

INTENSIFICAÇÃO DA COR DE AMETISTAS POR IRRADIAÇÃO

Maria Sílvia Gorski

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN-CNEN/SP
Caixa Postal 11049
05422-970, São Paulo, Brasil

RESUMO

O Brasil é grande produtor de quartzo natural. As ametistas, variedade de cor púrpura, é muito apreciada no mercado externo sendo-lhe atribuída, desde a Antiguidade, poderes tais como proteção contra a má sorte e doenças. Trata-se da mais valiosa pedra da família do quartzo sendo a intensidade de sua tonalidade a responsável pelo valor comercial que varia de US\$ 0,5 à US\$ 25,0 por quilate, conforme sua graduação que varia de fraca à extra. Segundo estudos realizados a cor púrpura é relacionada com a quantidade de Fe^{4+} distribuído irregularmente na rede cristalina da gema. O trabalho consiste na indução e intensificação da cor utilizando-se raios gama de fontes de Co-60 em amostras de quartzo de diversas procedências. Realizou-se análises quantitativas comparativas, através de fluorescência por raios-x, em amostras de quartzo incolor e citrinos para a avaliação do teor de ferro necessário para a indução da cor e o papel do alumínio na intensificação da tonalidade da ametistas.

I. INTRODUÇÃO

Atualmente no Brasil a pedra mais beneficiada por radiação seguido por tratamento térmico é o cristal de quartzo, processo conhecido de longa data e que gera cristais de diversas tonalidades de cores e com boa aceitação no mercado exterior.

O grupo do quartzo abrange minerais com composição química SiO_2 e também $SiO_2 \cdot nH_2O$. O quartzo macrocristalino inclui: ametistas, aventurininas, cristal de rocha, citrinos, prase (praseolita), olho de tigre, olho de gato, olho de águia ou falcão (que possuem efeitos de iridescência ou chatoyance devido a inclusões fibrosas ou presença de agulhas de rutila), quartzo esfumado ("smoky") e quartzo rosa.

Quartzo microcristalino inclui o grupo da calcedônia: ágata, madeira fossilizada, chrysoprase, heliotrope, jasper, cornelian, agata, onyx e outros.

Quartzo amorfo inclui o grupo das opalas: opala preciosa, opala de fogo e a comum.

As cores dos diversos tipos de quartzo na maioria das vezes é devida a um processo de radiação natural.

Para o presente trabalho, utilizou-se amostras de quartzo incolores, citrinos, bicolors e ametistas de diversas procedências e realizou-se experiências de irradiação com raios gama procedentes de fontes de Co-60, com doses que variaram de 0.1 a 600 Mrds e tratamentos térmicos de 150 a 650^o C. Analisou-se através de fluorescência por raios X as impurezas presentes nas amostras.

II. CONSIDERAÇÕES

O quartzo possui estrutura hexagonal (trigonal) e diversas impurezas podem ocorrer neste cristal: Fe, Al, Ni, Mn, Na, Cu, Zn, Cr, Ti, Co, e traços de terras raras. A radiação ao interagir com a estrutura eletrônica do cristal pode ocasionar defeitos na rede cristalina conhecidos como centros de cor, onde estas impurezas desempenham papel importante; é o caso do quartzo "smoky" que possui o Al com valência 3+ no lugar do íon Si^{4+} com algum alcalino, por exemplo o Na nas vizinhanças para manter a neutralidade elétrica (1).

O Fe pode estar presente nos sítios intersticiais do quartzo em três possíveis estados de valência: Fe^{2+} , Fe^{3+} e Fe^{4+} . Existe na literatura diversos estudos realizados para a exata compreensão do centro de cor da ametista e do processo responsável pela cor púrpura. Um estudo interessante foi realizado por Cohen (2) onde a oxidação do Fe^{3+} em Fe^{4+} forneceria um elétron que extinguiria possíveis centros "trapped-hole" de Al induzidos por radiação ionizante. Isto significa que a impureza intersticial Fe^{3+} agiria contra a indução do quartzo "smoky" e ao mesmo tempo a indução do "trapped-hole" de Al ajudaria a formação da cor púrpura.

III. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Amostras incolores e de várias tonalidades de cor e de diversas procedências: Minas Gerais, sul da Bahia, Tocantins, Mato Grosso, Rondônia e Rio Grande do Sul foram submetidas a processos de radiação que variaram em dose, velocidade de radiação e condições ambientais: no ar e na água. Utilizou-se três fontes de Co-60: uma panorâmica com 230 krad/h, uma gamacell com 670 krad/h (ambas localizadas no IPEN/CNEN-SP) e uma terceira fonte industrial de 2 Mrad/h da Companhia Brasileira de Esterilização (CBE) localizada em Jarinú, interior do estado de São Paulo

Os processos térmicos subsequentes para apuração e avaliação da estabilidade da cor variaram de 150 até 400°C. Chegou-se até 650 °C para completa remoção da cor.

IV. RESULTADOS

Diversas colorações foram induzidas nas amostras conforme as condições de irradiação, dose e temperatura: “smoky”, um leve citrino esverdeado até um forte alaranjado (citrino queimado) e algumas pedras adquiriram a cor conhecida como “green gold” (verde com estrias escuras). Notou-se que entre o citrino claro até a forte cor laranja é possível a indução na mesma amostra de várias intensidades de cores, conhecidas no mercado como cerveja, uísque e conhaque, cores estas dependentes apenas da dose que variou de 0,1 até 600 Mrads.



Citrino Queimado – obtido a partir de irradiação de quartzo incolor seguido por processo térmico

Na maior parte das amostras de ametistas notou-se que doses superiores a 1 Mrad induziram a cor do “smoky” sem intensificação da cor púrpura.

Intensificação da cor púrpura foi obtida nas amostras do Rio Grande do Sul (Lajeado) e em algumas de Rondônia, mas, neste último caso com intensificação da cor púrpura setorialmente.

No caso das amostras de Lajeado as pedras são classificadas comercialmente de 1 a 5 e extra, onde 1 seria a bastante intensa, 2 intensa, 3 média, 4 fraca e 5 muito fraca. A intensificação por radiação só ocorreu em algumas médias, nas intensas e muito intensas.



Ametistas de Lajeado – intensificação da cor púrpura através de irradiação com raios gama

Irradiou-se amostras de citrinos naturais, também de Lajeado, que seguem a mesma classificação das ametistas com relação às intensidades de cor e verificou-se que não ocorreu indução da cor púrpura e sim escurecimento nas pedras.



Citrinos de Lajeado – cores naturais

Submeteu-se algumas amostras de ametistas a processos térmicos até 500°C. Ocorreu a mudança da cor púrpura para o amarelo citrino no caso das de Lajeado.

Uma nova irradiação devolveu a cor púrpura original a essas amostras, mas em amostras de outras procedências notou-se uma redução da cor induzida quando comparada a cor original.

Foram feitas análises semiquantitativas por fluorescência de raios-X para identificação de impurezas das amostras.

Inicialmente comparou-se ametistas de intensidades e procedências diferentes: O Fe foi o elemento comum nas amostras, sendo que as amostras mais intensas (Lajeado) apresentaram uma concentração quase de 2 para 1 em relação ao Al presente nessas amostras. Em algumas ametistas de cores fracas a concentração de Fe foi mais baixa e não ocorreu o Al, mas sim Cr na mesma proporção do Fe.

Por outro lado, os citrinos queimados induzidos por irradiação do quartzo incolor, apresentaram altos teores de Al, Ca, Fe e Cr.

Realizou-se então análises quantitativas por fluorescência de raios X nas amostras de ametistas e citrinos

de Lajeado e de um citrino induzido. Tanto os citrinos quanto as ametistas de Lajeado apresentaram Fe_2O_3 da ordem de 0,055% para 0,028% de Al_2O_3 . Os citrinos queimados apresentaram teores de 0,38% para Al_2O_3 , 0,20% de Fe_2O_3 , 0,21% de CaO e 0,15% de Cr_2O_3 .

V. CONCLUSÕES

A indução do Fe^{4+} através da radiação é o mais forte candidato responsável pela cor da ametista. Além deste fator parece existir uma preferência de ocupação desta impureza na rede cristalina, relacionada com seu crescimento natural e com compensadores de carga próximos. Processos térmicos de altas temperaturas que tenham ocorrido durante a formação destes cristais podem ter impedido esta ocupação preferencial, devido a presença de outras impurezas na rede cristalina. A intensificação da cor púrpura através de processos de radiação por raios gama de fontes de Co-60 é possível desde que as pedras tenham o Fe presente em quantidades adequadas e alocados preferencialmente.

V. REFERÊNCIAS

- [1] Nassau, Kurt, **The Causes of Color**, Scientific American, vol. 243 (4), p 106-123, 1980
- [2] Cohen, A.J., **Amethyst color in quartz, the result of radiation protection involving iron**, American Mineralogist, vol. 70, p. 1180-1185, 1985

ABSTRACT

Brazil is great natural quartz producer. Amethyst, variety of the violet color is very appreciated in the world and since the Antiquity it is said to have many supernatural powers. Is the most highly valued stone in the quartz group and the gradation of the color is responsible for the commercial value that varies of US\$ 0.5 to US\$ 25.0 for carat. As carried through studies the violet color is related with the amount of Fe^{4+} distributed in the crystal. The present work consists of the induction and intensification of the violet color by rays gamma of sources of Co-60 in quartz samples of diverse origins. It was used analyses by fluorescence for rays-x in samples of amethyst and citrines for the evaluation of the iron and aluminium for the induction of the violet color.