de modo a não produzir modificações indesejáveis e irreversíveis, que arruinariam o material.

A CIBJO (Confederation Internationale de la Bijouterie, Joaillerie, Orfevriere dês diamants, perles et pierres) define tratamento como o nome dado a gemas ou substâncias orgânicas que foram alteradas de alguma maneira e por isto merecem uma especificação especial.

O tratamento (treatment) ou melhoramento (enhancement) é entendido como qualquer outro processo que não a lapidação e o polimento que melhore a aparência (cor, diáfaneidade ou transparência, fenômenos ópticos), durabilidade, aproveitabilidade ou viabilidade de comercialização de uma gema. Quando se refere a uma gema que passou por um processo de melhoramento ou de tratamento diz-se que ela foi tratada (treated) ou embelezada (enhanced).

Quando se fala sobre cor em gemas alguns aspectos devem ser destacados. Primeiro, que a cor de uma gema pode ter várias origens. Segundo, que muitas fontes de cor que ocorrem naturalmente podem ser, também, obtidas ou tratadas em laboratório. Terceiro, que as técnicas para determinar a origem da cor têm evoluído rapidamente tanto quanto as tecnologias disponíveis para pesquisa gemológica que aumentam em sofisticação. Quarto, que as tecnologias usadas em tratamento de gemas estão, cada vez mais sofisticadas.

Deverá se dedicar uma atenção especial a distinção entre gemas com cores naturais ou obtidas por tratamento. Em qualquer caso, o estudo da cor em minerais gemas fornece-nos uma riqueza do entendimento sobre as propriedades físicas e químicas destes materiais. Tais estudos, também, estabelecem bases científicas para as tecnologias que irão ser usadas no futuro, para a caracterização de materiais geológicos, bem como de suas modificações.

Como já ressaltado, a cor desempenha um papel muito importante na beleza, tradição de mercado e avaliação de uma gema. Alguns gemólogos afirmam que a cor pode chegar a equivaler a 50% do valor de uma determinada gema. Algumas gemas têm a capacidade de permitir modificações totais ou parciais de suas cores, da uniformidade de suas cores e/ou de suas diáfaneidades, quando submetidas a processos de melhoramento ou de tratamento. Estes processos podem melhorar diretamente a aparência do material pela mudança da cor, da diáfaneidade, ou por esconder ou disfarçar imperfeições ou, indiretamente, por produzir uma semelhança com outro material e, desse modo, produzir uma simulação ou imitação.

Para cada tipo de gema é importante conhecer e identificar o(s) tipo(s) de tratamento(s) ou melhoramento(s) que pode(m) ser utilizado(s). Ainda que certos métodos de tratamentos mais simples fossem conhecidos desde a antiguidade, experiências ao acaso, etc; o avanço no conhecimento nos campos da física e da química no estado sólido, resultaram em uma variedade de novas e sofisticadas técnicas de melhoramento. Além disso técnicas abandonadas em épocas anteriores podem ser utilizadas novamente.

Os detalhes técnicos de um certo número de técnicas de tratamentos, dentre outros, foram descobertos durante o desenvolvimento de gemas sintéticas, ou seja, foram aplicadas para sínteses exatamente o que acontece com as gemas naturais, uma vez que ambas têm, a mesma composição. Os resultados com gemas sintéticas são mais reproduzíveis, visto que suas composições são normalmente uniformes, assim como impurezas desnecessárias são cuidadosamente evitadas e as concentrações são otimizadas para melhor aparência.

## **2 TRATAMENTO TÉRMICO**

Durante um longo tempo muitos estudos foram realizados, visando a compreensão das causas das cores, submetendo-se uma dada gema a temperaturas e pressões variadas. Diversas formas de tratamento térmico foram ou são utilizadas desde Grécia e Roma antigas, muito antes da Era Cristã.

No início, este tratamento era aplicado a gemas coloridas, visando a perda da cor, a fim de transformá-las em imitações de diamante. Com o passar dos anos reverteu-se esta tendência, sendo que este tratamento, atualmente, é usado para conferir e/ou melhorar a cor e/ou a transparência de gemas.

O tratamento térmico consiste em provocar alterações na cor e/ou na transparência de uma gema utilizando calor, ou seja, é o processo que pela aplicação do calor em condições adequadas, permite a transformação de gemas de qualidade inferior por razões de cor e/ou transparência em gemas de qualidade gemológica de maior valor. Os objetivos e efeitos ou resultados obtidos variam de acordo com o material gemológico, método específico de tratamento, atmosfera e temperaturas utilizadas.

O tratamento térmico pode também ser associado a outros processos de tratamento, como o da irradiação.

No tratamento térmico emprega-se desde artefatos primitivos ou rudimentares até fornos sofisticados aquecidos eletricamente ou por fluidos gasosos. Um bom controle de temperatura é possível e, consistentes resultados do tratamento térmico podem ser esperados para uma matéria prima apropriada. Muitos destes fornos apresentam riscos, não somente pela alta temperatura mas, também, pela alta voltagem e pelos gases explosivos ou tóxicos que podem ser usados ou produzidos.

A maioria das gemas necessita de um aquecimento lento e gradual, de modo a evitar, por exemplo, o aparecimento de fraturas. Por causa da vasta gama de inclusões que podem ser encontradas nos minerais e nas gemas, é conveniente realizar um teste prévio com fragmentos ou pedaços de gema que se deseja tratar.

Como as inclusões de uma gema podem apresentar coeficiente(s) de dilatação diferente(s), sendo na maioria das vezes maior(es) que o da gema, quando elas são submetidas a temperaturas superiores às da sua formação, ocorrerá uma zona de alta pressão/tensão ao seu redor que pode ocasionar o fraturamento do material. Em muitos casos essas fraturas podem ser diagnosticadas no tratamento térmico. Do mesmo modo, fraturas preexistentes podem ocasionar a destruição da gema, a partir de sua expansão. Portanto, é conveniente remove-las do material a ser tratado ou pelo menos tomar os devidos cuidados que esta situação merece.

O tratamento térmico pode apresentar diferentes resultados e os seus objetivos, variam de acordo com a qualidade e a origem do material a ser tratado. Gemas de uma mesma jazida, por exemplo, podem requerer tratamentos diferentes. De um modo geral, o tratamento térmico de gemas naturais apresenta um ou mais dos seguintes objetivos:

- a) o melhoramento de uma cor, por exemplo, clarear ou escurecer a cor de uma gema;
- b) a uniformização da cor, caso das gemas apresentando mais de uma cor ou uma única cor distribuída de maneira não homogênea;
- c) mudança de cor, como a transformação de uma água-marinha verde-azulada em apenas azul;
- d) adição de cor, por exemplo, a transformação de uma safira incolor em colorida por dopagem com impurezas cromóforas;
- e) desenvolvimento de asterismo;
- f) eliminação de asterismo;
- g) melhoramento da transparência por dissolução de inclusões.

Os parâmetros mais importantes que devem ser determinados em cada um desses tratamentos térmicos, são os seguintes:

- a) a temperatura máxima a ser atingida;
- b) o tempo durante o qual a temperatura máxima é mantida;
- c) a taxa ou velocidade de aquecimento da temperatura do forno;
- d) as taxas ou velocidades de resfriamento da temperatura e todos os estágios observados durante o resfriamento do forno;

- e) a natureza química da atmosfera do forno (reduzora, oxidante, neutra, etc.);
- f) a pressão da atmosfera;
- g) a natureza do material em contato com a gema.

Todos estes fatores podem variar durante o tratamento. Alguns deles podem não ser relevantes em função da gema a ser tratada. Enquanto, para se produzir uma dada cor em uma gema por tratamento térmico, deve-se testar uma vasta gama de condições, até encontrar o processo ou método mais adequado, que pode ser totalmente diferente para amostras semelhantes, porém de localidades diferentes ou não, mas contendo inclusões, impurezas e gêneses diferentes.

A FIG. 1 mostra um exemplo clássico de tratamento térmico em gemas, a transformação da ametista em um citrino.

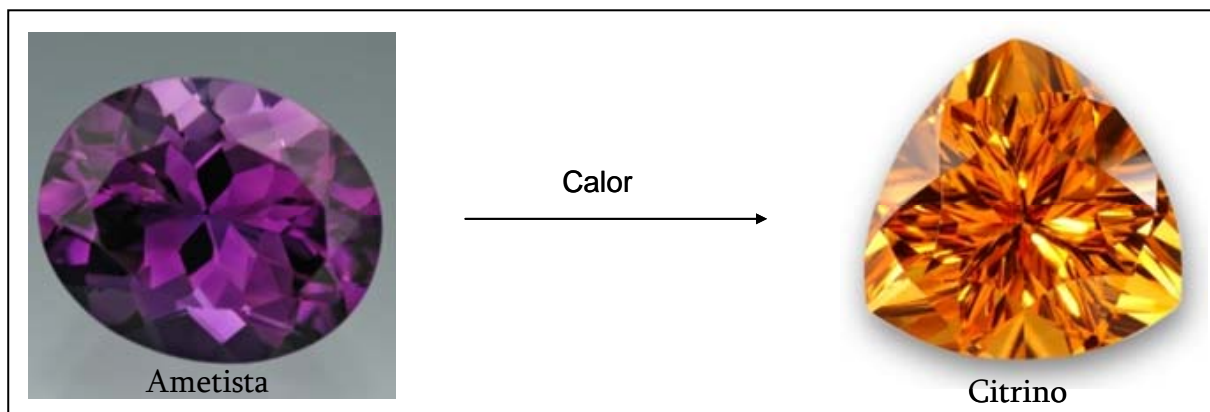


FIGURA 1 : Tratamento térmico da ametista, resultando um citrino  
Fonte: American Gem Trade Association

TABELA 1

Principais mudanças em gemas tratadas por tratamento térmico

<b>Material</b>	<b>Mudança ou produto*</b>	<b>Uso **</b>
Âmbar	Clarificado, sun-spangled	++
	Reconstituído, escurecido (envelhecido)	+
Berilo: água marinha, etc	De verde para azul	+++
	De amarelo para incolor	+
Calcedônia: cornalina, ágata, etc.	De pálido para vermelho-castanho ou vermelho	+++
Córdon	Aumentar, intensificar ou clarear o azul	+++
	Remover manchas de rubi	++
	Aumentar ou intensificar o amarelo	+++
	De padparadsha para rosa	+
	Remover o aspecto sedoso, remover ou desenvolver/aumentar asterismo	+++
	Difundir cor ou asterismo	++
Diamante	Mudar a cor após a irradiação	+
Marfim	Escurecer (envelhecer)	+
Quartzo	Ametista para citrino	+++
	Enfumaçado para amarelo-esverdeado	+
	Crackled (fraturado) e tingido	+
	Olho-de-tigre, etc.: de amarelo para vermelho-castanho ou vermelho	++
Espodumênio: Kunzita	Mais claro ou incolor; de púrpura, azul ou verde para rosa ou violeta	+
Topázio	De castanho para rosa	+++
	De castanho ou verde para azul	+++
Turmalina	De azul ou azul-verde para mais claro ou verde; de vermelho para mais claro	+
	Intensificar cor de turmalina da Paraíba	+++
Zircão	De castanho para incolor ou azul	+++
		+
Zoisita	De castanho para azul-púrpura escuro ou forte	+++

Fonte: Nassau 1994<sup>7</sup>

Legendas: \* Todos os produtos coloridos listados são estáveis.

\*\* Prevalece o tratamento que ocorre com maior frequência no produto;

+ raro ou ocasional; ++ freqüente, +++ comum ou muito difundido a quase totalidade.



Para determinar a viabilidade ou aplicabilidade de um determinado tratamento térmico (TAB. 1), o material a ser tratado deve ser submetido, previamente, a uma caracterização química, física e microestrutural. Mas, apesar de ser bem desenvolvida nos países industrializados, a tecnologia do tratamento térmico de gemas é inacessível ao mercado por razões de ordem econômica. E, por esta razão, nos países tradicionalmente produtores de gemas (países asiáticos, Brasil e outros) em geral, o tratamento térmico é feito sem conhecimento científico-tecnológico, com baixos rendimentos e prejuízos elevados.

As temperaturas utilizadas no tratamento térmico dependem dos objetivos a serem atingidos e da natureza do material a ser tratado (TAB. 2). De um modo geral, para os diversos tipos de tratamento térmicos de interesse prático, essas temperaturas variam entre 150°C e 1900°C.

Tabela 2

Efeitos resultantes da aplicação de tratamento térmico de gemas.

<b>Efeito</b>	<b>Mecanismo</b>	<b>Exemplo(s)</b>
Adição de cor	Difusão de impureza	Cor e asterismo em safira
Crepitação ou fraturamento	Mudança rápida ou brusca de temperatura	Envelhecimento do âmbar com sun splangled
Escurecimento	Ligeiro “chamuscamento” e/ou oxidação	Envelhecimento de âmbar marfim
Mudança de cor	Destruição do centro de cor	Topázio azul ou castanho e zircão para incolor; topázio rosado; ametista para amarelo pálido ou verde; quartzo enfumaçado para amarelo esverdeado ou incolor; safira amarela para incolor
	Mudança na hidratação ou agregação	Cornalina para laranja, vermelha ou castanho, safira para amarelo intenso ou laranja; ametista e citrino pálido para citrino intenso
	Mudança no estado de oxidação, usualmente com difusão de oxigênio	Água-marinha verde para azul; safira incolor para amarela/verde/azul; rubi castanho ou púrpura para o vermelho.
Mudança estrutural	Reversão do estágio metamítico da radiação induzida	Low zircão para high zircão
	Precipitação ou solução de uma segunda fase	Criar ou remover o aspecto leitoso ou asterismo em córidon, intensificar safira amarela
Restauração e descoloração ou branqueamento	Fluxo sob pressão e temperatura	Âmbar reconstituído ou restaurado e clarificado; casco de tartaruga reconstituído.

Fonte: Nassau 1994<sup>7</sup>

Os tratamentos térmicos de gemas podem corresponder a processos que ocorrem na natureza ou não. Quando o tratamento térmico aplicado é similar a um processo natural, o produto obtido, ou seja, a gema natural tratada, adquire uma cor que não é facilmente distinguida daquela de uma gema natural de coloração idêntica. As modificações dos espectros de absorção que ocasionam mudanças nas cores das gemas, são devidas a fenômenos físico-químicos, como a eliminação ou criação de inclusões, a mudança no estado de oxidação de impurezas, a interação entre impurezas e defeitos pontuais e outros, que ocorrem no material em consequência do tratamento térmico. As cores dessas gemas tratadas são tão estáveis quanto às das gemas naturais, o mesmo ocorre com a sua durabilidade.

### 3 TRATAMENTO COM LASER

O tratamento de diamante, geralmente lapidado, via perfuração com laser tem sido comercialmente utilizado desde 1970. Esta perfuração visa abrir uma passagem no material combustível até a inclusão, de modo a permitir, a sua eliminação, melhorando a qualidade e, conseqüentemente, valorizando a gema.

Os canais são abertos perpendicularmente à faceta mais próxima, de modo a percorrer o menor caminho até a inclusão e minimizar o erro em virtude do alto índice de refração. Estes canais pode apresentar profundidades superiores a 4mm e diâmetros em torno de 0,02 a 0,04mm. A operação de perfuração demora cerca de 30 minutos.

A perfuração com laser é usada principalmente na sublimação de materiais combustíveis (inclusões grafitosas). Para as inclusões que se apresentam escuras, por causa da reflexão total, a aparência é modificada pela introdução de ar (buraco), o que torna a inclusão mais clara. Outra possibilidade é a injeção de um líquido sob pressão (a vácuo). Este líquido, de acordo com suas propriedades químicas e composição pode dissolver ou clarear a inclusão.

Nos casos citados, no lugar da inclusão e da perfuração, resultará uma cavidade, que deve ser preenchida com alguma resina ou substância sintética de alto índice de refração. Desse modo, as cavidades preenchidas se tornam menos visíveis e o preenchimento também, impede a penetração de sujeiras.

As figuras 2, 3 e 4 mostram exemplos da utilização da técnica de perfuração com laser.

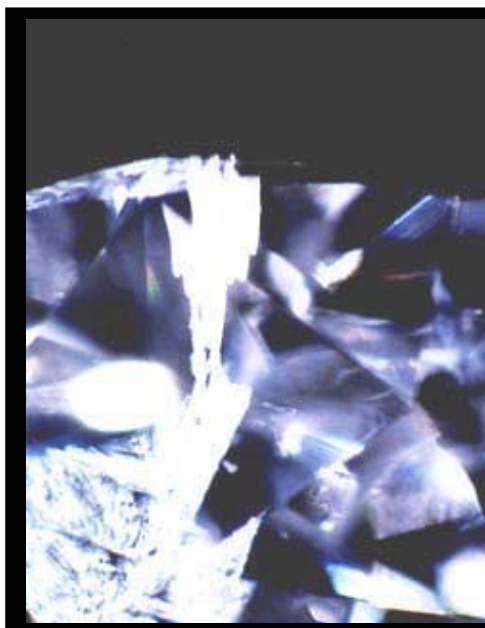


FIGURA 2: Diamante com perfuração a laser. Na reflexão da luz, a inclusão fica parecendo uma inclusão natural.

Fonte: GEMGUIDE/Professional Gem Sciences, Inc.<sup>13</sup>

TABELA 3  
Principais mudanças em gemas tratadas, por outros processos.

<b>Processo</b>	<b>Material *</b>	<b>Uso**</b>
<b>Branqueamento, Impregnações e Tingimento</b>		
Branqueamento	Calcedônia, coral, marfim, jadeíta, pérola, madeira silicificada, olho-de-tigre, etc.	++
Impregnação, óleo/cera/polímero incolor	Calcedônia (ágata), fluorita, jade, lápis-lazúli, malquita, mármore, opala, turquesa, etc.	++
Impregnação, óleo/cera/polímero colorido	Calcedônia (ágata), fluorita, jade, lápis-lazúli, malquita, mármore, opala, turquesa, etc.	++
Preenchimento de fratura, óleo incolor	Esmeralda	+++
Preenchimento de fratura, óleo colorido	rubi e safira Berilo (esmeralda), rubi, quartzo	+
Preenchimento de fratura, polímero incolor	Esmeralda	++
Preenchimento de fratura, polímero colorido	Esmeralda	+
Preenchimento de fratura, vidro incolor	Diamante, rubi e safira	++
Tingimento	Calcedônia (ágata, ônix), mármore. Âmbar, cornalina, coral, marfim, jade, malaquita, opala, pérola, turquesa.	+++ ++
<b>Superfície e outras modificações</b>		
Revestimento colorido da superfície	Âmbar, cornalina, diamante, pérola.	+
Foil back, mirror back, star back	Qualquer gema	+
Tratamento com laser	Inclusões em diamante	++
	Zircônia cúbica	+
Polimento	Corídon, espinélio	+
<b>Gemas Compostas</b>		
Doublets, triplets, artefatos incluídos	Opala	++
Preenchidos com gel	Âmbar, berilo (Esmeralda), rubi, safira, etc.	+
Acréscimo ou crescimento sintético	Esmeralda sobre berilo	+
Difusão de cor na superfície ou asterismo	Rubi, safira em várias cores	++

Fonte: Nassau 1994<sup>7</sup>

Legendas: \* A maioria dos produtos tratados listados são estáveis  
\*\* Prevalece o tratamento que ocorre com maior frequência no produto  
+ raro ou ocasional; ++ freqüente; +++ comum ou muito difundido a quase totalidade.

As inclusões naturais em diamante podem, muito raramente assemelhar-se a perfurações com laser. Geralmente, somente uma observação muito cuidadosa com um microscópio pode revelar a identidade de uma inclusão de verdade, ou se de uma perfuração com laser.

Embora algumas pedras apresentem evidências claras de preenchimento, as fraturas em outras amostras de diamante têm aspectos ambíguos e deste modo, requerem uma investigação adicional. Classificadores, também, rotineiramente, mostram-nos pedras que não são preenchidas, mas que poderiam ser confundidas com outras. As fraturas podem exibir fino filme iridescente e manchas naturais laranja-acastanhado, dois aspectos que podem ser confundidos com o efeito flash em diamante preenchido.

Em outros casos um diamante tratado, via perfuração com um laser não constitui um problema quanto à identificação, pois mesmo quando preenchidos os canais são facilmente reconhecidos sob uma lupa de aumento 10X. As cavidades e/ou material de preenchimento são geralmente afunilados e normalmente apresentam fraturas de tensão perpendiculares aos canais.

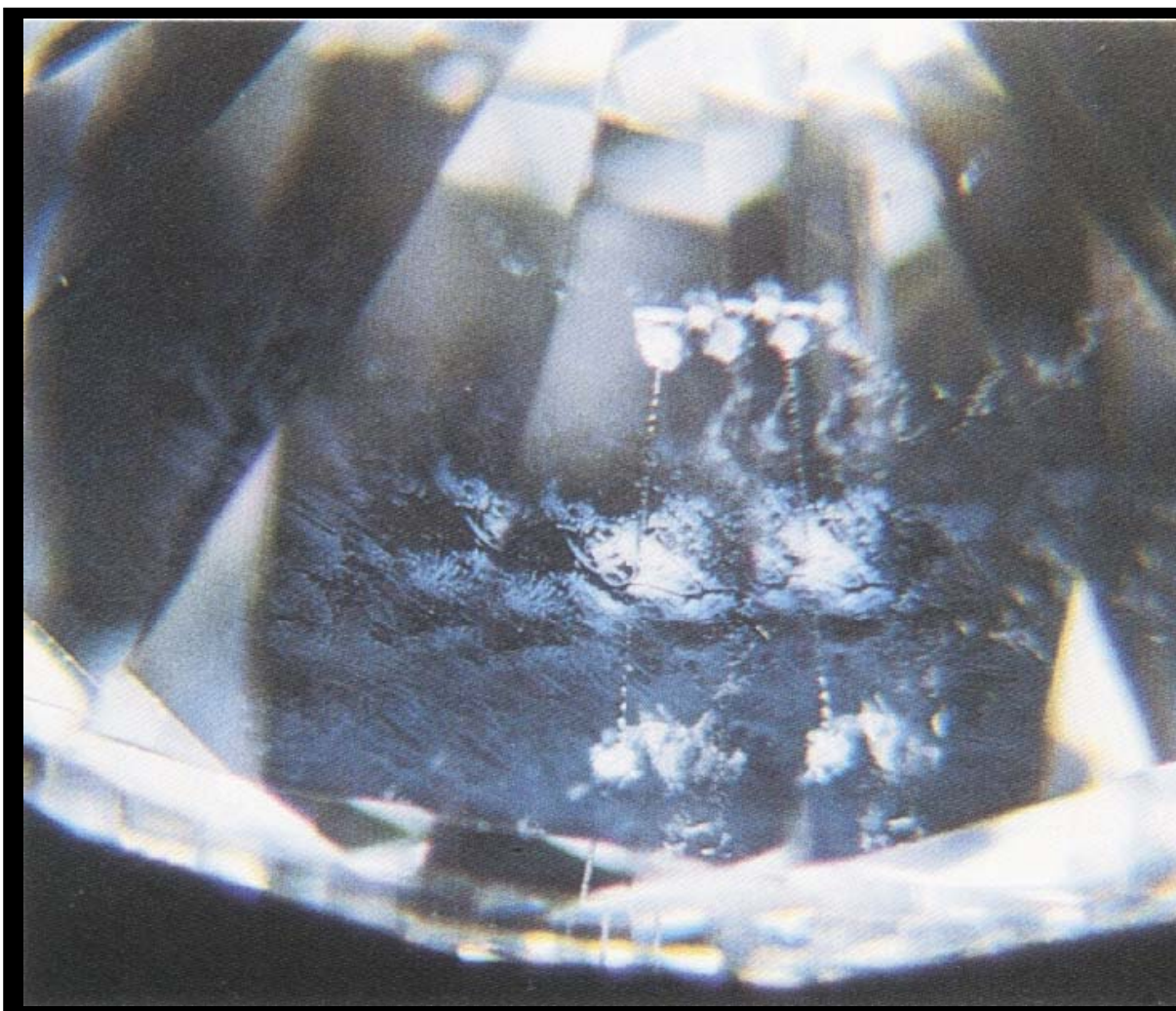


FIGURA 3 - Diamante com perfuração a laser. Mostra o tradicional canal até a inclusão.  
Fonte: Photo Masters for Diamond Grading



FIGURA 4 – Diamante lapidado em forma de coração com várias perfurações a laser.  
Fonte: <<http://www.yourgemologist.com/microscopes/microscope.html>>

#### 4. TINGIMENTO

O tratamento de gemas por tingimento, sobretudo na ágata, é praticado desde a antiguidade. Ágata vermelha e calcedônia vermelha (cornalina) que tinham sido aquecidas, são reportadas de terem sido feitas na Índia a cerca de 2.000 anos a.C. e foram encontradas no túmulo de Tutancamon, cerca de 1300 anos a.C.

O método de tingimento necessita antes de mais nada, que a gema a ser tratada tenha porosidade suficiente para permitir a penetração do íon ou elemento corante. Vale notar que, ao contrário do método de tratamento por difusão, os íons ou elementos não entrarão na estrutura cristalina, apenas preencherão poros preexistentes.

A coloração artificial de uma gema consiste na introdução, dentro de poros, de substâncias que os tornam coloridos por efeito de reação (ões) química(s) posterior(es). Assim a maneira de se introduzir a substância que irá produzir cor, depende da cor que se deseja obter.

De acordo com Daker, os principais meios de coloração artificial da ágata, em diversas cores, encontram-se discriminados na tabela a seguir.



TABELA 4  
Tratamento de ágatas

Cor	Descrição
Vermelho	Colocar a ágata dentro de uma solução de nitrato de ferro e depois submetê-la a queima para obter óxido de ferro.
Verde-azulado	Submeter a ágata numa solução de bicromato de amônio ou ácido crômico e depois realizar a queima para obter óxido de crômio.
Verde-maçã	Submeter a ágata a um tratamento com nitrato de níquel e depois submetê-la a queima para obter óxido de níquel.
Castanho	Colocar a ágata dentro de uma solução de açúcar e depois submetê-la a forte queima para queima para transformar o açúcar em caramelo.
Azul	Para se conseguir o azul da Prússia, coloca-se a ágata numa solução de sal de cianeto de potássio (amarelo), e depois numa solução de sulfeto de ferro. Para se conseguir um azul mais escuro. Coloca-se a ágata numa solução de sal de cianeto de potássio (vermelho), e depois numa solução de sulfeto de ferro.
Preto	Mergulhar a ágata numa solução de açúcar ou mel e depois no ácido sulfúrico, para transformar o açúcar em carvão.

Fonte: Daker et al.1853, in Knecht 1957<sup>4</sup>.

A coloração da ágata por meio de anilinas é comum. Contudo, as cores obtidas com o emprego de anilinas não são permanentes como as proporcionadas pelos óxidos metálicos. As anilinas descoram, dentro de pouco tempo, sob os efeitos da luz.

As FIG. 5, 6 e 7 mostram exemplos de ágatas tingidas.



FIGURA 5 – Pedras roladas de ágata tingida.  
Fonte: BRANCO.



FIGURA 6 – Ágata tingida  
Fonte: BRANCO



FIGURA 7 – Ágata tingida  
Fonte: BRANCO

## 5. IMPREGNAÇÃO DE GEMAS – PREENCHIMENTO DE FRATURAS E/OU CAVIDADES

O processo de impregnação ou preenchimento de fraturas e/ou cavidades remonta à época da Grécia e Roma antigas. As fraturas, fissuras ou fendas originadas de tensão mecânica, pressão e/ou temperatura acentuadas, contém originalmente fluido(s) e, se tais fraturas ou cavidades alcançam a superfície da pedra, elas geralmente estão preenchidas por ar.

O princípio do método é baseado no preenchimento de fraturas e/ou cavidades, para substituir o ar que normalmente preenche tais cavidades por uma substância transparente, incolor, que tenha um índice de refração muito próximo ao da pedra/gema (por exemplo, diamante, esmeralda) e desse modo resultar em uma inclusão menos visível, visando a melhoria da aparência e/ou da cor da gema. Estas impregnações incolores ou coloridas,

conforme a gema a ser tratada, podem ser realizadas com óleos, ceras, resinas, adesivos, polímeros, vidros ou outras substâncias sintéticas. As impregnações coloridas, normalmente, têm como finalidades melhorar a cor e a transparência da gema ou torna-la parecida com outra gema de maior valor (imitações).

Sob o ponto de vista químico, preencher uma fissura com qualquer substância nova, seja ela óleo ou resina, na verdade não introduz “alguma coisa” dentro do material gemológico ou seja, este tipo de tratamento simplesmente coloca alguma(s) substância(s) para preencher(em) espaços ocupados pelas fissuras. Por outro lado, o tratamento por difusão por exemplo de safira, realmente introduz “material” novo dentro da pedra. Independentemente da composição química da substância usada, esta ação é um tratamento de gema que visa alterar a sua aparência natural e, portanto exige que este tratamento seja revelado ou divulgado ao consumidor.

As FIG. 8, 9 e 10 e 11 mostram os “efeitos flash”, que são comumente utilizados para verificar a existência de preenchimento de fraturas em esmeraldas. O “efeito flash” é causado pela diferença de dispersão entre a esmeralda e o material de preenchimento, apesar de terem o índice de refração muito próximo. Para se observar este efeito coloca-se um campo de luz branca ou negra, que varia de acordo com cada caso.



FIGURA 8– Efeito flash em cor azul – preenchimento por resina  
Fonte: <[http://www.gaaj-zenhokyo.co.jp/researchroom/naturalemerald\\_01en.html](http://www.gaaj-zenhokyo.co.jp/researchroom/naturalemerald_01en.html)>





FIGURA 9 – Efeito flash em cor laranja – preenchimento de resina  
Fonte: <[http://www.gaaj-zenhokyo.co.jp/researchroom/naturalemerald\\_01en.html](http://www.gaaj-zenhokyo.co.jp/researchroom/naturalemerald_01en.html)>

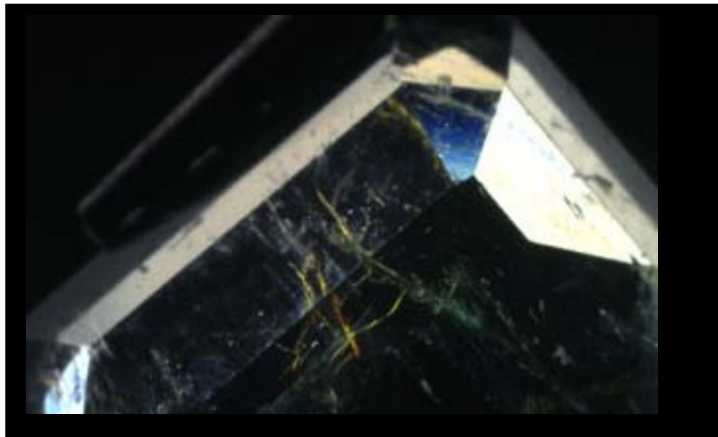


FIGURA 10 – Efeito flash em cor laranja – preenchimento por resina  
Fonte: <[http://www.gaaj-zenhokyo.co.jp/researchroom/naturalemerald\\_01en.html](http://www.gaaj-zenhokyo.co.jp/researchroom/naturalemerald_01en.html)>



FIGURA 11 – Efeito flash em cor laranja para púrpura – preenchimento por resina  
Fonte: <[http://www.gaaj-zenhokyo.co.jp/researchroom/naturalemerald\\_01en.html](http://www.gaaj-zenhokyo.co.jp/researchroom/naturalemerald_01en.html)>

Outras esmeraldas que passaram pelo processo de preenchimento de fraturas podem ser facilmente reconhecidas pelas bolhas de gás que apresentam como mostram as FIG. 12, 13 e 14.



FIGURA 12– Bolha de gás – preenchimento por resina  
Fonte: <[http://www.gaaj-zenhokyo.co.jp/researchroom/naturalemerald\\_01en.html](http://www.gaaj-zenhokyo.co.jp/researchroom/naturalemerald_01en.html)>

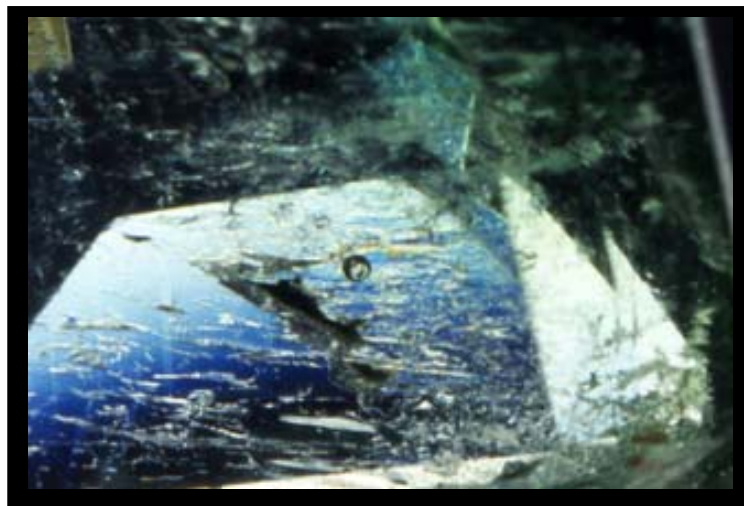


FIGURA 13 – Bolha de gás – preenchimento por resina  
Fonte: <[http://www.gaaj-zenhokyo.co.jp/researchroom/naturalemerald\\_01en.html](http://www.gaaj-zenhokyo.co.jp/researchroom/naturalemerald_01en.html)>

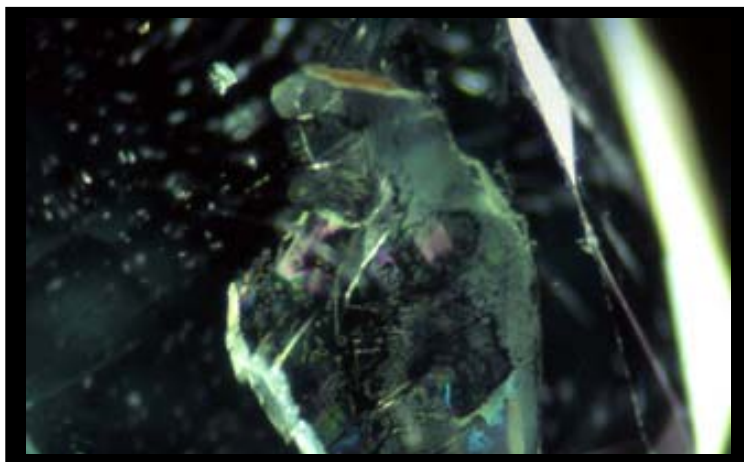


FIGURA 14– Bolha de gás – preenchimento por resina

Fonte:<[http://www.gaaj-zenhokyo.co.jp/researchroom/naturalemerald\\_01en.html](http://www.gaaj-zenhokyo.co.jp/researchroom/naturalemerald_01en.html)>

Apesar dos métodos de preenchimento e de impregnação serem considerados como sinônimos, descreveram estes tratamentos, separadamente, em três categorias:

- a) preenchimento de cavidades, buracos e outras depressões que estão na superfície de uma pedra com vidro, plástico ou outra(s) substância(s). É muito comum em corídon (geralmente rubi), esmeralda, etc;
- b) preenchimento de fraturas, clivagens, furos ou buracos de perfurações a laser, e outros vazios ou lacunas, com vidro, plástico ou outra(s) substância(s). Esta categoria inclui o tratamento, frequentemente, referido no comércio como oiling de esmeralda e
- c) impregnação é a infusão (infusing) de um material gemológico com uma substância estranha tal como, cera, polímero, resina ou plástico. Este tratamento tem sido usado, por exemplo, para diminuir ou eliminar poros conspícuos e o aspecto esbranquiçado ou leitoso de turquesa, em combinação com o processo de descoloração por ácido em jadeíta, para melhorar a transparência aparente e o jogo-de-cores da opala.

Os métodos de impregnação ou de preenchimento de fraturas e/ou cavidades variam de acordo com o tipo de gema a ser tratada, bem como com o(s) objetivo(s) a ser(em) atingido(s).

No caso da esmeralda, de um modo geral, são cinco as etapas a serem seguidas:

- a) limpeza preliminar
- b) tratamento com ácido
- c) remoção do ácido
- d) impregnação
- e) limpeza final

## 6. REVESTIMENTO

Independetemente da impregnação, por exemplo, com óleo e tingimento vários tipos de revestimentos ou modificações na superfície de uma gema têm sido praticados, incluindo aplicações com cera, tinta, recobrimento, ou revestimento de superfície, que inclui pinturas de faces ou superfícies (face paints), vernizes, filtros de interferência (interference coatings), colocação de chapas delgadas ou lâminas de metal no dorso da pedra (foil backs), colocação de espelhos no dorso da pedra (mirror backs), entalhes, gravação de inscrições, decorações seletivas da superfície, crescimento sintético e assim por diante.

O termo revestimento é usado quando está se referindo à aplicação de substâncias estranhas coloridas à superfície da pedra ou gema para alterar a sua aparência, como por exemplo, a aplicação de um revestimento verde sobre um berilo de cor pálida para obter a aparência de uma esmeralda com uma tonalidade de cor mais intensa.

Enquanto o melhoramento do brilho ou polimento é a aplicação de uma substância essencialmente incolor, tal como, cera, parafina, óleo, ou verniz à superfície de uma gema para melhorar o brilho ou polimento aparente. A água ou saliva é, frequentemente, aplicado a pedras pobremente polidas, cabochões, ou objetos esculpidos para melhorar a aparência ou ainda evitar completamente o polimento irregular.

Várias cores são de vez em quando aplicadas no dorso do quartzo, ou vidro para imitar os flashes prismáticos de cor característicos de diamante. Mais recentemente, este tipo de efeito tem sido alcançado pela aplicação de delgados filtros de interferência, tais como aqueles encontrados em lentes de câmara, com a cor sendo produzida pela interferência entre os raios de luz refletidos e do verso do revestimento. Tais revestimentos tem sido empregados para modificar a brilhância do zircão quando utilizado como uma imitação de outras gemas.

Um certo número de materiais gemológicos têm tido suas cores alteradas ou induzidas a partir do uso de revestimento plástico colorido aplicado à superfície de uma gema, para que a mesma fique parecida com a outra, como por exemplo, berilo natural facetado que foi revestido com uma substância verde para imitar esmeralda, quartzo facetado com uma fina camada de cor vermelha revestindo as facetas do pavilhão imitando rubi, cabochão de jadeíta branca em que somente sua superfície superior foi coberta com uma fina camada de revestimento plástico verde intenso imitando jadeíta "imperial", uma safira com asterismo branca ou cinza completamente revestida com uma fina camada plástica de cor vermelha para simular ou imitar um rubi com asterismo e assim por diante.

Em 1988, um certo material gemológico tratado, conhecido como quartzo "Água Aura", apareceu no mercado, onde cristais naturais de quartzo incolor e, posteriormente, pedras facetadas, foram revestidos com uma película muito fina de ouro, dando origem a uma cor azul a verde-azulada com uma iridescência superficial. Inúmeras firmas japonesas, americanas, etc., têm obtido contínuos avanços na deposição de finos filmes de diamante sintético sobre determinados materiais que podem ser usados, por exemplo, em instrumentos de raio-x, computadores, ferramentas revestidas com diamante, etc., e estão sendo também aplicados, em opala e esmeralda, logo as propriedades deste tipo de revestimento devem ser cuidadosamente estudadas e os efeitos do seu potencial gemológico melhor entendidos. Esta tecnologia, descoberta em 1975, por cientistas soviéticos, permite obter "filmes" com espessuras muito finas (menos de 1  $\mu$ ).

Por várias razões, usualmente para melhorar o produto ou custos de lapidação, as imitações de vidro podem ser tratadas. Por exemplo, para evitar estoque de muitas cores, os produtores possuem uma quantidade de gemas incolores e quando as encomendas, para cores particulares chegam, eles pulverizam os fundos ou dorsos das gemas incolores com um corante e revestem isto com uma superfície de espelhos. Existe, também, a técnica que foi patenteada em que um pequeno furo é feito na pedra através da culaça (culet) e preenchido com material colorido. As modificações na superfície incluem, também, por exemplo, as superfícies pintadas, a as pedras revestidas com spray acrílico transparente e incolor, esculpidas, entalhadas, gravadas, etc.

Os revestimentos de superfície são usualmente detectáveis quando analisados sob aumento, pela presença de áreas mais claras ou incolores onde o revestimento desapareceu parcialmente. Podem ser arranhados ou riscados com uma escova; frequentemente deixam uma descoloração quando limpos com um algodão umedecido em acetona. Os cristais de gema bruta, especialmente de berilo, que tenham a superfície revestida para alterar as suas cores, geralmente são identificadas pela concentração do material nas fraturas da superfície, cavidades e depressões e assim por diante.

## 7. SÍNTESES DE GEMAS, GEMAS COMPOSTAS E RECONSTITUÍDAS

As gemas sintéticas ou compostas são consideradas como tratamento e melhoramento. Abaixo seguem alguns exemplos:

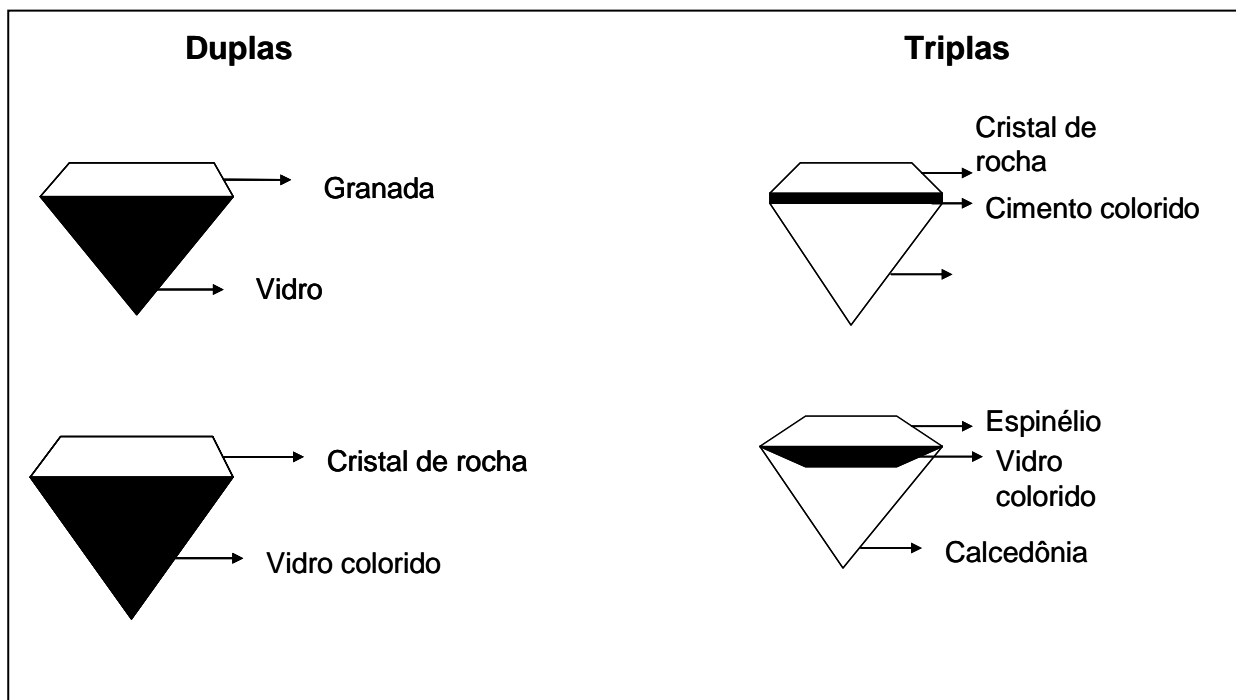


FIGURA 15 – Gemas compostas  
FONTE: LIZ, 2008.

Os métodos de sínteses de gemas foram estudados na tentativa de fundir ou unir pequenos fragmentos de esmeralda, ou outras cores de berilo, têm produzido resultados inesperados. O berilo após aquecimento e resfriamento resulta em um verdadeiro vidro sendo formado com uma composição de berilo. Este vidro, entretanto, tem uma densidade mais baixa, dureza inferior e índice de refração menor que o berilo cristalino.

Reconstituição de gemas é o processo de combinação ou aglutinação de diversas peças de um material similar, a partir do uso do calor e/ou pressão, para produzir peças maiores. Dependendo do método específico de tratamento, um agente aglutinante pode, ou não ser usado. Geralmente, os únicos materiais gemológicos tratados com este processo são âmbar e algumas outras resinas naturais não tão antigas.



## Conclusões e recomendações

Organismos internacionais como CIBJO (Confederation Internationale de la Bijouterie, Joaillerie, Orfèvrerie dès diamants, perles et pierres) que regulamentam o mercado internacional de gemas, deixam claro que “É proibida a venda ou oferta para venda de qualquer diamante ou outra gema que tenha sido artificialmente colorida ou tingida por revestimento, irradiação, aquecimento, ou pelo uso de bombardeamento nuclear, ou por outros meios, sem a declaração do fato de que tal gema é colorida artificialmente, bem como se tal tingimento ou coloração é, ou não permanente”.

Porém existem algumas exceções como:

“Não é necessário declarar o tratamento se qualquer uma das seguintes condições for aplicada:

1. tratamento térmico não detectável por um laboratório gemológico qualificado, ou
2. os resultados do tratamento não são reversíveis sob condições de uso.

Assim toda pedra que foi colorida ou aperfeiçoada na cor por tratamento físico, químico ou físico-químico, cuja cor foi alterada por irradiação ou tratamento químico; e que foi revestida; deve ser designada como tratada e o nome do mineral da variedade deve ser usado.

## Referências

- 1 - AMERICAN GEM TRADE ASSOCIATION. **The gemstone enhancement manual**. Dallas: AGTA, 1997. 6 p.
- 2 - CONFEDERATION INTERNATIONALE DE LA BIJOUTERIE, JOAILLERIE, ORFEVRERIE DÈS DIAMANTS, PERLES ET PIERRES. **The Gemstone Book**. CIBJO. 2006. 75 p.
- 3 - JOSUÉ ROJAS, Arol. **Tratamento de gemas**. 2002. (Monografia) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2002. 65 páginas.
- 4 – KNECHT, T.. Coloração artificial das ágatas. Associação Brasileira de Gemologia. **Anais**, Ano II, n. 7, 1957. p. 1-9.
- 5 - NASSAU, K. **Gems made by man**. Radnor: Chilton Book,. 1980.364 páginas.
- 6 - NASSAU, K. **The physics and chemistry of color: the fifteen causes of color**. New York: John Willey and Sons. 1983. 454 p.
- 7 - NASSAU, K. **Gemstone enhancement**. Londres: Butterworhts. 1984. 221 p.
- 8 - NASSAU, K. 1994. **Gemstone enhacement: history, science, and state of the art**. 2ª ed. Butterworth-Heinemann. 252 p.
- 9 - NASSAU, K. & Hanson, A.E. **The pearl in the chicken**. The Lapidary Journal. 1988. 53p.
- 10 - PORTAL DAS JÓIAS. **Gemologia**. Disponível em: <<http://www.portaldasjoias.com.br/index.php>>. Acesso em: 05 mar. 2008.
- 11 - BRANCO, Pécio de Moraes. **O tingimento da ágata**. Disponível em: <[http://wwwportaldasjoias.com.br/Julho\\_05/Gemologia/gemologia.htm](http://wwwportaldasjoias.com.br/Julho_05/Gemologia/gemologia.htm)>. Acesso em: 05 mar. 2008.

12 - GEMOLOGICAL ASSOCIATION OF ALL JAPAN. Disponível em: <http://www.gaai-zenhokyo.co.jp/>>. Acesso em: 05 mar. 2008.

13 – GEMGUIDE. Disponível em: <http://www.gemguide.com/news/archives2.htm>. Acesso em: 05 mar. 2008.

## Anexos

### ANEXO 1 - TRATAMENTO DE PÉROLAS UTILIZANDO GALINHAS

Entre as setenta e cinco receitas relativas a tratamento de gemas compiladas em P.Holm ou Papyrus Holmiensis, no final do século terceiro ou início do século quarto d.C., dez lidam especificamente com pérolas. Oito delas envolvem limpeza de pérolas sujas ou manchadas, uma descreve o tingimento de pérolas e, a última, é uma receita que ensina a fazer imitações de pérolas. Duas das receitas de limpeza envolvem alimentar galinhas com pérolas.

O processo descrito nestas receitas parece prudente quando se lembra que as pérolas são compostas de camadas de pequenos cristais de aragonita e, possivelmente, de calcita (carbonatos de cálcio), além de, aproximadamente, 10% de conchiolina, uma substância orgânica. Em conseqüência, o suco gástrico ácido do estômago e a ação trituradora da moela podem ser experimentados para dissolver a camada manchada da superfície da aragonita e, então, melhorar a sua aparência de pérola suja.

Para entender o significado de tal processo, é necessária uma breve descrição do processo digestivo de uma galinha. A comida engolida pela galinha primeiro passa do esôfago para dentro do papo. Aí a comida é mantida sob umidade e condições de acidez suave (pH próximo a 4,5) até que haja espaço para ela no estômago. Se a galinha não tiver comido por algumas horas, o tempo de permanência na moela é muito breve e a comida move-se, rapidamente, para o estômago.

O estômago consiste em duas partes: (1) o proventrículo, onde o suco gástrico (contendo ácido clorídrico e proteína digestiva, enzima pepsina) é adicionado e onde o tempo de permanência é muito curto; e (2) a moela, onde há um longo período de espera sob fortes condições ácidas a um pH tão baixo quanto 1,4. Como a galinha não tem dentes para triturar sua comida, durante a exposição máxima das partículas aos sucos digestivos, este processo é realizado por fortes contrações das paredes musculares da moela agindo nos fragmentos que a galinha pegou junto com sua comida. A comida digerida move-se depois para o intestino para a absorção. A adição de suco pancreático agora, neutraliza o ácido e produz condições que não se esperam afetar a pérola. O processo digestivo total, normalmente, leva cerca de três horas. Os fragmentos permanecem na moela por uma semana ou mais.

#### *Clareamento de pérolas*

Uma pérola que esteja suja ou manchada pode ser limpa ou clareada da seguinte maneira: a pérola é dada para uma galinha engolir e, após um certo intervalo de tempo, a ave é sacrificada, a pérola é, então, retirada e pode-se observar que a gema foi clareada.

Uma receita semelhante especifica o tempo do nascer ao pôr-do-sol em uma galinha sedenta. Há uma outra receita que inclui, entre outros ingredientes, suco de limão e utiliza um pombo que é abatido depois de duas horas.

#### *Limpeza de pérolas*

Sempre que uma pérola verdadeira fica suja e perde seu brilho, os indianos, a limpam dando a gema como alimento a um galo à noite. Pela manhã eles procuram a pérola nas fezes da ave e, ao encontrarem, podem observar se ela foi limpa pela ave, isto é, ela possui

uma brancura não inferior à original.

#### *Observações*

- a) as condições de trituração e acidez na moela são evidentemente fortes o suficiente para destruir uma pérola completamente. Além disso, está claro que se as pérolas são tratadas como fragmentos sólidos, neste caso elas não saem da moela facilmente e, desta maneira, o método de limpeza que recolhe a pérola das fezes da ave torna-se completamente errado, se a ave não for morta num prazo adequado e a gema recuperada.
- b) a razão para as diferenças de comportamento dos resultados obtidos seguramente deriva das condições específicas da moela da galinha e do tempo de permanência da pérola no interior do animal. As várias enzimas, partículas da alimentação, substâncias orgânicas presentes na moela, a ação trituradora da moela podem ajudar a mater a superfície polida. Um fator adicional envolve a exposição da conchiolina quando o ácido dissolve os cristais de aragonita da superfície da pérola. Este pode ser removido na galinha pela ação do esmagamento e pelo ataque da proteína digestiva, enzima pepsina, presente na moela, conseqüentemente, mantendo uma superfície polida;
- c) o tratamento de várias pérolas ao mesmo tempo é, de certa maneira, viável, mas apenas com alguma perda de controle sobre o que acontece com cada uma durante o processo e
- d) experimentos demonstram que a aparência de algumas pérolas pode realmente ser melhorada pelo processo da pérola inserida dentro da galinha. Se o nácar é removido, é óbvio que a superfície manchada será removida junto com ele.