

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E MINERALÓGICA DA GROSSULÁRIA GEMA DE ÁGUA FRIA, REGIÃO DO SERIDÓ, NE DO BRASIL

Ana Cláudia M. Ferreira¹
José Aderaldo de M. Ferreira²
Dwight R. Soares³

1 Unidade Acadêmica de Mineração e Geologia, UFCG. a.claudia1@hotmail.com

2 Companhia de Desenvolvimento dos Recursos Minerais da Paraíba, CDRM/PB

3 Programa de pós-graduação em Geociências, UFPE

RESUMO: O tactito de Água Fria, localizado na região do Seridó, município de Santa Luzia, Estado da Paraíba, nordeste do Brasil, é do tipo “gnáissico anfibolítico epidotizado”, contendo bastante grossulária e andradita. Compõe uma sequência de gnaisses félsicos, quartzitos recristalizados e biotita xistos cornubianitizados, orientados segundo a direção N45°E. Granadas rombododecaédricas e de cor vermelho “conhaque”, apresentaram-se transparentes em 1,5 % de 10 kg do material beneficiado. Foram lapidadas gemas limpas com até 10 quilates. Análise de difração de Raios X e análises químicas por microsonda eletrônica nestas granadas permitiram sua classificação como grossulária do tipo hessonita, com composição molecular $\text{Gr}_{95,1}\text{Al}_{4,3}\text{Mn}_{0,5}\text{Mg}_{0,3}$ e fórmula química: $(\text{Ca}_{2,89}\text{Fe}^{2+}_{0,12}\text{Mn}_{0,018}\text{Mg}_{0,009})_{3,037}(\text{Al}_{1,84}\text{Fe}^{3+}_{0,11}\text{Ti}_{0,03})_{1,98}\text{Si}_{2,99}\text{O}_{12}$. As granadas possuem densidade de 3,51 g/cm³ e índice de refração variando entre 1.741 e 1.752.

Palavras chave: grossulária, hessonita, gema, tactito, Água Fria

ABSTRACT: The Água Fria skarn located in the municipality of Santa Luzia, Seridó region, in the State of Paraíba, Northeast Brazil, is of the “epidotebearing amphibolitic gneiss” type, containing large quantities of grossular and andradite. The amphibolitic gneiss form lenses in a sequence of felsic gneisses, recrystallized quartzites, and biotite schists, following the direction N45°E. Rhombododecahedral transparent garnets crystals, with cognac-red color, occur in the amount of 1,5 % of 10 kg sample. Clear gemstones of up to 10 carats were polished. X-rays diffraction and chemical analyses by electronic microprobe in the garnets allow to classify them as hessonite type garnet with molecular composition $\text{Gr}_{95,1}\text{Al}_{4,3}\text{Mn}_{0,5}\text{Mg}_{0,3}$ and chemical formula of $(\text{Ca}_{2,89}\text{Fe}^{2+}_{0,12}\text{Mn}_{0,018}\text{Mg}_{0,009})_{3,037}(\text{Al}_{1,84}\text{Fe}^{3+}_{0,11}\text{Ti}_{0,03})_{1,98}\text{Si}_{2,99}\text{O}_{12}$. The density of the garnet was determined as 3.51 g/cm³ and the refraction index ranges between 1.741 and 1.752.

Keywords: grossular, hessonite, gemstone, skarn, Água Fria

INTRODUÇÃO

O ciclo da scheelita no Nordeste perdurou desde a sua descoberta em tactitos, em 1942 até o final dos anos oitenta. A região do Seridó nos Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte abriga a maior parte da grande Província Scheelitífera da Borborema, na qual se destacaram grandes minas, como: Brejuí, Barra Verde, Boca de Lajes, Quixaba, Quixeré, Malhada dos Angicos, Malhada Vermelha e que notabilizou-se por uma grande produção de tungstênio, durante mais de quatro décadas.

Naquele período, entre os anos de 1969 e 70, no local conhecido por Água Fria, município de Santa Luzia, garimpeiros trabalharam em um tactito, do qual exploravam uma modesta quantia média semanal de 20 kg de scheelita. Em 1996, pedristas à procura de amostras para colecionadores, encontraram granadas com qualidade gemológica, transparentes, de cor vermelho amareladas (cornaque), nos rejeitos deste antigo garimpo.

OCORRÊNCIA E GEOLOGIA

Os tactitos ou escarnitos são rochas formadas pela interação de três meios, dois deles incluindo rochas diferentes em suas composições e um outro constituído de soluções metassomáticas. Os tactitos calcíferos da Província da Borborema, são essencialmente formados por diopsídio, tremolita/actinolita, hedenbergita, escapolita, epidoto, vesuvianita, wollastonita, calcita em abundância, scheelita e alguns sulfetos, como pirita, calcopirita, bornita, molibdenita e galena. Feldspatos e quartzos, derivados principalmente dos processos de silicificação, também estão presentes. Nas grandes lentes de tactitos bem desenvolvidas, como as existentes nas jazidas de Currais Novos/RN, foram também identificados processos hidrotermais, com formação de grandes “oreshoots” de scheelita, associados a zeólitas, calcita, selenita, fluorita, sulfetos, drusas de quartzo, além de granadas, vesuvianita e epidoto.

Este tactito foi pioneiramente citado por Andritaky *et al.* (1972), como sendo uma ocorrência muito pequena produtora de scheelita, denominada “Brandão”. Posteriormente, Pedrosa *et al.* (1978), fizeram referência ao jazimento com o nome atual de Água Fria. Trata-se de uma estreita lente do tipo gnaiss anfibolítico bastante epidotizada que interage com gnaisses félsicos, quartzitos e biotita xistos cornubianitizados.

O tactito de Água Fria está localizado na região do Seridó, 23 km ao norte da cidade de Santa Luzia, Estado da Paraíba. O acesso é feito pela BR-230, no sentido Santa Luzia - Junco do Seridó, tomando estrada carroçável na altura de Cacimbas, antiga mina de scheelita. A ocorrência dista 700 m ao norte da Serra do Brandão. (Figura 1). Trata-se de uma lente muito extensa, com cerca de 2 km e espessura variando entre 0,3 e 1,2 m, interagindo com gnaisses félsicos, quartzitos recristalizados e biotita-xisto cornubianitizado, com direção geral N45°E e forte mergulho para SE. O tactito é simples e muito pobre em variedades minerais. Ocorrem anfibólios e piroxênios na zona externa, no contato com as rochas encaixantes. À medida que se aproximam das zonas mais internas, enriquecem-se com a presença de outros minerais calciossilicáticos como diopsídios, hornblenda e tremolita, podendo também aparecer bolsões. Nesses horizontes, além desses minerais, formaram-se também as granadas.

MÉTODOS UTILIZADOS

A análise de difração de Raios X destas granadas foi realizada no laboratório da UFOP. As linhas de difração mais fortes [$d(\text{\AA})$ (I/I_0) (hkl)] observadas são: 2,96 (35) (400); 2,65 (100) (420); 1,92 (18) (640); 1,58 (30) (642). (Figura 2)

Para a análise química foi utilizada a microsonda eletrônica JEOL JXA-8900 (15 kV e 20 mA) da UFMG com os seguintes padrões: albita para Si, olivina para Fe e

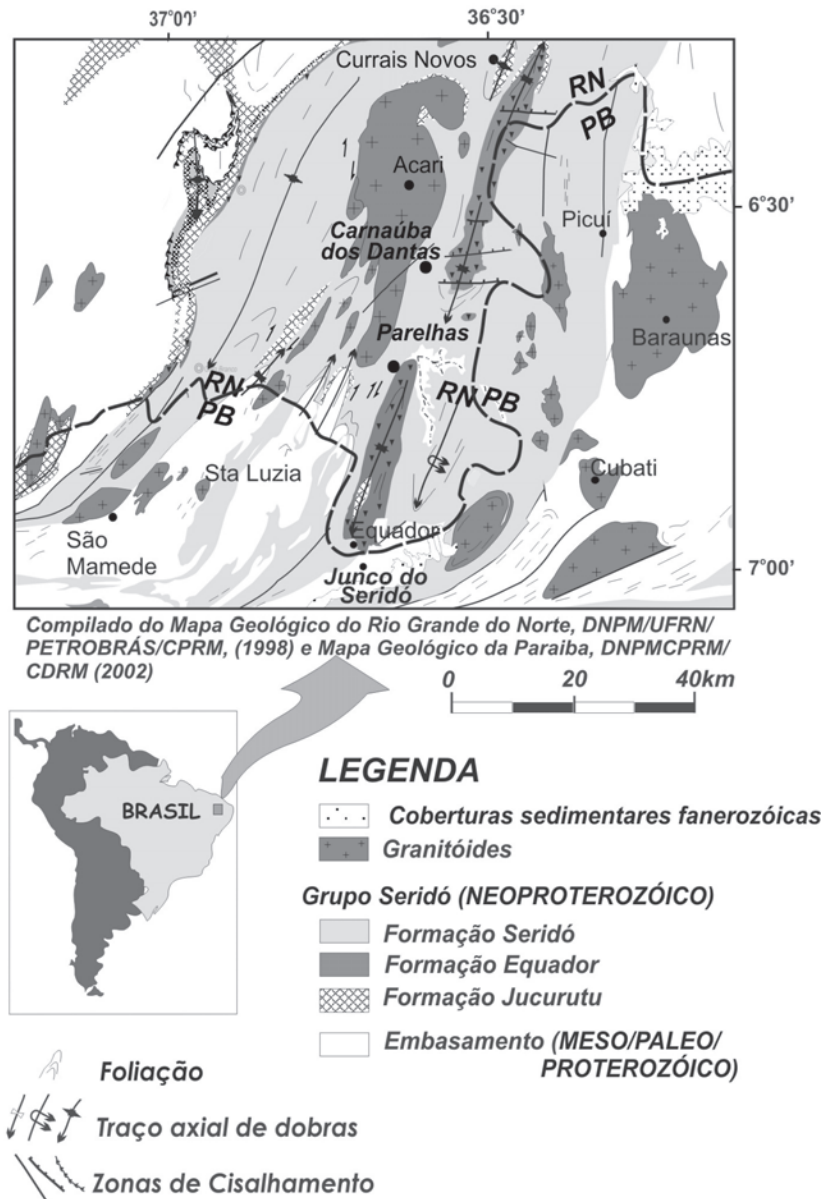


Figura 1 – Localização do tactito de Água Fria em mapa geológico simplificado da região do Seridó (PB/RN).

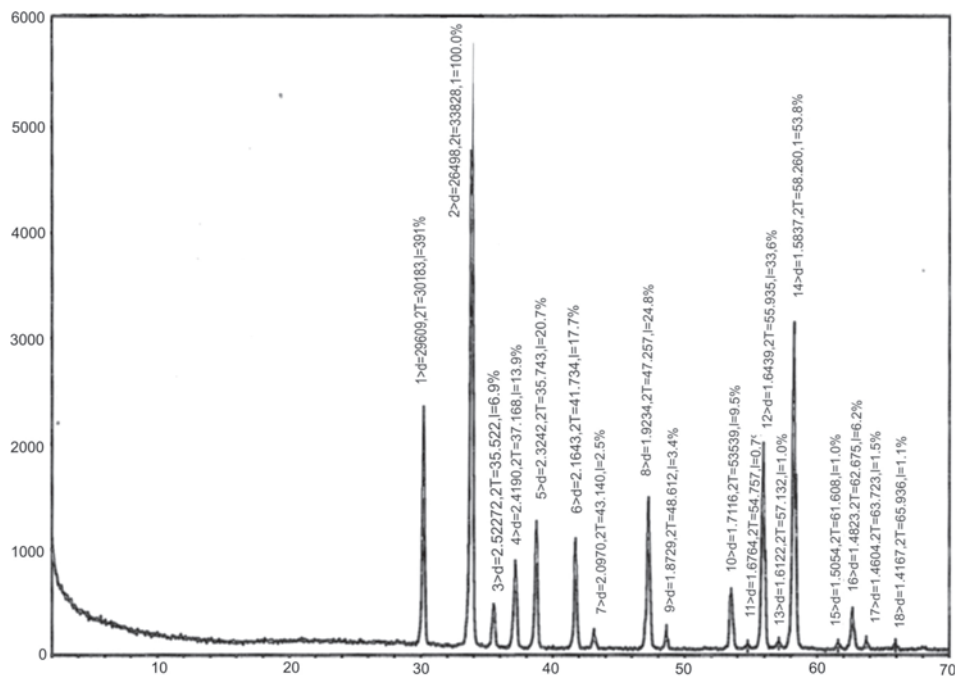


Figura 2: Difratograma de Raios X da grossulária do tactito de Água Fria, PB

Mg, rodonita para Mn, anortita para Al, rutilo para Ti e Cr_2O_3 para Cr. O programa de correção usado foi o ZAF. Estas análises indicaram a presença de Si, Al, Fe, Mn, Ti e Ca, com traços de Mg. A fórmula estrutural foi calculada estequiometricamente para 12 (O). O FeO obtido por microsonda foi convertido para Fe^{2+} e Fe^{3+} com base nos resultados dos estudos de Mössbauer (Echouck *et al.* 2002). Os espectros (MS) foram coletados a temperatura ambiente (RT) usando um espectrômetro de aceleração constante, convencional, em conjunção com um analisador multi-canal 1024.

No Laboratório Gemológico da UFCG, foram selecionadas dez gemas lapidadas de boa qualidade para observação da isotropia em um polariscópio da Gem Instruments Corporations, modelo número 416 e medição do índice de refração utilizando um refratômetro para sólidos GemLed, obtendo-

se, no mínimo, cinco medições por cada gema. A dureza foi encontrada utilizando a escala de Mohs e a densidade, uma balança hidrostática Record com carga máxima de 200 gramas, cujos valores foram obtidos de cinco amostras brutas transparentes.

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DAS GRANADAS

As granadas formam soluções sólidas entre dois ou mais membros-finais, com fórmula química geral: $\text{X}_3\text{Y}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$, onde X e Y referem-se respectivamente aos sítios catiônicos de coordenação oito e seis. Os sítios X são geralmente ocupados pelos cátions divalentes Ca^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} ou Mg^{2+} , e os sítios Y são ocupados por pequenos cátions trivalentes como: Al^{3+} , Fe^{3+} , V^{3+} , Ti^{4+} e Cr^{3+} (Deer *et al.* 1981). As trocas iônicas entre estes vários elementos formam séries isomórficas. As va-

riações ocorrem em proporções que variam entre 0 e 100 % dos componentes extremos de cada série. As granadas estudadas são da série “ugrandita” (uvarovita-grossulária-andradita).

A fórmula estrutural da granada de Água Fria pode ser escrita genericamente como $(\text{Ca}_{2,89} \text{Fe}^{2+}_{0,12} \text{Mn}_{0,018} \text{Mg}_{0,009})_{3,037} (\text{Al}_{1,84} \text{Fe}^{3+}_{0,11} \text{Ti}_{0,03})_{1,98} \text{Si}_{2,99} \text{O}_{12}$, a partir de dados extraídos da Tabela 1.

Tabela 1: Composição química média de cinco análises da grossulária, calculada para 12 (O). Fe^{2+} e Fe^{3+} foram obtidos a partir de espectroscopia Mössbauer, conforme Eechouck et al. (2002).

Óxidos	% em peso
SiO ₂	39,02
TiO ₂	0,52
Al ₂ O ₃	20,39
Fe ₂ O ₃	2,06
FeO	2,01
MnO	0,29
MgO	0,09
CaO	35,24
Total	99,62
Cátions	apfu
Mn	0,018
Fe ²⁺	0,12
Mg	0,009
Ca	2,89
Total X	3,037
Al ^{VI}	1,84
Fe ³⁺	0,11
Ti	0,03
Total Y	1,98
Si	2,99
Total Z	2,99

O Ca ocupa 95,2% e o Fe^{2+} ocupa 4,0% do sítio X. A granada apresenta composição molecular $\text{Gr}_{95,2}\text{Al}_{4,0}\text{Mn}_{0,6}\text{Mg}_{0,3}$, representando o percentual na série isomórfica de grossulária, almandina, espessartita e piropo respectivamente, podendo ser denominada, portanto, de granada grossulária pela presença de quase 100% de Ca (Eechouck *et al.*, 2004).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nessas granadas predominam as formas rombododecaédricas, trapezoédricas e suas combinações. No Brasil são conheci-

das granadas gemas nas séries piropo, almandina-piropo, almandina-espessartita, espessartita, espessartita-almandina, e grossulária. (Cassedane & Cassedane, 1977; Svisero *et al.*, 1981; Ferreira, 1984; Wegner *et al.*, 1998; Tavares *et al.*, 2000; Soares & Beurlen, 2003; Eechouck *et al.*, 2002 e 2004).

Das amostras de granadas coletadas na ocorrência em estudo, foram distinguidas duas cores: vermelho “conhaque”, na qual concentram-se as gemas e, castanho “café”, sem transparência, muitas zonadas e todas com formas rombododecaédricas bastante deformadas (Figuras 3 e 4).



Figura 3: Amostras brutas de grossulárias de Água Fria. A amostra maior com .443 gramas.



Figura 4: Cristais de grossulária de Água Fria. A)110 gr.; B) 4,6 gr e C) 5gr.

Entre as amostras coletadas de cor vermelho “conhaque”, a frequência de amostras gemológicas foi de 90 % (Figura 5). Como resultado do martelamento (cerca de 10 kg de material) para retirada das granadas transparentes, foram obtidas 150 gramas de gemas brutas e 80 quilates de gemas lapidadas limpas (Figura 6), atingindo até 10 quilates. As gemas de cor “conhaque” são transparentes ou translúcidas, têm dureza 7 e apresentam brilho vítreo tenden-

do para resinoso. A densidade relativa varia de 3,39 a 3,64, com valor médio de 3,51. É um mineral isotrópico, com índices de refração variando de 1,741 a 1,752 nas diferentes amostras. A observação polariscópica destas gemas mostraram o isotropismo típico da espécie. Os cristais, com poucas exceções são bastante deformados, podendo em alguns casos criar uma falsa idéia de birrefringência, no refratômetro.



Figura 5: Lote de amostras brutas de grossulária gema de Água Fria, média de 1 gr/pedra.

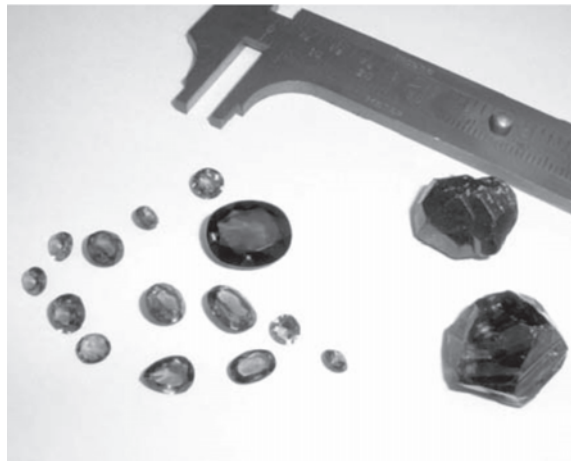


Figura 6: A) Amostras lapidadas pesando entre 0,10 e 6,5 quilates e B) dois cristais naturais de grossulárias de Água Fria, pesando entre 4,6 e 5 gramas.

O exame microscópico realizado em dez amostras lapidadas (Tavares *et al.*, 2000) revelou inclusões de prismas curtos de contornos arredondados, transparentes, com forte relevo, aparência granular, em grande quantidade, não orientados e possivelmente protogenéticos. Segundo Gübelin (1979) são cristais de zircão; inclusões do tipo “impressão digital” e outras em fraturas de cristalização, constituídas de pequenos cristais incolores de baixo relevo, todas epigenéticas; e, cristais isolados, protogenéticos, de baixo relevo, bem formados e prismáticos.

A espectroscopia UV-Vis, usada para determinar a causa da cor da granada hessonita, foi caracterizado por uma banda forte em 370 nm. A absorção dessa banda é devido a presença de Fe^{3+} no sítio dodecaédrico, o que segundo Frentrup & Langer (1982), causa a cor conhaque dessas grossulárias.

CONCLUSÕES

Além de uma associação paragenética a rochas tactíticas, ricas em cálcio, as análises químicas por microsonda eletrônica, difração de Raios X e propriedades físicas como os índices de refração determinados, as densidades relativas, o caráter das inclusões, a dureza, o brilho e a cor comprovam a identificação dessas gemas como sendo granada grossulária, com fórmula estrutural $(\text{Ca}_{2,89} \text{Fe}^{2+}_{0,12} \text{Mn}_{0,018} \text{Mg}_{0,009})_{3,037} (\text{Al}_{1,84} \text{Fe}^{3+}_{0,11} \text{Ti}_{0,03})_{1,98} \text{Si}_{2,99} \text{O}_{12}$ e composição molecular $\text{Gr}_{95,2} \text{Al}_{4,0} \text{Mn}_{0,6} \text{Mg}_{0,3'}$ com teor de $\text{Ca} > 95\%$. A transparência e a cor permitem sua identificação como hessonita, a variedade gema da granada grossulária de cor vermelho “conhaque”, com a obtenção de gemas lapidadas de até 10 quilates.

Apesar de um número muito grande de tactitos existentes no nordeste do Brasil, quase todos portadores de granadas grossulária e andradita, nada se sabia sobre a ocorrência de hessonitas gemas. Durante o longo período que estas rochas foram lavradas para retirada de tungstênio,

mais de quatro décadas, ninguém alertou para o fato de que fosse possível a obtenção de outros bens minerais associados, como gemas e belíssimas amostras minerais que, provavelmente, se perderam nos rejeitos e nas mandíbulas dos britadores e moinhos dos engenhos de beneficiamento.

Operações de aproveitamento de amostras e gemas, muito simples e de baixo custo de produção, se realizadas na época, poderiam ter viabilizado economicamente os tactitos scheelitíferos do Seridó por um período bem maior. Minas e garimpos foram, paulatinamente, paralisando suas atividades à medida que, em função da produção e dos teores de WO_3 , decrescia o valor do metal no mercado internacional, até a total paralisação deste setor mineral no Nordeste.

REFERÊNCIAS

- Andritaky, G. 1972. *Geologia e ocorrências de scheelita na área de Santa Luzia (Paraíba e Rio Grande do Norte)* – SUDENE - Missão Geológica Alemã, Hannover, vol.II, 147p.
- Cassedane, J.P. & Cassedane, J.O. 1977. Les garnets de Poaiá – Brésil. *Revue de Gemmologie* 52: 2-4.
- Deer, W.A; Howie, R.A., Zussman, J. 1981. *Minerais constituintes das rochas – Uma introdução*. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, 558p.
- Eeackhout, S.G; Castañeda, C; Ferreira, A.C.M; Sabioni, A.C.S; De Grave, E., Vasconcelos, D.C.L. 2002. Spectroscopic studies of spessartine from Brazilian pegmatites. *Amer. Mineralogist*, 87: 1297-1306.
- Eeackhout, S.G; Sabioni, A.C.S., Ferreira, A.C.M. 2004. A treatment study of Brazilian gamets. *J. Gemmology*, 29(3):129-138.
- Ferreira, J.A.M. 1984. Caracterização gemológica e estudos geoeconômicos de espécies raras de minerais gemas do Alto Mirador, Rio Grande do Norte. Mono-

- grafia , Pós-graduação em Gemologia - UFMG/CNPQ. 53p.
- Frentrup, K. & Langer, K. 1982. Microscope absorption spectrometry of silicate microcrystals in the range 40,000-5,000 cm^{-1} and its application to garnet and members synthesized at high pressures. In: Schreyer W. (Ed). *High-pressure researches in geoscience*. E. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, pp 247-58.
- Gübelin, E. 1979. *Internal world of gemstones*, Butterworth & Co Ltd, 2ª ed, London, 234 p.
- Pedrosa I.L.; Silva, C., Freitas, V. 1978. *Projeto cadastramento dos recursos minerais metálicos do Estado da Paraíba* - CINEP, vol. I: 84-94.
- Svisero, D.P; Felitti, W., Almeida, J. S. 1981. Geologia da mina de diamantes de Romaria, município de Romaria, M.G. *Mineração e Metalurgia*, 44, 425, 4-14.
- Soares, D.R. & Beurlen, H. 2003. Química mineral de espessartitas da província pegmatítica da Borborema, *IX Congresso Brasileiro de Geoquímica*, Belém, 667-668.
- Tavares J. F; Ferreira, A.C.M., Ferreira J.A. de M. 2000. Uma granada grossulária gema em tactito. *I Simpósio Brasileiro de Tratamento e Caracterização de Gemas*, Ouro Preto, p.67.
- Wegner, R; Brito, A.R; Karfunkel, J; Henn, U., Lind, T. 1998. Granate aus Umgebung von São Valério, Tocantins, Brasilien. *Zeitschrift der Deutschen Gemmologischen Gesellschaft*, 47(3): 147-152.