ESPECTROS ÓPTICOS DE ABSORÇÃO E DADOS COLORIMÉTRICOS DE GRANADAS GEMOLÓGICAS DA BACIA DO RIO SANTO INÁCIO, MUNICÍPIO DE COROMANDEL-MG.

WOLDEMARIWANUCH*, STANISLAV STEPANOVICH MATSYUK** & MIKHAIL NIKOLAEVICH TARAN**

ABSTRACT OPTICAL ABSORPTION SPECTRA AND COLORIMETRIC DATA OF THE GEMOLOGICAL GARNETS FROM THE SANTO INÁCIO RIVER BASIN, COROMANDEL COUNTY- MG, BRAZIL The study covered thirty-one samples of gemological garnets of more than 5 mm in size from the alluvial sediments at the Charneca site and from the Vargem-1 pipe, both located in the Santo Inácio River basin in Coromandel county, State of Minas Gerais. Among these samples, and based on chemical composition data, optical absorption spectroscopy, and colorimetry, we were able to distinguish three main types of gemological garnets (purplish-red, orangish-red, and yellowish-orange), the hues of which are due to the combination of optically active centers of Cr^{IV} , Fe^{VI} and Fe^{VIII} . Comparison of the garnets analyzed with those of the Czech Massif (Linhorka, Czech Republic) revealed that the former feature less saturation of the main color tone, resulting in a more attractive color and enhanced gemological value.

Keywords: garnet, optical absorption spectra, colorimetry, gemology, Coromandel-MG, Brazil

RESUMO Foram estudadas 31 amostras de granadas gemológicas (com dimensões superiores a 5mm) dos sedimentos aluviais da localidade de Charneca e do *Pipe* Vargem-1, ambos situados na bacia do rio Santo Inácio, no município de Coromandel, Estado de Minas Gerais. Com base nos dados do quimismo mineral, espectroscopia óptica de absorção e da colorimetria, foi possível distinguir dentre elas, três tipos principais de granadas gemológicas (vermelho-púrpura, vermelho-alaranjado e laranja-amarelado), cujos matizes são devidos à combinação de centros opticamente ativos de Cr^{IV} , Fe^{VI} e Fe^{VIII} . As granadas estudadas comparativamente às do Maciço Tcheco (*Pipe* Linhorka, República Tcheca) apresentam menor saturação do matiz principal, fato que lhes confere uma cor mais agradável e um maior valor gemológico.

Palavras-chave: granada, espectro óptico de absorção, colorimetria, gemologia, Coromandel- MG-Brasil

INTRODUÇÃO Embora a aplicação das granadas kimberlíticas em gemologia tenha sido sugerida há cerca de duas décadas por Platonov *et al.* (1976) e Taran *et al.* (1978), foi somente no último decênio que o seu emprego obteve impulso e aceitação no mercado de jóias, isso graças a um arrojado *marketing* de promoção e vendas e ao desenvolvimento e implantação de novos circuitos de beneficiamento nas unidades de extração de diamantes de kimberlitos na Yakutia (República Sakha) - Rússia que prevêem a separação concomitante como subprodutos a granada, o zircão e a olivina.

A extração de granadas kimberlíticas esteve organizada em vários *pipes* da África do Sul (De Beers, Kimberley) e, em aluviões associadas aos *pipes* Premier, Roberts Victor e nas aluviões do rio Vaal (Kornilov & Solodova 1983).

Não obstante as granadas abarcarem uma boa fatia do mercado de gemas, verifica-se que dentre elas, a participação das kimberlíticas ainda é pequena.

Hoje, dentre as variedades gemológicas dos minerais do grupo das granadas, são muito apreciados o piropo vermelho, vermelho-púrpura e vermelho-alaranjado da Boêmia-República Tcheca (Fiala & Padera 1977, Schlüter & Weitschat 1991), a almandina vermelho-violácea, vermelha, rosa e alaranjada (Kornilov & Solodova 1983), o piropo-almandina marrom-avermelhado (Kornilov & Solodova 1983, Schmetzer & Bank 1981), a essartita amarelo-alaranjado (Kornilov & Solodova 1983), a essartita-piropo-grossulária marrom-amarelado (Schmetzer 1982), o piropo-almandina-essartita-grossulária alaranjado (Bank 1979), o piropo-essartita vermelho-rosa e rosa (Schmetzer & Bank 1981, Stockton & Manson 1986), a grossulária vermelho-alaranjado e marrom "hessonita", grossulária incolor, verde-clara "tsavorita", verde-amarelado, verde "vivo", a grossulária com cromo e ou com vanádio verde-escura (Bank 1979, 1982, Bridges 1974, Kornilov & Solodova 1983, Muije *et al.* 1979, Paulitsch 1989), a andradita verde-amarelado "demitóide" e a verde-parda "topazolita" (Bank 1978-1979, 1979, Kornilov & Solodova 1983, Phillips & Talantsev 1996, Platonov *et al.* 1984), a uvarovita verde-esmeralda (Kornilov & Solodova 1983), as granadas cromíferas e vanadíferas com "efeito alexandrita" representadas por piropo-grossulária-uvarovita, piropo-uvarovita-grossulária-essartita e piropo (Bank 1978, 1979, 1979, Saul *et al.* 1978, Schmetzer *et al.* 1980, Stockton 1982), o "schorl" e a "melanita" preta (Kornilov & Solodova 1983), a "hidrogrossulária" verde-amarelado e amarelo-esverdeado (Bank 1982).

A maioria dos gemólogos e joalheiros desconhece que algumas variedades de granadas kimberlíticas se assemelham ao piropo vermelho, vermelho-púrpura e vermelho-alaranjado da Boêmia, o qual é utilizados desde o século XII em joalheria e serve ainda como padrão de referência para as granadas de coloração vermelha.

Cabe salientar que as granadas kimberlíticas de um único *pipe* podem por vezes abarcar praticamente toda a faixa de cores do espectro, inclusive as de matizes púrpuras, excetuando-se as azuis.

Outrossim, são encontradas entre as granadas kimberlíticas variedades únicas em termos de matizes e tonalidades que não se acham entre granadas de outros tipos genéticos. Algumas dessas granadas, que são extremamente raras, se, promovidas comercialmente com habilidade, poderiam alcançar altos preços no mercado.

Uma das singularidades das granadas kimberlíticas estudadas é a presença de grãos de vários matizes e dimensões relativamente grandes (até 10mm), cuja frequência nos colúviões, eluviões e aluviões adjacentes ao *Pipe* Vargem-1 (Fig. 1) é significativamente maior do que nos da Yakutia - Rússia de acordo com os dados de Platonov *et al.* (1976). Isto sugere a possibilidade da exploração concomitante, ou não, de granadas e diamantes na bacia do rio Santo Inácio.

Por outro lado, a montante da localidade de Charneca, além do *Pipe* Vargem-1, existem pelo menos outras quatro intrusões kimberlíticas, que liberam granadas nos sedimentos da bacia do rio Santo Inácio.

MÉTODOS O presente trabalho é a primeira tentativa de estudo da natureza da cor e dos parâmetros colorimétricos das granadas

Figura 1 - Localização do Pipe Vargem-1 e da vila de Charneca, Município de Coromandel, Estado de Minas Gerais.

kimberlíticas do Brasil, encontradas tanto em fontes primárias, como em coletores secundários, visando seu possível aproveitamento.

Para esse estudo, foram escolhidos em lupa binocular 31 grãos de granadas cobrindo toda a gama de cores e com dimensões superiores a 5mm.

O estudo da composição química das granadas foi realizado em microsonda eletrônica modelo Camebax, no Laboratório de Análises por Microsonda Eletrônica do Instituto de Geologia e Mineralogia da Filial Siberiana da Academia de Ciências da Rússia, na cidade de Novossibirsk, Rússia, utilizando-se a granada UD-92 como padrão analítico.

A fim de estudar objetivamente as particularidades da natureza da cor (centros opticamente ativos) e os parâmetros colorimétricos das granadas, foram tirados espectros ópticos de absorção

$$(K = \frac{1}{d} \log \frac{Y_0}{Y}, mm^{-1})$$

na faixa de 380 a 775nm. Para tal, foram preparados com as mesmas granadas anteriormente utilizadas na análise por microsonda eletrônica, corpos de prova (após a sua extração das seções polidas) na forma de lâminulas plano-paralelas especularmente polidas de ambos os lados, com espessura de 0,2 a 0,6mm.

As medições dos espectros de absorção foram realizadas por meio de um espectrofotômetro construído pela equipe técnica do Instituto de Geoquímica, Mineralogia e Formação de Minérios da Academia Nacional de Ciências da Ucrânia, em Kiev. A descrição do equipamento, os detalhes das técnicas de medição interpretação dos espectros ópticos e os cálculos dos parâmetros colorimétricos: x, y, z (coeficientes de cor); λ_k (comprimento de onda do matiz principal no

ar); p_c (saturação ou pureza do matiz principal); Y (intensidade), podem ser encontrados em Matsyuk, Platonov & Khomenko (1985). Todos os resultados das medições foram normalizados para lâminulas de 1,0mm de espessura.

Para a determinação da paragénesese das granadas, com base nos parâmetros colorimétricos, utilizou-se o diagrama colorimétrico $\lambda_k - p_c$ de Matsyuk *et al.* (1994).

Para a definição das cores das granadas, foi utilizado o diagrama padrão de cromaticidade - triângulo de cromaticidade XYZ da Comissão Internacional de Iluminação -CIE (Gurevitch 1950 e Judd & Wyszecki 1975).

Objetivando avaliar o potencial gemológico das granadas estudadas, compararam-se os seus dados de parâmetros óptico-espectrométricos (POE) e colorimétricos (PC) com os das granadas gemológicas de várias intrusões peridotítico-piroxeníticas e do *Pipe* Linhorka, da Boêmia.

COMPOSIÇÃO QUÍMICA Como se observa nas tabelas 1 e 2, as granadas estudadas, segundo o seu quimismo, trata-se de piropro com conteúdo variável de moléculas de almandina e uvarovita.

As granadas das aluviões do rio Santo Inácio, na localidade de Charneca, caracterizam-se por apresentar teores pouco variáveis de CaO (4,16-4,97%), MgO (19,87-20,67%) e FeO (8,30-9,63%), bem como teores relativamente baixos de TiO₂ (0,09-0,34%) (Tab.1). Outrossim, apresentam uma variação um pouco maior nos teores de Cr₂O₃ (1,50-3,89%) e Al₂O₃ (19,69-21,58%). Os dados indicam que essas granadas provavelmente representam os produtos finais de um "trend" bem definido de diferenciação de um magma ultrabásico.

O supradito é extensivo às granadas do *Pipe* Vargem-1 (Tab.2), as quais também apresentam variações muito pequenas nos teores dos

Tabela 1 - Análises químicas das granadas gemológicas da localidade de Charneca (% em peso).

Nº da Amostra	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Total
C - 2/1	40,96	0,10	20,45	2,84	8,89	0,41	19,97	4,90	0,09	0,02	98,61
C - 2/2	41,38	0,23	20,33	2,56	8,69	0,45	20,02	4,83	0,04	0,00	98,53
C - 2/3	41,45	0,24	21,04	2,22	8,73	0,43	20,54	4,54	0,05	0,00	99,24
C - 2/4	41,42	0,32	21,26	1,60	9,47	0,44	20,25	4,45	0,07	0,01	99,29
C - 2/5	41,87	0,08	20,39	2,89	8,90	0,47	19,94	4,86	0,06	0,01	99,46
C - 2/6	40,80	0,33	20,63	1,95	9,29	0,40	20,03	4,39	0,10	0,02	97,92
C - 2/6	41,30	0,33	20,74	1,84	9,22	0,44	20,09	4,40	0,07	0,02	98,42
C - 2/6	41,28	0,29	21,26	1,87	9,45	0,39	20,41	4,33	0,08	0,00	99,36
C - 2/7	41,48	0,21	19,69	3,89	8,91	0,43	19,90	4,92	0,06	0,00	99,49
C - 2/8	41,54	0,31	21,52	1,79	8,94	0,44	20,67	4,52	0,09	0,01	99,81
C - 2/9	41,51	0,35	21,23	1,50	9,63	0,41	19,87	4,39	0,07	0,01	98,96
C - 2/10	41,85	0,22	20,12	3,52	8,59	0,42	20,29	4,97	0,03	0,00	100,00
C - 2/11	41,49	0,22	19,91	3,65	8,30	0,48	20,04	4,94	0,08	0,00	99,10
C - 2/12	40,95	0,23	21,37	1,63	8,96	0,39	20,38	4,21	0,06	0,00	98,18
C - 2/12	41,55	0,25	21,58	1,77	9,39	0,42	20,48	4,16	0,07	0,00	99,67
C - 2/13	41,28	0,28	20,85	2,48	8,92	0,38	20,13	4,66	0,10	0,00	99,07
C - 2/14	41,59	0,20	20,63	2,50	8,70	0,42	20,24	4,69	0,03	0,00	99,00

Tabela 2 - Análises químicas das granadas gemológicas do *Pipe* Vargem-1 (% em peso).

Nº da Amostra	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Total
V - 1/1	40,88	0,13	20,88	2,43	8,94	0,44	20,05	4,60	0,06	0,00	98,35
V - 1/2	41,29	0,30	20,91	1,96	9,55	0,44	19,88	4,30	0,07	0,00	98,63
V - 1/3	40,72	0,14	20,43	2,43	8,91	0,41	20,09	4,72	0,04	0,00	97,85
V - 1/3	41,56	0,13	20,59	2,46	8,67	0,42	20,21	4,75	0,03	0,00	98,80
V - 1/4	41,34	0,35	21,23	1,75	9,85	0,43	20,06	4,38	0,06	0,00	99,38
V - 1/5	41,62	0,27	21,10	1,69	9,58	0,43	19,99	4,23	0,09	0,00	98,91
V - 1/6	41,17	0,09	20,54	2,73	9,12	0,49	19,81	4,79	0,04	0,00	98,74
V - 1/7	41,15	0,17	20,76	2,15	9,27	0,39	19,95	4,38	0,05	0,00	98,21
V - 1/7	41,69	0,13	20,80	2,31	9,20	0,47	20,12	4,54	0,04	0,00	99,26
V - 1/8	41,52	0,26	21,27	1,47	9,51	0,42	20,08	4,17	0,09	0,00	98,70
V - 1/9	41,29	0,27	21,34	1,43	9,42	0,43	20,39	4,24	0,05	0,01	98,80
V - 1/10	41,49	0,34	21,28	1,64	9,72	0,42	19,84	4,34	0,05	0,00	99,07
V - 1/11	41,33	0,08	19,81	3,60	8,80	0,53	19,82	5,34	0,04	0,01	99,31
V - 1/12	41,08	0,18	18,66	5,03	8,62	0,44	19,66	5,22	0,07	0,03	98,89
V - 1/13	41,22	0,28	20,87	1,83	8,97	0,42	20,22	4,65	0,06	0,00	98,46
V - 1/14	40,97	0,28	20,39	2,59	8,92	0,44	20,15	4,71	0,06	0,01	98,45
V - 1/15	41,50	0,09	20,74	2,73	8,67	0,46	20,32	4,76	0,06	0,01	99,26
V - 1/16	41,57	0,30	21,40	1,41	9,46	0,36	19,97	4,24	0,07	0,01	98,71
V - 1/17	41,71	0,25	21,30	1,48	9,55	0,45	20,19	4,18	0,07	0,01	99,11

seus óxidos constituintes. São poucas as granadas do *pipe* que apresentam teores médios de Cr_2O_3 (no máximo de 5,03%) e CaO (no máximo de 5,22%).

No todo, quanto à composição química, as amostras estudadas assemelham-se às granadas de paragéneses lherzolíticas e websteríticas encontradas em kimberlitos. No entanto chamam a atenção pelo seu alto teor em FeO (que atinge 9,85%), que as diferencia, por exemplo, das granadas dessas paragéneses encontradas nos kimberlitos da Yakutia - Rússia, nas quais o teor de FeO raramente ultrapassa os 8,00%, não obstante o teor análogo de Cr_2O_3 , MgO e CaO . Não se pode excluir que este fato esteja relacionado com a composição específica do meio de cristalização a partir do qual esses minerais mantêlicos se formaram. Esta dúvida poderá ser resolvida com o estudo complementar das granadas de outras frações granulométricas.

ESPECTROS ÓPTICOS E COLORAÇÃO Com base nos espectros ópticos de absorção típicos (Figs. 2 e 3) e nos parâmetros colorimétricos (Tab. 3 e 4), pode-se subdividir as granadas em três grupos de cor: vermelho-púrpura ($\lambda_k = 500\text{-}630\text{nm}$, $p_c = 0,250\text{-}0,550$ unid. rel.), vermelho-alaranjadas ($\lambda_k = 630\text{-}590\text{nm}$, $p_c = 0,300\text{-}0,700$ unid. rel.) e laranja-amareladas ($\lambda_k = 590\text{-}584\text{nm}$, $p_c = 0,500\text{-}0,750$ unid. rel.). Cabe ressaltar que esta subdivisão é formal, pois na verdade existem transições gradativas entre as três cores e que cada uma das populações estudadas exibem suites específicas de cores com baixa intensidade de saturação do matiz principal (Tab. 3 e 4, Fig. 3).

Nas figuras 2 e 3, tem-se, respectivamente, os espectros ópticos de absorção característicos para as variedades de cor de granadas encontradas em Charneca e no *Pipe* Vargem-1. Nelas vemos que a cor das

granadas deve-se principalmente aos íons Cr^{3+} e Fe^{2+} . Os íons Fe^{3+} exercem menor influência na coloração das granadas, os quais relacionam-se à banda de transferência de carga $\text{O}^{2-} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$.

Nos espectros ópticos de granadas de cor vermelho-púrpura (Fig. 2, amostra 1/12; Fig. 3, amostra 2/6) vêm-se as bandas de absorção relativamente intensas, relacionadas com os centros opticamente ativos (COA) de $\text{Cr}_{\text{VI}}^{3+}$ ($E_u = 17.600\text{-}17.700\text{cm}^{-1}$, $E_g = 24.000\text{-}24.200\text{cm}^{-1}$), bem como uma banda de absorção fraca na região dos 505nm, atribuída às transições proibidas d-d nos íons Fe_{VIII} .

Por outro lado, nos espectros das granadas vermelho-alaranjadas (Fig. 2, amostra 1/1; Fig. 3, amostra 2/6) e sobretudo nas laranja-amareladas (Fig. 2, amostra 1/1; Fig. 3 amostra 2/11), ocorre um decréscimo na intensidade das bandas U de absorção dos COA de $\text{Cr}_{\text{VI}}^{3+}$ havendo com isso, uma diminuição da influência desses COA na composição da cor da granada.

Simultaneamente -ocorre o aumento da função dos íons Fe^{2+} e sobretudo dos íons Fe^{3+} no desenvolvimento da coloração amarela.

A análise das características colorimétricas das granadas gemológicas das aluviões da localidade de Charneca e do *Pipe* Vargem-1 mostram que elas apresentam aproximadamente a mesma faixa de

Tabela 4 - Parâmetros colorimétricos e paragéneses das granadas gemológicas do *Pipe* Vargem-1.

Nº DA AMOSTRA	PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS (para plaquinha com 1mm de espessura)					PARAGÊNESE
	x	y	λ_k , nm	p_c , unid. rel.	Y, %	
V - 1/1	0,455	0,325	609,2	0,411	13,5	L (GLE)
V - 1/2	0,508	0,363	596,8	0,655	16,2	L (LPC)
V - 1/3	0,459	0,324	610,0	0,420	17,0	L (GLE)
V - 1/4	0,509	0,371	594,9	0,679	18,1	L (LPC)
V - 1/5	0,472	0,357	596,1	0,544	18,3	L (GLE)
V - 1/6	0,484	0,355	597,4	0,572	20,8	L (GLE)
V - 1/7	0,444	0,322	610,5	0,376	16,8	L (GLE)
V - 1/8	0,491	0,367	594,9	0,621	17,1	L (LPC)
V - 1/9	0,479	0,370	593,3	0,597	27,8	L (GLE)
V - 1/10	0,513	0,372	595,1	0,693	19,1	L (LPC)
V - 1/11	0,453	0,296	492,6	0,346	9,5	L (SGLE)
V - 1/12	0,484	0,290	492,7	0,430	7,0	Wh (GWH)
V - 1/13	0,480	0,332	605,6	0,498	17,7	L (GLE)
V - 1/14	0,488	0,342	602,0	0,547	13,5	L (GLE)
V - 1/15	0,445	0,312	622,4	0,350	17,1	L (GLE)
V - 1/16	0,472	0,317	615,3	0,438	14,4	L (GLE)
V - 1/17	0,482	0,367	594,1	0,597	23,8	L (GLE)

L - paragéneses lherzolítica (gr + ol + cpx + opx ± spl), GLE - granada lherzolito equigranular isotrópico;

SGLE - espinélio - granada lherzolito equigranular isotrópico;

LPC - lherzolito porfirítico cisalhado;

Wh - paragéneses wehrítica [gr + ol + cpx ± opx (<3%)]; Gwh - granada wehrilito (com granada de cor vermelho-púrpura).

Tabela 3 - Parâmetros colorimétricos e paragéneses das granadas gemológicas da localidade de Charneca.

Nº DA AMOSTRA	PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS (para plaquinha com 1mm de espessura)					PARAGÊNESE
	x	y	λ_k , nm	p_c , unid. rel.	Y, %	
C - 2/1	0,456	0,320	612,9	0,400	12,2	L (GLE)
C - 2/2	0,479	0,331	606,5	0,492	13,3	L (GLE)
C - 2/3	0,469	0,342	601,0	0,494	17,1	L (GLE)
C - 2/4	0,492	0,363	595,7	0,614	16,4	L (LPC)
C - 2/5	0,460	0,311	622,2	0,388	12,6	L (GLE)
C - 2/6	0,510	0,360	597,6	0,655	15,2	L (LPC)
C - 2/7	0,513	0,311	621,3	0,528	7,6	L (LPC)
C - 2/8	0,466	0,367	593,0	0,555	23,1	L (GLE)
C - 2/9	0,478	0,374	592,3	0,605	21,2	L (GLE)
C - 2/10	0,456	0,317	615,6	0,393	11,2	L (GLE)
C - 2/11	0,447	0,357	594,2	0,475	24,0	L (GLE)
C - 2/12	0,446	0,343	598,9	0,435	19,9	L (GLE)
C - 2/13	0,447	0,335	602,5	0,417	17,7	L (GLE)

L - paragéneses lherzolítica (gr + ol + cpx + opx ± spl), GLE - granada lherzolito equigranular isotrópico; LPC - lherzolito porfirítico cisalhado.

Figura 2 - Espectros ópticos de absorção típicos das granadas gemológicas do *Pipe* Vargem-1

Figura 3 - Espectros ópticos de absorção típicos das granadas gemológicas dos aluviões da localidade de Charneca.

Figura 4 - Diagrama tricromático no sistema XYZ da CIE das granadas gemológicas do Pipe Vargem-1.

cores, com predomínio das variedades de matiz vermelho sobre os outros (Fig. 4).

PARAGÊNESE DAS GRANADAS Conforme mencionado, a discriminação paragenética das granadas foi feita com o concurso do diagrama colorimétrico $\lambda_k - p_c$ de Matsyuk *et al.* (1994) (Fig. 5). Na figura 6 vê-se que a maior parte das granadas estudadas, tanto as de Chameca, como as do Pipe Vargem-1, são predominantemente de paragenese lherzolítica (granada lherzolitos equigranulares isotropos, espinélio-granada lherzolitos equigranulares isotropos) e subordinadamente de paragenese wehrlítica (granada wehrlitos). É possível que algumas das granadas possam ser produto da desintegração de dunitos e lherzolitos porfíricos cisalhados. Essa é uma questão aberta, que poderá ser resolvida com estudos complementares de granadas (com população estatisticamente representativa) da fração mais fina (0,5-l.Omm).

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS O piropo vermelho, vermelho-púrpura e vermelho-alaranjado (3mm) da Boémia (Fiala 1965, Faiala & Padera 1977, Schlüter & Weitschat 1991) durante muito tempo serviu de padrão como granada para joalheria.

Para fins de comparação com as granadas estudadas, tem-se, respectivamente, nas figuras 7 e 8, o diagrama de cromaticidade no sistema XYZ (CIE) e o diagrama colorimétrico dos parâmetros $\lambda_k - p_c$ das granadas da Boémia, extraídos do trabalho de Matsyuk *et al.* (1987).

As figuras 6 e 8 mostram que o piropo da Boémia e o da bacia do rio Santo Inácio apresentam o mesmo matiz principal de cor. Como distinção, o piropo da Boémia, exibe maior saturação do matiz principal [$p_c = 0,400-0,600$ unid. rel. ($\lambda_k = 492,5\text{nm}$), $p_c = 0,600-0,950$ unid. rel. ($\lambda_k = 600\text{nm}$)]. Este fato está relacionado a um maior conteúdo de íons cromóforos Fe^{3+} . Com pouca iluminação diurna ou noturna, o piropo da Boémia, montado em peças de joalheria, apresenta-se mais

Figura 5 - Diagrama colorimétrico das granadas de paragenese mantélica encontradas em kimberlitos (Matsyuk 1992). 1-15 campos dos matizes das granadas de: ABCDE e AIBICIDIEI - limites dos campos de cor das granadas de paragenese diamantífera de composição ultrabásica e básica respectivamente. 1-Harzburgitos-II; 2- Dunitos e peridotitos com espinélio; 3- Lherzolitos holocristalinos; 4- Mg-websteritos; 4'- Mg-clinopiroxenitos; 5- Mg-eclogitos; 6- Corindon eclogitos; 7- Dunitos, harzburgitos-I; 8-Wehrlitos com granada vermelho-púrpura; 9- lherzolitos cisalhados; 10- Ca-Mg-websteritos e clinopiroxenitos; 11- Mg-Fe eclogitos; 12- Ilmenita-granada-clinopiroxênio (intercrescimentos); 13- Maioria dos ilmenita peridotitos; 14- Distênio eclogitos e grosfíditos; 15- Distênio, corindon e coesita eclogitos e grosfíditos.

Figura 6 - Diagrama colorimétrico k versus p_c das granadas gemológicas do Pipe Vargem-1 e das aluviões da vila de Charneca, 1- Lherzólitos equigrulares; 2- Lherzólitos porfirídicos (cisa-lhados); 3- Wehrlitos.

escuro e além disso, alguns cristais chegam a possuir tons acinzentados, fato que os deprecia no mercado (Smit 1980).

A maior parte do piropo estudado (cerca de 90%) possui grau de saturação do matiz principal menor que o da Boêmia (p_c 0,600 unid. rel.). Esse fato mostra que as granadas lapidadas e montadas em jóias parecerão mais claras que as da Boêmia, mesmo sob iluminação fraca.

CONCLUSÕES Os dados do estudo do quimismo mineral, espectroscopia óptica de absorção e colorimetria das granadas gemológicas da localidade de Charneca e do Pipe Vargem-1, permitem tirar as seguintes conclusões:

1- dentre as granadas gemológicas de dimensões entre 5 e 1 mm, foram identificados piropo de cor vermelho-púrpura, vermelho-violácea, vermelha, vermelho-alaranjada, alaranjada, laranja-amarelada cujas colorações devem-se a diferentes proporções e relações dos COA causadas por Cr^{3+} , Fe^{3+} , Fe^{2+} .

2- nos sedimentos aluviais da localidade de Charneca, tem-se, em ordem decrescente de frequência, granadas com as seguintes cores: laranja-amarelada, laranja, laranja-avermelhada, vermelho-alaranjada, vermelha e vermelho-violácea (vermelho-púrpura).

3- no Pipe Vargem-1 tem-se, em ordem decrescente de frequência, granadas com as seguintes cores: laranja, laranja-avermelhada, vermelha, vermelho-violácea e púrpura.

4- em ambas as localidades, as granadas possuem menor saturação do matiz principal que as de Linhorka (Boêmia), isto é, possuem cores mais claras e, conseqüentemente, são mais adequadas para a confecção de peças lapidadas de maior tamanho que as da República Tcheca, tidas como padrão de referência de granadas gemológicas de cores vermelho-alaranjadas, vermelhas e vermelho-púrpuras.

5- em vista do exposto, recomenda-se a realização de um estudo sistemático de depósitos similares para caracterizar colorimetricamente as granadas gemológicas e posterior avaliação do seu potencial econômico, visando a sua extração concomitante, ou não, com o diamante.

Agradecimentos Um dos autores (W.I.) agradece à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pela concessão da Bolsa de Recém-Doutor, processo CEX 97.995 junto ao DEGEO-EM-UFOP. Ao Prof. Antônio Gomes de Araújo, ex-Diretor da Escola de Minas (UFOP) e ao Prof. Dr. Paulo César de Souza, ex-Chefe do Departamento de Geologia-EM-UFOP, pelo incentivo

Figura 7 - Diagrama tricromático no sistema XYZ da CIE das granadas gemológicas amostradas em sedimentos aluviais e nas intrusões peridotítico-piroxeníticas na região do Pipe Linhorka, República Tcheca.

Figura 8 - Diagrama colorimétrico k versus p_c das granadas gemológicas amostradas em sedimentos aluviais e nas intrusões peridotítico-piroxeníticas na região do Pipe Linhorka, República Tcheca.

para efetuar estágios técnico-científicos no Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation - Ukrainian National Academy of Sciences, Kiev- Ucrânia e no Instituto de Geologia e Mineralogia, da Filial Siberiana da Academia de Ciências da Rússia em Novossibirsk-Rússia, e a dois revisores anônimos que permitiram melhorar o texto do artigo.

Referências

- Bank H. 1978-1979. Gemological notes. *Gems & Gemol.*, **16**:123-125.
- Bank H. 1979. Orange ("Padparadscha") und andersfarbige granate aus Ostafrika. *Z. Dtsch. Gemmol. Ges.*, **28**: 146-147.
- Bank H. 1982. Über grossular und hydrogrossular. *Z. Dtsch. Gemmol. Ges.*, **31**: 93-96.
- Bank H. Schmetzer K., Probst S. 1979. Vanadiumgrossulare mit hohe lichtbrechung. *Z. Dtsch. Gemmol. Ges.*, **28**: 70-72.
- Bridges C.R. 1974. Green grossular garnets ("tsavorites") in East África. *Gems & Gemol.*, **14**:290-295.
- Gurevich M.M. 1950. A cor e a sua medição. Leningrado, Editora Ac.Ciênc.URSS, 266p.
- Fiala J. 1965. Pyrope of some garnet-peridotites of the Czech Massif. *Krystalinikum*, **3**:55-74.
- Fiala J. & Padera K. 1977. The chemistry of minerals of the pyrope dunite from borehole T-7 near Staré (Bohemia). *Tschermaks Mineral. Petrogr. Mitt.* **24**:205-219.
- Judd D.B. & Wyszeki G. 1975. *Color in Business, Science and Industry*. New York, John Wiley & Sons Inc., 553 p.
- Kornilov N.I. & Solodova Yu.P. 1983. *Pedras Preciosas*. Moscou, Nedra, 239 p. (em russo).
- Matsyuk S.S. 1992. *Cristaloquímica e Tipomorfismo de Minerais de Rochas Mantélicas Segundo Dados de Espectroscopia Óptica*. Instituto de Geoquímica e Física de Minerais. Academia de Ciências da Ucrânia, Kiev, Tese de Livre-Docência, Resumo, 38p. (em russo).
- Matsyuk S.S., Ilupin I.P., Smirnov G.I., Cherenkov A.F. 1994. Estudo óptico-espectroscópico de megacristais de granadas de kimberlitos da Yakutia e África. *Mineral. Zhurnal*, **16**:62-74 (em russo).
- Matsyuk S.S., Platonov A.N., Khomenko V.M. 1985. *Espectros Ópticos e a Coloração dos Minerais Mantélicos de Kimberlitos*. Kiev, Naukova Dumka, 246 p., (em russo).
- Matsyuk S.S., Platonov A.N., Vishnevskiy A.A., Kharkiv A.D. 1987. Particularidades da composição química e características óptico-espectroscópicas das granadas de intrusões peridotítico-piroxeníticas do Maciço Tcheco. *Mineral. Zhurnal*, **9**:15-28 (em russo).
- Muije P., Muije C.S., Muije L.E. 1979. Colorless and green grossularite from Tanzania. *Gems & Gemol.*, **16**:162-173.
- Paulitsch P. 1989. Eine mineralogische reise nach Kenia. *Aufschluss*, **40**:383-390.
- Phillips Wm.R.&TalentsevA.S. 1996. Russian demantoid, czar of the garnet family. *Gems & Gemol.*, **32**:100-111.
- Platonov A.N., Taran M.N., Kharkiv A.D., Polshin E. V., Botkunov A.I. 1976. Coloração das granadas gemológicas de pipes kimberlíticos da Yakutia. *Constituição e Propriedades dos Minerais*. **12**:88-103.
- Platonov A.N., Taran M.N., Balitskiy V.S. 1984. *A Natureza da Coloração das Gemas*. Moscou, Nedra, 196 p. (em russo).
- Saul J.M., Jobbins E.A., Statham P.M., Young B.R. 1978. Un essai d'établissement d'une échelle de couleurs pour des grenats de la vallée de l'Umba, Tanzanie. *Ver. Gemmol. A.f.g.*, **54**:9.
- Schlüter J. & Weitschat W. 1991. Bohemian garnet today. *Gems & Gemol.*, **27**:168-173.
- Schmetzer K. 1982. Ein ungewöhnlicher granat aus dem Umba-Tal, Tansania. *Z. Dtsch. Gemmol. Ges.*, **31**:59-64.
- Schmetzer K. & Bank H. 1981. Garnets from Umba-Tal valley, Tanzania - members of the solid solution series pyrope-spessartine. *Neues Jahrb. Miner. Monatsh.*, **8**:349-354.
- Schmetzer K., Bank H., Gubelin E. 1980. The alexandrite effect in minerals: chrysoberyl, garnet, corundum, fluorite. *Neues Jahrb. Mineral. Abh.*, **138**:147-164.
- Smit G. 1980. *Pedras Preciosas*. Moscou, Mir, 586 p. (tradução russa do original em inglês).
- Stockton C.M. 1982. Two notable color-change garnets. *Gems & Gemol.*, **18**:100-101.
- Stockton C.M. & Manson D.V. 1986. The chemical and spectral characteristics of gem garnets from East Africa 14th Gen. Meet. *Int. Miner. Assoc., Stanford, Calif.*, **13**-18 July, Abstr. Program, Washington D.C., p.239.
- Taran M.N., Platonov A.N., Polshin E.V. 1978. A coloração das granadas de jazidas da URSS. *Constituição e Propriedades dos Minerais*, **12**: 88-103 (em russo).

Manuscrito A-1038

Recebido em 06 de novembro de 1998

Revisão dos autores em 15 de setembro de 1999

Revisão aceita em 25 de setembro de 1999